

## **3.0 Descripción del Área del Proyecto – Línea Base Socioambiental**

---

### **3.1 Introducción**

El presente capítulo desarrolla la línea base ambiental y social para una ampliación de las actuales actividades de SMCV en la mina Cerro Verde, la cual involucra la construcción y operación de una nueva plataforma de lixiviación en la cabecera de la quebrada Huayrondo (PAD 4B), además de sus respectivas instalaciones auxiliares.

El ámbito de trabajo de la línea base incluye la huella del proyecto de la plataforma de lixiviación, tal como se muestra en la Figura 3.1 y dependiendo del componente ambiental, puede incluir una mayor área aguas abajo del emplazamiento del proyecto. El estudio comprende cuatro ambientes: físico, biológico, de interés humano y socioeconómico. Para el ambiente físico se realizaron evaluaciones de clima y meteorología, calidad de aire, geomorfología, geología, niveles de ruido y vibraciones, hidrología, hidrogeología y suelos. Las evaluaciones de zonas de vida, flora, vegetación y fauna terrestre, forman parte del ambiente biológico; estudios del ambiente de interés humano incluyeron los aspectos del paisaje y arqueología y finalmente la evaluación socioeconómica comprende la descripción del entorno social y actividades económicas del entorno del área evaluada.

A modo de integrar los componentes ambientales detallados, se elaboró una sección de síntesis ambiental. Esta sección es de utilidad para comprender la naturaleza del área y los principales procesos que en ella ocurren.

### **3.2 Ambiente físico**

#### **3.2.1 Ubicación**

El área de emplazamiento del PAD 4B se ubica en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, en el segmento sur del Batolito de La Caldera, aproximadamente a unos 15 km en línea recta al sur del centro de la ciudad de Arequipa (Figura 1.1). El proyecto involucra la construcción de una plataforma de lixiviación, ubicada en la parte alta del cauce principal de la quebrada Huayrondo (Figura 3.1). Geográficamente, el área de estudio se encuentra limitada:

- Por el norte con la desembocadura de la quebrada Huayrondo con el río Chili
- Por el sur con las plataformas de lixiviación de las operaciones actuales de SMCV
- Por el este con la divisoria de aguas de los cerros Llorón, San Ignacio, San José y Cerro Grande

- Por el oeste con el área de operaciones actuales de SMCV y la divisoria de aguas del Cerro Tiabaya

Con fines referenciales se elaboró el siguiente cuadro que muestra las distancias lineales y a través de las vías de acceso, desde la futura poza de procesos del PAD 4B hacia los centros poblados de interés, así como a las principales instalaciones del asiento minero.

**Cuadro 3.1**  
**Distancias aproximadas desde la futura poza de procesos de la plataforma de lixiviación a los principales puntos de referencia**

<b>Distancias aproximadas (km) en línea recta desde la poza de procesos hacia:</b>	
Río Chili	7,1
Chusicani	7,7
Tiabaya	8,2
Tingo Grande	7
Anexo La Pampa	5,6
Primeras viviendas Jacobo Hunter	6,5
Cantera terceros	6,5
Oficinas administrativas de SMCV	4,2
Tajo Cerro Verde	4,2
Tajo Santa Rosa	3,2

La distancia aproximada desde la futura poza de procesos del PAD 4B (ubicado en el cauce principal) siguiendo el fondo de la quebrada Huayrondo hasta el río Chili es de aproximadamente 8,3 km, mientras que la distancia a Tingo Grande, siguiendo el mismo fondo de quebrada y remontando el río Chili (aguas arriba) es de aproximadamente 9,9 km.

Asimismo, la delimitación referencial del área en donde se realizarán las actividades se presenta en la Figura 3.1 y las coordenadas referenciales de las principales áreas involucradas, se presentan a continuación:

- PAD 4B: centro de la plataforma de lixiviación propuesta: 226738 E y 8171029 N
- Poza de procesos: centro de la poza de procesos propuesta: 226554 E y 8172012 N

### **3.2.2 Geomorfología y relieve**

#### **3.2.2.1 Geomorfología regional**

El segmento Mollendo-Cerro Verde contiene las siguientes regiones fisiográficas, de oeste a este: la Faja Litoral, la Cordillera de la Costa, la Pampa Costanera y las Estribaciones Andinas. El área del emplazamiento del Proyecto PAD 4B se localiza en la unidad geomorfológica Estribaciones Andinas. En los siguientes ítems se describen las características de las unidades geomorfológicas regionales.

##### ***Faja litoral***

Comprende la faja de terreno de hasta 5 km de ancho, que se desarrolla entre la orilla del mar y la cota de 400 m de altitud, aproximadamente. Presenta relieve bajo y pendiente suave entre 5° y 6° al oeste y suroeste. El límite oriental se encuentra definido por un fuerte cambio de pendiente en la topografía. Dentro de esta unidad la línea de costa está formada esencialmente por acantilados que en muchos casos sobrepasan los 80m de altura. La mayor parte de esta unidad se ha modelado sobre rocas gnéissicas, dioríticas y graníticas, fundamentalmente por abrasión marina.

##### ***Cordillera de la Costa***

La Cordillera de la Costa es una unidad morfológica de extensión regional, representada por una cadena de cerros orientados en dirección sureste a noroeste que se encuentran adyacentes al litoral peruano. Esta unidad es reconocida desde la frontera con Chile hasta la Península de Paracas, en el departamento de Ica. El ancho de la unidad es variable entre 17 y 23 km y emerge a partir de la faja litoral a elevaciones de 900 a 1 668 m de altitud.

El flanco de orientación hacia el Pacífico presenta una topografía bastante accidentada por estar cortado por una serie de quebradas profundas, entre ellas: Guerreros, Centeno, San José y Quilca. Estas quebradas son encañonadas hasta con 600 m de profundidad, con flancos que se aproximan a la vertical.

La unidad Cordillera de la Costa está conformada por rocas gnéissicas, granitos y diques pegmatíticos, parcialmente cubierto por suelos cuaternarios con espesores de 1,0 a 1,5 m.

##### ***Pampas costeras***

Esta unidad se encuentra ubicada inmediatamente al este de la Cordillera de la Costa y al oeste de las Estribaciones Andinas, entre altitudes de 1 000 a 1 600 m. Se caracteriza por presentar extensas pampas que ascienden con pendiente muy baja hacia el noroeste y tiene un ancho promedio de 40 km.

En general las Pampas Costeras son desérticas y sin vegetación y se encuentran en los valles de los ríos Sihuas y Vítor, cuyos lechos quedan a 600 m en promedio por debajo de las superficies de las pampas. Esta unidad se ha constituido principalmente sobre rocas de la formación Moquegua que se encuentra en gran parte cubierta por material aluvial y arenas eólicas.

### ***Estribaciones andinas***

Con esta denominación se describe a la unidad morfológica comprendida entre las Pampas Costeras y las altiplanicies andinas de la Cordillera Occidental de los Andes. El paso de las Pampas Costeras a las estribaciones andinas se caracteriza por un fuerte cambio de pendiente, con cerros que ascienden hasta los 3 000 m de altitud.

Morfológicamente se caracterizan por presentar una topografía de cumbres más o menos redondeadas, correspondientes a restos de una superficie madura (Superficie de La Caldera de Jenks, 1948) y está disectada por numerosas quebradas. Esta unidad se ha desarrollado sobre rocas sedimentarias, volcánicas y parte del Batolito de La Caldera.

El área del emplazamiento del Proyecto PAD 4B se localiza en el límite oeste de la unidad geomorfológica Estribaciones Andinas, a 15 km. al este de la unidad geomorfológica Pampas Costeras (Pampas La Joya, San José y La Repartición).

### ***3.2.2.2 Geomorfología local***

De acuerdo con Stralher (Stralher, 1986), considerando los procesos geológicos a gran escala, existen dos tipos fundamentales de relieve caracterizados en el área del desarrollo de actividades: relieves iniciales y relieves secuenciales. A continuación se describen las principales características de estos tipos de relieve.

### ***Procesos modeladores del relieve***

#### Relieves iniciales

Conforman las masas originarias de la corteza elevadas por fuerzas internas de la tierra y las formadas por erupciones volcánicas. En el área de estudio se encontraron las siguientes formaciones geológicas principales generadoras de relieves iniciales:

- Granodiorita Tiabaya: Formado por rocas ígneas intrusivas pertenecientes al Batolito de La Caldera.
- Granodiorita Yarabamba: Formado por rocas ígneas intrusivas pertenecientes al Batolito de La Caldera.

- Gneis de Charcani. Formado por gneis bandeado de grano medio a grueso.

Estas formaciones geológicas evidencian una actividad volcánica relacionada con masas rocosas en estado de fusión que no llegan a la superficie, pero que se solidificaron en cavidades internas (rocas ígneas intrusivas). Estas rocas se presentan en el área de estudio en masas conocidas como batolitos. Adicionalmente existen materiales piroclásticos (tobas) producto de la consolidación de magma expuesto a la superficie por la actividad volcánica.

El área de estudio ha sido sometida a un intenso fallamiento y fracturamiento en diferentes etapas de su historia geológica, especialmente como consecuencia del levantamiento de los Andes y del emplazamiento del Batolito de La Caldera. Este material que conforma el relieve inicial es el punto de partida para la acción de los agentes meteorológicos que moldean el relieve en una segunda etapa.

#### Relieves secuenciales

Los relieves secuenciales son producto de uno o más agentes modeladores como el agua, viento o cambios térmicos en el caso particular del área de desarrollo de actividades. Estos agentes erosivos, ayudados por procesos de disgregación de las rocas y movimientos de arrastre bajo la acción de la gravedad atacan desde el exterior a las masas continentales que surgen como consecuencia de la generación de relieves iniciales. Como consecuencia de este desgaste o denudación progresiva surgen las montañas, quebradas y planicies conocidos como relieves erosionables.

Los relieves secuenciales surgen como consecuencia del fenómeno conocido como meteorización que representa la acción combinada de todos los procesos mediante los cuales la roca es descompuesta y desintegrada por la exposición continua a los agentes atmosféricos. Este proceso transforma las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado modificando las propiedades originales del material parental. Entre los procesos erosivos estimados en la formación del relieve se tiene:

- Deflación: desgaste del material producto del efecto mecánico directo del agente erosivo.
- Abrasión: desgaste del material producto del efecto mecánico de materiales transportados por el agente erosivo.
- Atricción: desgaste del material producto del choque entre partículas.

Estos procesos erosivos constituyen la base de fenómenos mayores de transporte de materiales, pudiendo combinarse dependiendo del agente erosivo. Entre los agentes erosivos identificados en el área de desarrollo de actividades se tiene al agua esporádica, a los vientos y la gravedad como principales modeladores del relieve; asimismo los cambios térmicos favorecen la acción de estos agentes. La meteorización por causas químicas y biológicas no representa un factor tan importante en el modelamiento del relieve en la zona debido a la escasa presencia de agua que condiciona una falta del medio acuoso necesario para las reacciones químicas que puedan alterar la estructura de la roca. Asimismo, esta escasez de agua impide el crecimiento de una cobertura vegetal significativa con la consiguiente escasa actividad biológica que pueda significar un agente de meteorización importante.

#### Modelamiento inducido por el agua

En las regiones áridas como la que ocupa el área de la quebrada Huayrondo, gran parte de las formas topográficas son modeladas por el agua en movimiento a pesar de su escasez. El área de estudio puede experimentar una lluvia fuerte sólo una vez cada varios años, pero cuando ésta se presenta, las escorrentías generadas pueden realizar la misma labor sobre el relieve que la ejercida por un río de curso continuo (Strahler, 1986). Debido a que el agua corriente constituye un fenómeno raro en estas áreas, durante las pocas veces que actúa lo realiza con una intensidad mayor que en las zonas húmedas. Esto se relaciona también con la escasa cobertura vegetal que no proporciona suficiente protección al suelo o material detrítico circundante. En este tipo de modelamiento se estima que actúan los tres tipos de procesos erosivos explicados con anterioridad: deflación, abrasión y atricción.

#### Modelamiento inducido por el viento

En el área del proyecto, el viento también participa como un agente modelador del relieve pero con una intensidad y capacidad de movimiento de materiales menor en comparación al modelamiento condicionado por el agua. El viento lleva a cabo dos tipos de actividad erosiva. Por una parte ejerciendo un proceso de deflación o barrido de las partículas sueltas que se encuentran sobre la superficie del suelo arrastrándolas o levantándolas por el aire. El otro tipo de actividad erosiva o abrasión, ocurre cuando el viento arrastra partículas como la arena sobre una roca masiva reduciendo su tamaño.

La deflación en la quebrada Huayrondo constituye un fenómeno selectivo debido a que las partículas más finas como la ceniza son levantadas con mayor facilidad, mientras que los granos de arena se mueven únicamente si el viento es fuerte y tienden a desplazarse a poca altura del suelo.

#### Modelamiento inducido por la gravedad

El modelamiento inducido por la gravedad se relaciona con la rodadura de materiales desde las partes altas y la acumulación de los mismos al pie de los cerros y los fondos de quebrada en los llamados conos de derrubios. Generalmente se reconocen los materiales arrastrados y depositados por gravedad de los otros mecanismos de transporte por la forma angulosa de los mismos. El modelamiento por gravedad también puede relacionarse con los otros mecanismos presentados.

#### Fragmentación térmica

Las rocas del área de estudio están expuestas a radiaciones solares bastante altas, lo que genera una variación térmica promedio de 11°C entre el día y la noche (en los meses de invierno, la variación puede llegar a 13 °C), motivo por el cual los sólidos cristalinos como los minerales se expanden con el calor y se contraen con el frío. Cuando las superficies de la roca se exponen diariamente al intenso calor del sol y al frío de la noche, las expansiones y contracciones resultantes actúan a modo de importantes fuerzas sobre la roca. Si transcurre suficiente tiempo, se desarrollarán fracturas por lo general en forma granular en las rocas ígneas intrusivas con la posterior pérdida y transporte de material como consecuencia de la gravedad, el agua o el viento.

### **3.2.2.3 Unidades fisiográficas**

En general la zona del proyecto se caracteriza por presentar un conjunto de colinas y algunas cadenas montañosas relativamente agrestes en los bordes del área de estudio y por estar disectada por un conjunto de quebradas aluviales completamente secas o de régimen estacionario en precipitaciones extremas como la quebrada Huayrondo, cuyas vertientes convergen en el río Chili y la cuenca del Pacífico. Estas quebradas son principalmente de origen aluvial en forma de “V” y presentan depósitos cuaternarios aluviales. En la quebrada Huayrondo se han identificado a nivel local cuatro unidades geomorfológicas principales: Montañoso (Mc), Colinas (Co), Laderas (L) y Valles o Quebradas Aluviales (A). Asimismo, dentro de las unidades geomorfológicas principales se han efectuado divisiones menores de unidades fisiográficas (Figura 3.2) cuyas principales características geomórficas son desarrolladas en los siguientes ítems.

#### ***Montañoso (Mo)***

Esta unidad geomorfológica se presenta en el límite este y noreste del área de estudio y se distribuye aproximadamente en el 15% del área del proyecto. Se caracteriza por representar zonas de cadenas montañosas de aspecto agreste y afloramientos rocosos de naturaleza granodioritas de Tiabaya (Fotografía 3.1).

La topografía en la unidad Montañoso es accidentada, resaltando en la sucesión de montañas los cerros Cerro Negro y Llorón, con altitudes que fluctúan entre los 2 600 a 2 800 m. Las pendientes de las laderas varían entre 40% y 60%, en algunos sectores llegan al 100%.

En general esta unidad se encuentra cubierta parcialmente en porcentajes variables entre 40% y 60% por gravas, bolones y bloques coluviales en matrices de arenas eólicas cuyo espesor varía entre 20 a 50 cm. En algunos sectores sobresalen bloques de hasta 2 m de tamaño, de cantos redondeados a subredondeados por efecto de la erosión esferoidal.

Desde el punto de vista de la geodinámica externa, en esta unidad geomorfológica no se ha observado ningún indicio de desprendimientos ni deslizamientos, en general, los materiales se presentan estables. En zonas localizadas es posible encontrar materiales coluviales con algunos bloques inestables y arenas eólicas de compacidad suelta, sin embargo, no representa ningún riesgo para el emplazamiento de la plataforma de lixiviación debido a que son localizados y se ubican fuera del área del proyecto.

### ***Colinas (Co)***

Esta unidad geomorfológica es de amplia distribución en el área del proyecto, representando aproximadamente el 60% de extensión. Sobre esta unidad se ha proyectado el emplazamiento del PAD 4B. Se caracteriza por presentar morfología algo ondulada, de colinas y cerros islas de poca altura, de forma alargada, ovalada y disectada por numerosas quebradas secas de drenaje dendrítico rectangular, con diferencia de elevaciones entre 70 y 120 m con respecto a las quebradas principales (Fotografía 3.2). Las laderas son de pendiente media a baja con taludes que varían entre 10° y 25°. Sobre las laderas de las colinas se presentan pequeños surcos a paleocárcavas de 10 a 20 cm de profundidad rellenas de gravas y bolones coluviales (Fotografía 3.3).

El material que conforma las colinas son gneis de Charcani y rocas intrusivas granodiorita Yarabamba y granodiorita Tiabaya. En general esta unidad se encuentra cubierta en casi su totalidad por materiales gravitacionales dispersos y arenas eólicas, cuyo espesor es menor que 1,0 m. La mayor parte de las laderas de las colinas esta cubierto por una delgada costra o lámina de óxido de hierro de 1 mm de espesor, firme, de color marrón rojizo (Fotografías 3.4 y 3.5).

En esta unidad geomorfológica no se ha observado ningún indicio de deslizamientos, reptación de suelos ni erosión eólica, los materiales se presentan estables. Las paleocárcavas que se presentan en las laderas de las colinas son estables por la presencia de gravas y la



costra de óxido de hierro que se ha desarrollado sobre la ladera. Por otro lado la aridez de la zona favorece la estabilidad del área del proyecto.

### ***Laderas (L)***

Dentro de la unidad geomorfológica Laderas se han diferenciado dos sub-unidades principales, Laderas eólicas y Laderas deluviales las que representan aproximadamente el 7% del área del proyecto. Asimismo, se ha diferenciado Laderas coluviales de poca importancia. Estas sub-unidades se describen a continuación.

#### Laderas coluviales (Lco)

En el área de estudio no se han identificado depósitos coluviales de importancia. Éstos sólo corresponden a acumulaciones locales en la ladera de la margen derecha de la quebrada Huayrondo cuyo espesor estimado es de 2 m como máximo. En el resto del área del proyecto en la mayor parte de las laderas se presentan gravas, bolones y bloques dispersos de origen gravitacional con mezcla de arenas eólicas. Estos materiales no representan acumulaciones y por ello no han sido mapeados como depósitos.

Las laderas coluviales, son de pequeña extensión con pendientes variables entre 10° y 20°, consisten de gravas con bolonería, bloques subredondeados de tamaño máximo hasta 1,5 m. En esta unidad geomorfológica no se ha observado ningún indicio de deslizamientos; por el contrario las gravas y bolones dispersos en las laderas actúan como protectores ante la erosión eólica (Fotografía 3.6).

#### Laderas eólicas (Le)

Esta unidad corresponde a pequeñas acumulaciones de arenas eólicas de origen volcánico en las laderas de cerros y colinas o simplemente adyacente a los cauces de las quebradas. Son acumulaciones locales de arenas eólicas de origen volcánico, de color gris blanquecinas y de compacidad suelta. Los materiales de esta unidad no representan ningún riesgo de inestabilidad para el PAD 4B debido a su pequeña extensión y su poco espesor (1,0 a 2,0 m) (Fotografía 3.7).

#### Laderas deluviales (Lde)

Las laderas deluviales se presentan en los niveles inferiores de las colinas y adyacente a las quebradas aluviales, son de poca extensión con pendientes variables entre 5° y 15°, consisten de gravas con bolonería, bloques subredondeados a subangulosos de tamaño máximo hasta 3,0 m, en matriz arenosa limosa. En su conjunto presentan compacidad medía con un espesor estimado de 5,0 m.

En esta unidad geomorfológica no se ha observado ningún indicio de deslizamientos, reptación de suelos, tampoco socavación ya que las quebradas son secas; los materiales se presentan estables. Por esta razón, esta unidad geomorfológica no representa ningún riesgo de inestabilidad para el PAD 4B dada su pequeña extensión y la aridez de la zona del proyecto.

Durante la etapa de construcción, los materiales sueltos de ladera como bolonería y arenas eólicas que se encuentran dentro del área de influencia de las estructuras, se consideran que deberán ser eliminados en su totalidad.

### ***Cauces aluviales superficiales (Ar)***

Comprende el cauce principal superior y parte de la red de drenaje este, de la quebrada Huayrondo, cuya distribución representa el 17% del área de estudio. Esta unidad se ha originado por la erosión y los aportes de sedimentos aluviales de las laderas y las quebradas que estuvieron activas en el Cuaternario. En la actualidad son cauces secos y existen leves evidencias que durante las épocas de lluvias, en eventos de tormentas inusuales, se acumulan pequeños caudales de aguas con tirantes de unos centímetros, que no llegan al río principal (Fotografía 3.8).

Los cauces aluviales en el área del proyecto, son numerosos de drenaje dendrítico y rectangular, se presentan generalmente estrechos, con gradientes variables entre 2° y 10°, tienen la forma local de “V” abierta. Los sedimentos son principalmente gravas arenosas con bolones, bloques y algo de finos, cuyo espesor estimado es 5,0 m en promedio.

Esta unidad no representa ningún riesgo de inestabilidad para el PAD 4B, por el contrario representan fuentes de materiales de préstamo.

### ***Depósitos antropogénicos***

Corresponden a pilas de lixiviación y pozas de procesos ubicado al sur y suroeste del área de estudio. En todo caso el área proyectada para el emplazamiento de la nueva plataforma de lixiviación es adyacente al área donde se ubican los depósitos antropogénicos.

#### ***3.2.2.4 Geodinámica externa***

Para evaluar el riesgo de geodinámica externa del área de estudio se ha revisado y analizado la información referente a geología, las características de las unidades geomorfológicas y el mapeo geológico-geomorfológico *in situ* efectuado del área de emplazamiento de la plataforma de lixiviación y sus alrededores.

De esta evaluación se establece que todas las unidades geomorfológicas, como montañoso, colinas, laderas y cauces aluviales, presentan condiciones estables y no existe ningún riesgo en cuanto a fenómenos naturales, como huaycos, deslizamientos y otros fenómenos de desplazamiento de masas. La estabilidad de estas áreas se ve favorecida por la configuración topográfica del área, la baja precipitación pluvial y las condiciones geológicas - geotécnicas favorables existentes. El área de la cuenca portante del proyecto se encuentra delimitada por los Cerros Llorón, Cerro Negro y Cerro Verde, donde se encuentran cubiertas principalmente por depósitos antropogénicos producto del desarrollo de la Mina Cerro Verde. Esta característica geomorfológica hace que el área sea estable ante fenómenos naturales como huaycos, inundaciones, entre otros.

El sector del área del proyecto presenta una escasa cobertura vegetal (predominantemente xerofítica) y es estable debido a la pendiente baja de las laderas inferiores y la presencia de afloramientos rocosos principalmente en los cerros. Otra característica que favorece la estabilidad del área es la baja precipitación y la aridez característica de la costa peruana.

### **3.2.3 Clima y meteorología**

Para la caracterización climática de la zona del desarrollo de actividades se consideró la información de los registros de los trece últimos años (1995- 2008) de la estación meteorológica Cerro Verde Sur instalada por SMCV. La estación Cerro Verde Sur se encuentra ubicada a aproximadamente 4,5 km. del área propuesta para el emplazamiento de la plataforma de lixiviación en la quebrada Huayrondo y a una altitud de 2 648 m. Los valores registrados en forma horaria y automática por la estación son: de temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, presión barométrica máxima, radiación solar, precipitación, evaporación y humedad relativa. A fin de complementar dicha información se analizaron los datos meteorológicos de las estaciones de La Pampilla (1971 - 2007), ubicada en la ciudad de Arequipa a una altitud de 2 398 m; y del IGUNSA (1985 - 2004), ubicada en el distrito de Characato a una altitud de 2 451 m. Asimismo, se emplearon los registros pluviométricos de las estaciones Huayrondo (2002 - 2008), Mix Box (1995 - 2001) y Norte (2005 - 2008), administradas por SMCV; Socabaya y Chiguata, administradas por SENAMHI; y Aeropuerto Alfredo Rodríguez Ballón, administrada por CORPAC. (1964 - 2007) y Chiguata (1997 - 2007), administradas por SENAMHI; y Aeropuerto Alfredo Rodríguez Ballón (1949 - 1996), administrada por CORPAC.

La principal estación empleada para la caracterización climática (Cerro Verde Sur) cumple con las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología (OMM) que establece que debe existir una cobertura máxima de 500 km.<sup>2</sup>/estación para la obtención de datos

representativos. La estación de La Pampilla está ubicada a aproximadamente 17 km. en dirección nor-noreste (NNE) mientras que la estación del IGUNSA está ubicada a aproximadamente 16,5 km. en dirección noreste (NE).

La ubicación de las estaciones meteorológicas empleadas en el estudio se muestra en la Figura 3.3.

### **3.2.3.1 Temperatura del aire**

El área del desarrollo de actividades presenta una temperatura media mensual entre 13,3°C y 14,9°C, sin una variación anual significativa (Tabla 3.1 y Gráfico 3.1) y con una temperatura promedio anual de 14,3°C. La temperatura promedio anual para la estación meteorológica La Pampilla es de 16,3°C, considerablemente mayor a la registrada en la estación Cerro Verde Sur y sin presentar variaciones significativas anuales. Por otro lado, la estación de IGUNSA registró una temperatura promedio anual de 15,0°C, ligeramente superior al promedio anual de Cerro Verde Sur.

Las temperaturas máximas y mínimas registradas en la estación de Cerro Verde Sur no presentan importantes fluctuaciones estacionales registrándose valores alrededor de 10°C para la temperatura promedio mínima anual y de 21°C para la temperatura promedio máxima anual. Esta diferencia significativa entre los promedio máximos y mínimos se deben a la gran variación de la temperatura a lo largo del día. En promedio la fluctuación de la temperatura es de 11°C, ya que al mediodía se registran valores de 21°C en promedio, mientras que en horas de la madrugada existen valores de 10°C en promedio. Sin embargo, la variación de la temperatura es de 13°C en promedio durante los meses de invierno. Esta considerable variación en la temperatura es consecuencia de la fuerte radiación solar durante el día y la aridez de la zona de estudio.

### **3.2.3.2 Precipitación**

La precipitación característica del área de estudio presenta un comportamiento con dos periodos bien diferenciados: la época de lluvias (noviembre – marzo) y la época de sequía (abril – octubre).

El Gráfico 3.2 muestra la precipitación típica mensual registrada en la estaciones Cerro Verde Sur, La Pampilla, Alfredo Rodríguez Ballón, Huayrondo, Mix Box, Norte, Socabaya y Chiguata. El registro de precipitaciones anuales promedio presenta valores entre 32,6 mm y 111,1 mm para las estaciones analizadas. El registro histórico de la estación Cerro Verde Sur señala que el máximo valor de precipitación anual fue de 65,4 mm correspondiente al año

1997 y el mínimo valor de 10,0 mm correspondiente al año 1995 (periodo de registro de 1995 al 2008). Los pluviómetros Huayrondo, Mix Box y Norte presentan valores máximos de precipitación anual de 101,2 mm (2006); 79,5 mm (1997) y 64,8 mm (2006) respectivamente. Las estaciones Alfredo Rodríguez Ballón, Socabaya y Chiguata registraron valores máximos de precipitación de 465,7 mm (1955); 236,0 mm (1973) y 469,3 mm (1972) respectivamente. Adicionalmente, las precipitaciones fueron inusualmente altas en el mes de enero de 2008, presentándose valores de 69,8 mm en la estación Cerro Verde Sur (del 1 al 16 de enero) y 110,0 mm y 105,5 mm para las estaciones Huayrondo y Norte respectivamente. Los registros de las precipitaciones mensuales de estas estaciones se encuentran en las Tablas 3.2 a 3.8.

En la estación La Pampilla, la precipitación anual promedio fue de 76,8 mm para el periodo 1971-2007, con un máximo valor reportado de 181,9 mm en el año 2001 y con un mínimo valor reportado de 1,9 mm en el año 1983 (Tabla 3.9). Por otro lado, la estación del IGUNSA (Tabla 3.10) señala un registro típico de precipitaciones anuales con una media de 187,4 mm (1985 - 2004). Este registro señala que el máximo valor fue de 412,9 mm correspondiente al año 2001 y el mínimo valor de 17,1 mm correspondiente al año 1991. Para la estación IGUNSA, el tiempo de registro es de 20 años (1985 -2004).

Se observa que de acuerdo con la distribución espacial de las estaciones meteorológicas analizadas, existe baja precipitación en la zona sur del asiento minero de SMCV, perteneciente a la red de drenaje suroeste (estaciones Cerro Verde Sur y Mix Box). Por otro lado, la zona norte del asiento minero presenta una mayor precipitación que la zona sur (estaciones Norte y Huayrondo), la cual se va incrementando conforme se desplaza hacia el valle de Arequipa en dirección norte (estaciones Socabaya, La Pampilla, Chiguata y Arequipa).

### ***Fenómeno ENSO***

Uno de los factores más influyentes en las características de las precipitaciones es el fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation). Este fenómeno tiende a reducir el nivel de precipitaciones para los meses comprendidos dentro de la época de lluvia en la zona sur del Perú. Así se tiene que durante el fenómeno ENSO del año 1998 se registró 23,6 mm de precipitación anual en la estación meteorológica Cerro Verde Sur (Gráfico 3.3).

Asimismo, en los Gráfico 3.4 y 3.5 se pueden observar el comportamiento de las precipitaciones a lo largo de los años en las estaciones La Pampilla, IGUNSA, Chiguata, Socabaya y Alfredo Rodríguez Ballón. En ambos gráficos se puede observar que los niveles de precipitación tienden a disminuir durante la ocurrencia de fenómenos ENSO.

Específicamente, se observa que durante los fenómenos ENSO más intensos, en los años 1983 y 1998, la disminución en la precipitación es del orden de un 70% en promedio.

### **3.2.3.3 Humedad relativa**

La humedad relativa mensual reportada por la estación de Cerro Verde Sur varía entre 29,2% y 77,2% a lo largo del año. Asimismo, durante la temporada de lluvia la humedad relativa presenta valores mayores a 70%, y durante la temporada seca desciende hasta un valor mensual de 30% aproximadamente (Tabla 3.11). El valor de humedad promedio a lo largo del periodo de registro (1995 - 2008) es de 48,3%.

A lo largo del día, el menor valor de humedad relativa se presenta en las tardes cuando hay mayor radiación solar y el valor más alto de humedad relativa se presenta durante la madrugada cuando se condensa encima de la vegetación. Existe una marcada relación entre la distribución de precipitación anual y la humedad relativa, por lo que la temporada de lluvias coincide con la temporada de alta humedad.

El Gráfico 3.6 muestra la variación de los valores de humedad mensual promedio a lo largo del año y a lo largo del día de acuerdo con los datos obtenidos de la estación de Cerro Verde Sur.

### **3.2.3.4 Evaporación**

La información sobre evaporación de la estación de Cerro Verde Sur se muestra en la Tabla 3.12 y señala que el registro típico de evaporación promedio total durante el año presenta una media de 2 124 mm. Este registro señala que el máximo valor total fue de 2 370 mm correspondiente al año 2003 y el mínimo valor total de 1 465 mm correspondiente al año 2007. A lo largo del año, los meses que presentan los niveles más altos de evaporación son septiembre y octubre, mientras que los niveles más bajos se registraron en los meses de marzo y abril.

Se debe tener en consideración que para los cálculos de los valores de evaporación se empleó la información correspondiente al periodo 1995-2007.

La información de Cerro Verde muestra a los periodos octubre-noviembre y febrero-marzo como los que presentan los valores más altos y bajos de evaporación respectivamente.

En el Gráfico 3.7 se muestra la variación estacional de la evaporación total mensual para los registros de la estación de Cerro Verde Sur.

### **3.2.3.5 Radiación solar**

La información registrada por la estación de Cerro Verde Sur (Tabla 3.13) señala que el promedio anual de radiación solar diaria para el periodo de registro 1995 – 2007 es 6 274,2 Wh/m<sup>2</sup>. Esta información señala una radiación promedio máxima de 7 585,5 Wh/m<sup>2</sup> en el mes de noviembre y una radiación promedio mínima de 5 249,0 Wh/m<sup>2</sup> en el mes de junio. Se observa que durante la época de lluvias, dado el alto contenido de humedad en la atmósfera y a la presencia de nubes bajas, la radiación solar presenta valores relativamente bajos.

En el Gráfico 3.8 se muestra la variación estacional de la radiación solar para los registros de la estación de Cerro Verde Sur.

### **3.2.3.6 Velocidad y dirección del viento**

Los vientos de la zona de estudio están influenciados básicamente por el anticiclón del Pacífico Sur, la configuración topográfica, las características de paso de sistemas frontales de bajas presiones y el sistema de viento local (brisas de valle y de montaña), estos últimos con un comportamiento de acuerdo con las gradientes térmicas establecidas en el lugar y que determinan la intensidad de las mismas.

La información de la estación de Cerro Verde Sur ha registrado un promedio anual para la velocidad del viento de 2,1 m/s siendo el periodo comprendido entre noviembre y enero el que presenta los niveles más altos de viento y el comprendido entre mayo y agosto, el periodo con el nivel más bajo (Gráfico 3.9).

La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que los valores más altos de velocidad de viento se alcanzan entre las 12:00 y las 16:00 horas. Este comportamiento se puede apreciar en el Gráfico 3.10.

Las direcciones predominantes del viento son oeste (O) y oeste-suroeste (OSO) con una componente menor en dirección oeste- noroeste (ONO), tal como se puede apreciar en la Rosa de Vientos presentada en el Gráfico 3.11.

### **3.2.4 Calidad del aire**

Como parte de la Línea Base Ambiental se realizó una estimación de las concentraciones de material particulado y gases en el área de la futura plataforma de lixiviación y sus alrededores, identificándose relaciones entre la calidad de aire y los principales factores que influirían sobre ésta, tales como las fuentes de emisión existentes, la topografía y las características de

los suelos de la zona, así como los parámetros meteorológicos involucrados en los procesos de dispersión.

Es necesario precisar que debido a la ubicación y características del Proyecto PAD 4B, el área de estudio estuvo focalizada en áreas despobladas. Sin embargo, de modo referencial se emplearon los lineamientos establecidos por el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. N° 074-2001-PCM) y el D.S N°069-2003-PCM. Este reglamento ha sido citado en esta sección únicamente como referencia con el objeto de esclarecer que su análisis ha sido considerado y que como resultado del mismo se ha determinado que no aplica a las actividades del Proyecto PAD 4B o sus supuestos están fuera de los alcances de dichas actividades materia del presente EIA. En consecuencia, no obstante que no son aplicables, es factible que puedan ser citados para establecer una comparación con zonas o circunstancias ajenas a las actividades del Proyecto PAD 4B en estudio, como información complementaria.

#### **3.2.4.1 Metodología**

##### ***Programa de monitoreo permanente***

SMCV mantiene como parte de su plan de monitoreo una estación permanente de calidad de aire en la quebrada Huayrondo. Esta estación posee un equipo para la medición de material particulado (PM<sub>10</sub>) de tipo alto volumen (Hi-vol) marca Thermo Andersen. El programa de monitoreo está diseñado para recolectar muestras durante 24 horas cada tres días, para garantizar que las muestras se obtengan en diferentes días de la semana a lo largo del monitoreo. Al finalizar el muestreo de 24 horas, se recupera el filtro y se envía a un laboratorio externo acreditado para el análisis de las concentraciones.

La estación permanente de monitoreo de calidad de aire se describe a continuación:

##### Estación Huayrondo

Ubicada en la quebrada Huayrondo, esta estación de monitoreo se encuentra dentro del área propuesta para la futura plataforma de lixiviación y a sotavento de las operaciones actuales de SMCV. Su principal objetivo es el de generar data confiable sobre las concentraciones de material particulado en este punto, para poder determinar cualquier variación anormal de este parámetro, atribuible a las operaciones en la mina y poder tomar acciones correctivas.

Para los fines de este estudio sin embargo, se han empleado los registros de la estación Huayrondo para determinar las concentraciones de material particulado en la zona de



emplazamiento de la futura plataforma de lixiviación (Fotografía 3.9). Los registros empleados corresponden al año 2007.

#### **3.2.4.2 Muestras de calidad de aire**

Durante la realización del presente EIA, se llevaron a cabo además, muestreos de calidad de aire. Los parámetros cuantificados durante estos muestreos fueron: material particulado respirable de diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) y su contenido metálico, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

El muestreo de PM<sub>10</sub> se llevó a cabo con equipos de alto volumen (HiVol), mientras que las concentraciones de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) fueron registradas con analizadores automáticos de medición continua. Los modelos de los equipos utilizados cuentan con la aprobación de la Agencia Americana de Protección Ambiental (USEPA), y fueron calibrados según las normas técnicas internacionales, las cuales garantizan el correcto funcionamiento de los equipos.

La determinación del contenido metálico en las muestras de PM<sub>10</sub> se realizó mediante el método “Inductively Coupled Plasma” (ICP). Los análisis respectivos estuvieron a cargo de Corplab Perú, laboratorio debidamente acreditado ante INDECOPI. La Tabla 3.14 presenta un resumen de los equipos y métodos utilizados para la determinación de los parámetros analizados. El Anexo B detalla las especificaciones técnicas de los equipos, los certificados de calibración, así como los reportes emitidos por el laboratorio.

Los muestreos se efectuaron en dos períodos, abril y julio del año 2007, correspondientes a las temporadas húmeda y seca respectivamente.

En el área del proyecto se instalaron dos puntos de muestreo durante ambas temporadas. De esta manera se pudo estimar de manera satisfactoria la calidad de aire en toda la zona del proyecto y alrededores. En estos puntos se efectuaron por temporada, tres mediciones durante 24 horas de PM<sub>10</sub> y una medición durante 24 horas de los gases (CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>).

La ubicación y la descripción de los puntos de muestreo se detallan a continuación:

#### ***KPH1 – Sotavento Huayrondo***

Este punto se encuentra ubicado a una distancia de 2,3 km. en dirección noreste del centro de la futura plataforma de lixiviación. El área en donde se ubicó el punto presenta un ambiente

árido y de escasa vegetación (Fotografía 3.10), lo que favorece a la generación natural de material particulado, producto de la erosión eólica.

La ubicación de este punto de muestreo fue seleccionada con la finalidad de caracterizar la calidad de aire a sotavento de la zona del proyecto.

### ***KPH2 – Las Caseras***

El punto se encuentra ubicado en dirección noreste a una distancia aproximada de 3,5 km. del centro de la futura plataforma de lixiviación. Las características de la zona en la que se estableció el punto de muestreo son similares a las del punto KPA1, es decir un ambiente árido y de muy escasa vegetación (Fotografía 3.11).

El objetivo de este punto es el de establecer los niveles basales de calidad de aire, es decir las concentraciones antes de la construcción y operación del proyecto.

Las coordenadas y ubicación de los puntos de muestreo y la estación de monitoreo Huayrondo se muestran en la Tabla 3.15 y Figura 3.4 respectivamente.

### ***3.2.4.3 Material particulado***

Se define como material particulado a la mezcla de partículas de sólido o líquido que se encuentran suspendidas en el aire. Estas partículas son de tamaño generalmente de un diámetro menor a 100  $\mu\text{m}$ .

Se denomina  $\text{PM}_{10}$  a la fracción de material particulado cuyas partículas tienen un diámetro menor a 10  $\mu\text{m}$ . Asimismo se las ha llamado “partículas respirables” debido a que por su reducido tamaño no es filtrado por el sistema respiratorio humano (nariz, garganta) y pueden asentarse en los pulmones, afectando a la salud.

Las fuentes de emisión de material particulado y gases identificadas, con posible influencia sobre la calidad de aire en los alrededores son principalmente de origen natural para material particulado y de origen antropogénico para gases.

Los aportes de origen natural de material particulado se consideran significativos debido a la naturaleza del componente edáfico del área. Éste presenta sectores con escasa cobertura vegetal, compuesta principalmente por cactáceas columnares dispersas y vegetación arbustiva muy escasa. El suelo está conformado por zonas rocosas con materiales medianos y finos depositados en casi toda su extensión. Los materiales medianos y finos están compuestos por

arena, arena franca y ceniza volcánica, los cuales están sujetos a la erosión eólica. Por lo descrito anteriormente, y considerando las características meteorológicas de la zona, como los altos niveles de radiación solar y baja precipitación, que favorecen a los fenómenos de dispersión, se puede estimar un aporte natural de material particulado importante.

Las fuentes antropogénicas de material particulado identificadas en las zonas cercanas al proyecto están relacionadas con las operaciones actuales de SMCV (actividades involucradas en la explotación y procesamiento de mineral). Asimismo, se han detectado movimientos de tierras para la extracción de agregados de construcción, realizados por terceros (trabajadores informales), al final de la quebrada Huayrondo (Fotografía 3.12). Se debe indicar que estas actividades se han realizado dentro de la propiedad de SMCV (Fotografías 3.13 y 3.14).

Adicionalmente, durante los muestreos de calidad de aire, debido a la falta de energía eléctrica disponible en los alrededores cercanos de los puntos de muestreo, se empleó un grupo generador, el cual representa una fuente emisora de gases y material particulado. Sin embargo, dadas las condiciones de operación y ubicación de éste y basados en experiencias anteriores, se considera que la influencia de este equipo puede desestimarse.

#### **3.2.4.4 Material particulado $PM_{10}$**

Los registros de la estación Huayrondo, desde el 2 de enero de 2004 al 18 de agosto de 2007, se muestran en la Tabla 3.16. Se observa que durante el año 2007, el promedio de concentración de  $PM_{10}$  es de  $86,2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Se considera que el registro de la estación tiene una mediana variación pues presenta una desviación estándar de  $25,75 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso particular del presente estudio, la presentación de sus resultados es netamente referencial. Los registros de la estación Huayrondo para el periodo considerado se muestran en la Tabla 3.16 y Gráfico 3.12.

Por otro lado, en los muestreos de calidad de aire realizados en los puntos KPH1 y KPH2 durante abril y julio de 2007 (temporadas húmeda y seca) la máxima concentración registrada de  $PM_{10}$  fue de  $55 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . De manera referencial las concentraciones de  $PM_{10}$  se compararon con los estándares vigentes; ningún valor obtenido superó el estándar nacional de calidad de aire de  $PM_{10}$  para 24 horas de  $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Asimismo, los promedios de los muestreos fueron  $43 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (KPH1) y  $37 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (KPH2), también se compararon de manera referencial con el estándar anual de  $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , encontrándose por debajo del mismo. Los resultados de los muestreos de  $PM_{10}$  se pueden observar en la Tabla 3.17 y Gráfico 3.13.

En la Figura 3.5 se muestra la ubicación de la estación Huayrondo y de los puntos de muestreo KPH1 y KPH2 con sus respectivas concentraciones promedio. Se puede observar que la concentración promedio en la estación Huayrondo es mayor que en los dos puntos de muestreo. Asimismo, la concentración promedio en el punto KPH1 es mayor que en el punto KPH2. Así, se visualiza cómo las concentraciones de  $PM_{10}$  van disminuyendo conforme los puntos se encuentran más alejados del área de operaciones de la mina. Estos resultados son un indicador de la influencia que tienen las operaciones de SMCV principalmente sobre su entorno cercano es decir en áreas como la quebrada Huayrondo. Por lo tanto, se hace evidente la existencia de un gradiente de concentración que muestra una influencia mínima de las operaciones mineras luego de unos dos y medio kilómetros aproximadamente a sotavento del asiento minero, debido principalmente a la buena capacidad de dispersión de material particulado en el área (gran turbulencia térmica durante el día) y la barrera natural que conforman el Cerro Llorón, Cerro Negro y montañas y colinas adyacentes (Knight Piésold, 2006).

#### **3.2.4.5 Elementos metálicos en el material particulado**

Se analizaron los filtros de  $PM_{10}$  de los muestreos mediante el método “Inductively Coupled Plasma” (ICP) para determinar las concentraciones de elementos metálicos. Los resultados de estos análisis señalaron que las concentraciones de los metales son relativamente bajas en todos los puntos muestreados. Las concentraciones de arsénico y plomo, y su comparación referencial con los estándares respectivos se presentan en la Tabla 3.18. Los resultados completos del contenido metálico en el material particulado se presentan en el Anexo B.

En cuanto a las concentraciones de los elementos regulados por la legislación ambiental nacional (plomo y arsénico), estas se detallan a continuación:

Las concentraciones de plomo resultaron por debajo del límite de detección en todos los muestreos realizados, para el caso del arsénico se obtuvieron valores de concentración por debajo de los  $0,005 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En ambos casos, de manera referencial, las concentraciones reportadas se compararon con el estándar respectivo, estando por debajo del mismo.

Para el caso del arsénico se obtuvieron valores de concentración por debajo de los  $0,005 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , estando muy por debajo del valor de  $6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  establecido por la R.M. N° 315-96-EM/VMM.

#### **3.2.4.6 Gases**

El muestreo de gases permitió establecer las concentraciones basales para el monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Además, estos muestreos permitieron comparar, de manera referencial, los valores obtenidos con los establecidos en la legislación ambiental vigente.

##### ***Monóxido de carbono (CO)***

Los valores obtenidos se encuentran por debajo de 2 000 µg/Nm<sup>3</sup> para el periodo de ocho horas y de 3 810 µg/Nm<sup>3</sup> para la máxima horaria en todos los casos. De manera referencial se comparó la totalidad de las mediciones realizadas, indicando que tanto los promedios horarios como los valores correspondientes a la máxima horaria cumplen con los estándares establecidos por el D.S. N° 074- 2001- PCM, que señala como valores para este parámetro 10 000 µg/Nm<sup>3</sup> para el promedio de concentración durante un periodo de ocho horas (promedio móvil) y un valor de 30 000 µg/Nm<sup>3</sup> para la concentración durante una hora, el cual no debe de ser excedido más de una vez al año.

En la Tabla 3.19 y el Gráfico 3.14 se muestran los resultados de la concentración máxima horaria y promedio móvil de monóxido de carbono para todos los puntos.

##### ***Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)***

Para este parámetro, los valores de concentración registrados de dióxido de nitrógeno fluctuaron entre 3,0 µg/Nm<sup>3</sup> y 12,3 µg/Nm<sup>3</sup> para el promedio del período de registro y entre 12,3 µg/Nm<sup>3</sup> y 60,5 µg/Nm<sup>3</sup> para la máxima concentración horaria en las temporadas húmeda y seca. Estos resultados se compararon de manera referencial con los estándares vigentes, indicando que las concentraciones registradas se encuentran en por debajo del estándar para el promedio de concentración anual (comparado con el periodo de medición) y con el estándar para la concentración máxima horaria que no debe de ser excedida más de 24 veces al año.

En la Tabla 3.20 y el Gráfico 3.15 se muestran los resultados de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en el aire.

##### ***Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)***

En el caso de este gas, la caracterización basal permitió comparar los resultados a manera de referencial con los estándares establecidos por el D.S. N° 074-2001-PCM para el promedio en 24 horas y para el promedio anual, estando por debajo de los mismos. Los resultados de los muestreos muestran valores por debajo de 13 µg/Nm<sup>3</sup>.

En la Tabla 3.21 y el Gráfico 3.16 se muestran los resultados de concentración de dióxido de azufre en el aire para los muestreos realizados durante esta temporada.

### **3.2.5 Ruido y vibración**

#### **3.2.5.1 Introducción**

La siguiente sección corresponde a la Línea Base de Ruidos y Vibraciones para las áreas pobladas representativas, ubicadas en las cercanías de la desembocadura de la quebrada Huayrondo. Para estos efectos, la empresa Control Acústico Ltda realizó mediciones de los niveles de ruido y vibraciones en las zonas sensibles que fuesen posiblemente afectadas por las actividades asociadas al proyecto. Los resultados obtenidos se compararon con los niveles máximos permitidos por las normativas vigentes y estándares nacionales e internacionales.

#### **3.2.5.2 Antecedentes generales**

##### ***Normativa de ruido***

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) ha desarrollado una normativa asociada al tema de ruido conocida como Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido – Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, la cual fue publicada el 30 de octubre de 2003 en el diario oficial “El Peruano”. Esta normativa establece las políticas nacionales para el manejo y gestión del control de ruido, definiendo además atribuciones y tareas pendientes en el tema para las distintas entidades gubernamentales. Sin embargo, esta normativa no establece procedimientos de medición y evaluación, definiendo para estos efectos disposiciones transitorias en base a las normas ISO1996-1:1982: Acústica - Descripción y mediciones de ruido ambiental, Parte I: Magnitudes básicas y procedimientos e ISO 1996-2:1987: Acústica - Descripción y mediciones de ruido ambiental, Parte II: Recolección de datos pertinentes al uso de suelo. Es necesario indicar que el área ubicada en las inmediaciones del emplazamiento directo del PAD 4B no presenta zonas pobladas, sin embargo, con fines de caracterización y en forma referencial, se evaluaron poblaciones cercanas a la desembocadura de la quebrada Huayrondo. El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM) es citado en esta sección únicamente como referencia con el objeto de esclarecer que su análisis ha sido considerado y que como resultado del mismo se ha determinado que no aplica a las actividades del Proyecto PAD 4B o sus supuestos están fuera de los alcances de dichas actividades materia del presente EIA. En consecuencia, no obstante que dichas normas no son aplicables, es factible que puedan ser citadas para establecer una comparación con zonas o circunstancias ajenas a las actividades del Proyecto PAD 4B en estudio, como información complementaria.

En base a estos antecedentes la norma define los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, los cuales se resumen en la Tabla 3.22.

### ***Normativa de vibraciones***

Para la evaluación de impacto producido por vibraciones de maquinaria de construcción, se utilizará el criterio propuesto por la Federal Transit Administration (FTA), del U.S. Department of Transit, el cual se basa en los niveles máximos de vibración para eventos únicos. Para el caso de maquinaria de construcción, el criterio de la FTA establece un máximo de 100 VdB para edificios frágiles, o 95 VdB para edificios frágiles históricos.

### ***3.2.5.3 Metodología***

#### ***Mediciones de ruido y vibraciones***

Con fecha 24 de mayo de 2007, se realizaron mediciones de los niveles de ruido y vibraciones en horario diurno (07:00-22:00) y nocturno (22:00-07:00) en el entorno de los sectores sensibles en el área de estudio. La ubicación de los puntos de medición se presenta en la Tabla 3.23.

Los puntos de medición fueron distribuidos en los sectores poblados más cercanos a las instalaciones del proyecto, como viviendas del sector El Molino Chusicani, en el distrito de Tiabaya (punto 1), Plaza principal de Tingo Grande, frente a iglesia (punto 2) y viviendas del Anexo La Pampa en el distrito de Socabaya (punto 3), en la Figura 3.6 se presentan estos puntos.

Las mediciones se realizaron con un sonómetro *Larson Davis* modelo 824, configurado para medir ruido y vibraciones. Para la medición de vibraciones se utilizó un acelerómetro piezoeléctrico modelo 353m198 *Larson Davis*, con respuesta de 1 a 4 kHz, y para las mediciones de ruido se utilizó un micrófono de incidencia aleatoria *Larson Davis* modelo 2559, el cual corresponde a un sonómetro Tipo 1 según IEC 61672-1:2002.

Las mediciones de ruido se realizaron en conformidad con la norma ISO 1996-2:1987, acorde con los procedimientos de los estándares internacionales para mediciones de ruido al exterior de recintos. La duración de cada medición se basó en una integración registrada durante un intervalo de tiempo que varió entre los 10 y 20 minutos, dependiendo de las fluctuaciones de nivel observadas para cada registro, según se establece en el procedimiento de medición. Los descriptores registrados fueron: Nivel de Presión Sonora Equivalente (NPS<sub>eq</sub>), Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS<sub>mín</sub>) y Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS<sub>máx</sub>).

Para realizar las mediciones, el equipo fue ubicado a 1,5 metros de su eje vertical y a no menos de 3 metros de cualquier superficie reflectante en su eje horizontal (paredes, muros, etc.) para las mediciones exteriores, según lo estipula las normativas de medición ISO 1996-2:1987. El equipo fue calibrado antes de cada medición.

Las mediciones de vibración en cada punto consisten en un registro espectral de Nivel de aceleración, en dB, mediante el método FFT (*Fast Fourier Transform*) de 1 Hz a 100 Hz y ventana tipo *Hanning*. Posteriormente se obtiene un valor único de VVP (velocidad vertical de partícula, en mm/s) y Lv (nivel de velocidad, en dBv).

### Resultados – ruido

Los resultados de las mediciones de ruido de línea base se resumen en las Tablas 3.24 y 3.25. Dichos valores fueron registrados en los períodos diurno y nocturno. En los puntos 2 y 3, las fuentes de ruido que componen el Ruido de Fondo de cada sector corresponden a viento (follaje), animales, y ruido comunitario. El punto 1 presenta niveles influenciados en gran parte por ruido del río Chili, perros lejanos, follaje y aves. En el Gráfico 3.17 se presenta el resumen de niveles de ruido registrados en cada punto.

### Resultados – vibraciones

Los registros de vibraciones efectuados corresponden a Na (nivel de aceleración, en dB) mediante FFT (*Fast Fourier Transform*) con ventana tipo *Hanning*, entre 1 Hz y 100 Hz. Para efectos de análisis con las normas elegidas, se transforman los valores medidos a VVP (velocidad vertical de partícula, en mm/seg) y Lv (nivel de velocidad, en dBv).

Los resultados se entregan para los valores de nivel de vibración Lv y para la velocidad vertical de partícula VVP registrados en cada punto en la Tabla 3.26.

### **Conclusiones**

De acuerdo con lo verificado en terreno, los puntos 1, 2 y 3 corresponden a receptores homologables a zona residencial según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido – Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.

Las Tablas 3.27 y 3.28 entregan una comparación entre los valores medidos y los máximos permitidos por la normativa peruana para zona residencial. Los valores de Leq medidos en cada punto receptor durante periodo diurno se encuentran por debajo del máximo permitido para zona residencial.



En cuanto a los valores de vibraciones medidos en los puntos receptores, en la Tabla 3.29 se comparan los mismos con el valor recomendado por el criterio de la FTA para maquinaria de construcción concluyéndose que los actuales niveles de vibración basal no superan el valor recomendado.

### **3.2.6 Geología y sismicidad**

#### **3.2.6.1 Geología**

Geográficamente Cerro Verde se ubica en las estribaciones andinas de la cordillera occidental del sur del Perú, cuya morfología inicial corresponde a una meseta que ha sido erosionada y dividida por numerosos valles aluviales, formando una topografía general de quebradas, colinas y cerros empinados localmente abrupta y accidentada.

#### ***Geología general***

En el área de la Mina Cerro Verde afloran una variedad de rocas ígneas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas, con edades comprendidas entre el Precámbrico y el Terciario superior.

Por otro lado, cubriendo el basamento rocoso se presentan depósitos aluviales, principalmente en las quebradas; y, en menor porcentaje, depósitos coluviales, deluviales y eólicos del Cuaternario antiguo y reciente en las laderas de los cerros.

El basamento rocoso está constituido por las unidades lito-estratigráficas: Gneis Charcani, Conglomerado Tinajones, Volcánico Chocolate, Formación Socosani y el Grupo Yura, las cuales se encuentran cortadas por las súper unidades Granodiorita Tiabaya y Granodiorita Yarabamba y rocas intrusivas del “Complejo de la Caldera”.

#### ***Geología local - estratigrafía***

En el área del proyecto afloran principalmente rocas intrusivas del Cretáceo, como la Granodiorita Yarabamba y la Granodiorita Tiabaya, las cuales cortan a rocas sedimentarias del Conglomerado Tinajones del Triásico y a las rocas metamórficas como el Gneis de Charcani que pertenecen al volcánico Sencas del Terciario (Figura 3.7).

A continuación se describen las características principales de las unidades geológicas del área del proyecto, de la más antigua a la más reciente.

Gneis Charcani (Pc-nch)

Unidad rocosa del Precámbrico, Paleozoico inferior. Estas rocas afloran en los límites finales del sector este de la futura plataforma de lixiviación. Estos afloramientos se observan en el centro del área del proyecto y se extienden hacia el oeste en dirección de sureste a noroeste en los cortes de la trocha carrozable existentes en este sector y en las colinas. En el sector Gneis Charcani generalmente se presenta formando topografías de colinas de poca altura y cerros islas debido a la poca resistencia que ofrece ante la meteorización y erosión.

Litológicamente se compone de gneis bandeados de grano medio a grueso, de color gris, gris claro y gris verdoso, con abundante minerales de ortosa, cuarzo y biotita. Superficialmente se presenta muy oxidado y muy meteorizado. También dentro de esta unidad se presentan esquistos micáceos y filitas de color marrón en láminas de unos milímetros a centímetros, con presencia de micas blancas de hasta 2 cm de tamaño y minerales de cuarzo recristalizados. La estratificación en general es subhorizontal ondulada y se presentan muy meteorizadas y fracturadas.

Conglomerado Tinajones (TrJ-cti)

El conglomerado Tinajones, de edad Triásico - Jurásico, aflora en el extremo noroeste del área del proyecto, su extensión es muy limitada y se presenta en discordancia angular sobre el Gneis Charcani.

Litológicamente esta compuesto por gruesos estratos de conglomerados con clastos angulosos y redondeados de gneis, cuarcita y rocas volcánicas en matriz oscura, con intercalaciones de capas de areniscas gruesas de color pardo rojizo y verde. En su conjunto tiene de 50 a 80m de espesor.

Rocas intrusivas cretácicas Terciarias

En el área del proyecto afloran rocas del Complejo intrusivo de la Caldera de edades de Cretácico al Terciario, las cuales cortan las rocas metamórficas del Precámbrico, donde se observan anfibolitas y micas blancas posiblemente por metamorfismo. Las rocas intrusivas se distribuyen aproximadamente en el 50% del área del proyecto, formando cerros de mediana altura, de 200 a 250 m de elevación con respecto a las quebradas, los cuales superficialmente se encuentran cubiertos por arenas limosas de origen volcánico, gravas y bloques subredondeados producto de la erosión esferoidal.

Estas rocas intrusivas, corresponden a la última de las tres etapas principales de actividad ígnea y están constituidas por una serie de intrusiones pertenecientes al Batolito de la Costa. Dichas rocas son los responsables de la mineralización de los yacimientos de cobre y molibdeno de Cerro Verde. En el área de la Mina Cerro Verde, las rocas intrusivas están compuestas por el complejo gabro-diorita, granitos del Grupo Linga, granodiorita Tiabaya, granodiorita Yarabamba, pórfido dacítico-monzonítico Cerro Verde, el pórfido riolítico y el microgranito (Cerro Negro). En el área de estudio se presentan rocas intrusivas granodiorita Yarabamba y granodiorita Tiabaya, las cuales se describen a continuación:

#### Granodiorita Yarabamba (Ks-gdya)

La granodiorita Yarabamba, de 78 a 101 millones de años, es el intrusivo de mayor distribución en el área. Estas rocas afloran al sur del área de estudio, conformando colinas de 100 a 150 m de altura, cuyas laderas presentan en forma discontinua gravas coluviales y bloques con tamaños variables entre 0,5 m y 2,0 m., así como arenas eólicas de origen volcánico en mezcla. Presentan forma redondeada debido a la erosión esferoidal.

La granodiorita es de color gris clara rosácea y textura fanerítica, cristalina, con minerales de ortosa, feldespatos, cuarzo y micas. Se presenta ligeramente meteorizada a sana, fracturada por zonas y con resistencia alta a muy alta (resistencia a la compresión simple estimado con el martillo geológico mayor a 100 MPa).

#### Granodiorita Tiabaya (KTis-gdti)

La granodiorita Tiabaya, de aproximadamente 78 millones de años, aflora en el sector este y norte del área de estudio y se extiende al noroeste a nivel regional, alineado con la cordillera de los andes. Topográficamente estas rocas conforman cerros empinados de 200 a 250 m de altura con respecto a las quebradas, cuyas laderas presentan en forma discontinua materiales cuaternarios consistentes en gravas y bloques redondeados producto de la erosión esferoidal, con tamaños máximos de hasta 3,0 m. Entre las gravas y bolones coluviales se presentan arenas eólicas de origen volcánico en mezcla.

La Granodiorita de Tiabaya es de color gris claro y rosáceo, textura equigranular, cristalina y mineralogía compuesta por plagioclasas, cuarzo, ortosa y hornblenda que comúnmente sobrepasan los 8 mm de largo. En general estas rocas se presentan ligeramente meteorizadas a sanas y se encuentran fracturadas por zonas. Presentan una resistencia alta a muy alta (resistencia a la compresión simple estimado con el martillo geológico mayor que 100 MPa). En algunos sectores, como en al norte del área de estudio en la margen derecha de la quebrada Huayrondo, estas rocas se presentan muy meteorizadas a nivel de suelo residual.

### Volcánico Sencca (Ts-vse)

En la parte central del área del proyecto afloran rocas del Volcánico Sencca en dos sectores pequeños de 200 a 250 m de largo. Estas rocas del Plioceno, de 2 a 5 millones de años de edad, sobreyacen en discordancia angular al gneis de Charcani.

Litológicamente está constituida por tufos riolíticos y dacíticos de color blanquecino con abundantes fragmentos líticos pequeños de pómez y lavas. Estas rocas son porosas y livianas, de baja resistencia a la compresión simple. En su composición se reconocen a simple vista fragmentos de feldespatos, granos de cuarzo y abundantes partículas de vidrio.

### ***Depósitos cuaternarios***

Los depósitos cuaternarios en el área del proyecto se presentan distribuidos en las quebradas y en las laderas inferiores de los cerros, con espesores que varían entre 1,0 y 5,0 m. En sentido vertical la distribución de los materiales cuaternarios es muy reducida ya que el basamento rocoso se encuentra próximo a la superficie. Estos materiales están constituidos por una serie de depósitos de origen eólico, volcánico subaéreo, deluvial, coluvial y aluvial. La mayor parte de las áreas de afloramientos rocosos delimitado en el plano geológico, contiene una cubierta relativamente delgada (menor que 1 m de espesor) de material eólico y coluvial. Estos materiales se describen a continuación.

### Depósitos eólicos (Q-e)

Los materiales eólicos consisten principalmente de cenizas volcánicas y se encuentran localizados en forma discontinua en las laderas y cumbres de las colinas y cerros. Su espesor varía entre 0,2 y 1,5 m. Estos depósitos se encuentran en pequeñas acumulaciones aisladas, distribuidos en todo el área del proyecto (Fotografía 3.7). Por otro lado es importante mencionar que en la mayor parte de las laderas de los cerros existe acumulaciones de arena eólica de origen volcánico que se encuentran cubiertas por una delgada costra o lámina de óxido de hierro de color marrón rojizo y de 1 mm de espesor (Fotografías 3.4 y 3.5).

### Depósitos aluviales (Q-al)

Los materiales aluviales se ubican en la parte media e inferior de la mayoría de las quebradas y tributarios y están conformados por gravas arenosas con bolones y bloques de cantos redondeados a subangulosos, con tamaño máximo de 3,0 m, color gris claro a beige y compactidad media. El espesor de estos materiales se estima de 3 a 5 m.

Por sus características de granulometría, permeabilidad y ubicación constituyen importantes conductos para el flujo del agua subterránea.

#### Depósitos coluviales (Q-co)

Los depósitos coluviales en el área del proyecto se presentan en pequeña extensión en la ladera de la margen derecha de la quebrada Huayrondo, consisten de gravas con bolonería y bloques subangulosos, de tamaño máximo 1,0 m. Presentan compacidad suelta con una matriz de arenas eólicas. Por otro lado, en el área del proyecto, las laderas presentan bolones y gravas dispersas de origen gravitacional. Estos depósitos son estables e impiden la erosión eólica.

#### Depósitos deluviales (Q-de)

Los materiales deluviales se presentan en las laderas inferiores de las colinas y cerros en ambos márgenes de la quebrada Huayrondo. Estos depósitos corresponden a acumulaciones de gravas, bolones y bloques de hasta 3,0 m de tamaño máximo y presentan matrices limosas de plasticidad baja y compacidad media. De acuerdo con lo observado en los cortes de las quebradas, el espesor de estos depósitos varía entre 1,0 y 3,0 m.

### **3.2.6.2 Geología estructural**

El área de estudio ha sido sometida a un intenso fallamiento, fracturamiento y plegamientos en diferentes etapas de su historia geológica, especialmente como consecuencia del levantamiento de los Andes y del emplazamiento del Batolito de la Costa.

En el área de la mina Cerro Verde se han reconocido un sin número de fallas regionales principales, las que han tenido un papel muy importante en la formación de los depósitos metálicos. Estas fallas, que afectan al complejo intrusivo de “La Caldera”, siguen el rumbo general Andino NO-SE, habiéndose formado después del emplazamiento de la granodiorita Yarabamba. Entre estas fallas regionales se puede mencionar la falla Cenicienta, falla Variante, falla Jenks, falla Tinajones y falla Yura.

En el área de estudio se presentan las Fallas Cenicienta y Variante, que se proyecta diagonalmente fuera de los límites del área en estudio con más de 10 km. de longitud y con orientación NO-SE.

A nivel local, en el área de Huayrondo se presentan fallamientos y fracturamientos hasta en tres sistemas principales: NE-SO, NO-SE y E-O. Estos sistemas de estructuras se presentan a nivel local en el área del proyecto y en algunos sectores han originado intenso fracturamiento. Las fallas están asociadas al Terciario y están estructuralmente relacionadas con plegamientos e intrusiones ígneas, por consiguiente, se considera que las fallas no están activas.

### **3.2.6.3 Sismicidad**

La región suroeste del Perú muestra una gran actividad sísmica relacionada a la interacción entre la placa Continental con la zona de subducción de la placa de Nazca. Esta interacción origina sismos superficiales en la línea de costa, sismos intermedios y profundos, conforme se introduce en el continente; y sismos superficiales en la zona paralela a la cadena volcánica y al este de la línea de costa. En consecuencia, la ciudad de Arequipa y el área del Asiento Minero Cerro Verde se encuentran constantemente sometidas a la acción de eventos sísmicos con altas intensidades.

De acuerdo con la Norma de Diseño Sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el territorio peruano se han establecido tres zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de sismos. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como la evaluación de la información neotéctica. En virtud a esta norma el área del Asiento Minero Cerro Verde se ubica en la Zona 3, que corresponde a una zona con sismicidad alta, correspondiéndole un factor de zona (Z) de 0,40. Dicho factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (Figura 3.8).

En base a la actividad sísmica recopilada por Silgado (1987), esta área es altamente activa, con una actividad sísmica por encima de IX en la escala de Mercalli Modificada. Asimismo, se han reportado intensidades mayores a XI cerca de la zona de emplazamiento del Proyecto PAD 4B. El último gran sismo de subducción que afectó la zona ocurrió en junio del 2001 y registró una magnitud  $m_b$  de 6,9 y magnitud  $M_w$  de 8,4. El epicentro estuvo localizado a 220 km al oeste de la ciudad de Arequipa a una profundidad de 33 km. La distancia más cercana de la zona del Asiento Minero Cerro Verde al plano de ruptura del sismo fue de aproximadamente 65 km. El evento activó una porción de la grieta sísmica que previamente se había agrietado en el sismo de 1868 ( $M_w$  8,8). El sismo agrietó una longitud de 400 km de la interfase extendiéndose desde Atico a Ilo y con un ancho de 100 km.

A fin de determinar la respuesta estructural del Asiento Minero Cerro Verde, URS Corporation llevaron a cabo el estudio de sismicidad de la zona (“Análisis de Riesgo Sísmico”, 2004). Dicha evaluación consistió en una revisión de los datos disponibles, análisis de percepción remota e interpretación de fotografías aéreas, análisis de sismicidad histórica, caracterización de fuentes sísmicas, análisis de movimiento de terreno, y desarrollo del Sismo Básico de Diseño (SBD) y el Sismo Básico Operativo (SBO).

La revisión de los datos disponibles del estudio de URS indicó que hay abundante información de la sismicidad y tectónica en la zona de subducción, en cambio hay poca información sobre la actividad de la corteza o la actividad intraplaca en el sur del Perú. Por esta razón, la caracterización de las fallas continentales se llevó a cabo usando imágenes satelitales. Las fallas de Pampa de Majes, Lluclla, y Machado Chico son consideradas como las fallas activas más importantes de las fallas activas cerca del proyecto. La sismicidad histórica de la región de la zona fue evaluada por URS para ayudar a la caracterización del potencial de las fuentes sísmicas. Las tasas de recurrencia de sismo fueron calculadas del catálogo histórico recopilado para las zonas de fuente de fallas y sísmica. Estos parámetros fueron usados como entrada para el análisis de peligro sísmico probabilístico (APSP). Los movimientos del terreno fueron calculados usando las aproximaciones probabilísticas y determinísticas. Finalmente, a partir del análisis del movimiento de tierras, se definieron las aceleraciones horizontales pico y el espectro de respuesta de aceleraciones del SBD y SBO para condiciones de la zona considerando el movimiento en la roca. El análisis de riesgo sísmico de URS se presenta en términos del movimiento del terreno como una función de probabilidad de excedencia anual de 10% y una vida útil de la estructura de 50 años, la que es equivalente a un período de retorno de 475 años. El valor promedio del PGA (peak ground acceleration o aceleración máxima del terreno) para este período de retorno es de 0,39 g.

De acuerdo con las recomendaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, Hynes y Franklin, 1984), el coeficiente sísmico a ser considerado en el análisis bajo sollicitación pseudo-estática de diseño de taludes fue igual al 50% de la aceleración pico de diseño. La recomendación del Cuerpo de Ingenieros está basada en la aplicación del método de Newmark para calcular desplazamientos permanentes en presas de tierra utilizando más de 350 registros sísmicos, concluyéndose que estas estructuras analizadas con el método pseudo-estático con factores de seguridad mayores que 1,0 utilizando un coeficiente sísmico horizontal de  $0,5 \times \text{PGA}$  no desarrollan deformaciones mayores que 1 m, el cual es un valor arbitrario y que puede ser tolerado por presas de tierra, sin representar una amenaza a la integridad del reservorio. Por lo tanto, a partir de la máxima aceleración del terreno estimada en 0,39g por URS, se utilizó en el análisis pseudo-estático de diseño de taludes del proyecto un coeficiente sísmico de 0,20. Este valor se encuentra en el límite superior del rango antes mencionado. A continuación, se resumen en el Cuadro 3.2 las consideraciones del análisis pseudo-estático:

**Cuadro 3.2**  
**Consideraciones para el análisis pseudo-estático del PAD 4B**

<b>Condición</b>	<b>Factor de seguridad del proyecto (FS)</b>	<b>PGA</b>	<b>Intensidad (Mercalli Modificado)</b>	<b>Coefficiente sísmico</b>
Diseño para la operación Análisis pseudo-estático	> 1	0,39g	9	0,5PGA = 0,20g

### **3.2.7 Suelos**

La caracterización del recurso suelo del ámbito del Proyecto PAD 4B, se ha realizado mediante la investigación de áreas de muestreo que permite obtener una información sistematizada sobre la realidad edáfica de dicho proyecto. Asimismo, complementariamente al reconocimiento en campo, se contó con el apoyo de estudios de carácter geológico y geomorfológico. Los suelos presentan características consistentes y definidas, como resultados de la acción conjunta de los factores y procesos de formación. La descripción y clasificación de los suelos, se plasma en una Unidad Taxonómica, la cual es definida como un nivel de abstracción dentro de un sistema taxonómico. Algunas áreas que tienen poco o ningún suelo, son identificadas y descritas como áreas misceláneas.

El Soil Taxonomy (1999), como sistema taxonómico empleado, considera seis categorías o niveles de abstracción: orden, sub-orden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. En el presente estudio se consideró al sub grupo como unidad taxonómica. Para llegar al nivel de abstracción de subgrupo se tuvo que analizar la presencia de determinadas características de diagnóstico y el régimen de humedad y temperatura que presentan. La abstracción de la unidad taxonómica no permite la representación gráfica de un suelo en un mapa, por lo tanto, ésta es realizada mediante la Unidad Cartográfica, la cual es definida como el área delimitada y representada por un determinado símbolo en el mapa de suelos. Esta unidad está definida y nominada en función de sus componentes dominantes, los cuales pueden ser unidades taxonómicas, áreas misceláneas o ambas aceptándose hasta 15% de inclusiones de unidades diferentes a la unidad principal.

La interpretación y procesamiento de la información edáfica se realizó de acuerdo con las normas y lineamientos establecidos en el Soil Survey Manual (1994) y en cuanto a la clasificación taxonómica, de acuerdo con el Soil Taxonomy (1999), con su respectiva correlación con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos de la FAO (1998, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). El Soil Survey Manual (1994) establece cuatro unidades cartográficas: consociación, complejo, asociación y grupo



indiferenciado. En el presente estudio se ha considerado la asociación y consociación de subgrupos.

### **3.2.7.1 Características generales de los suelos**

La zona se caracteriza por su fisiografía de colinas y montañas desérticas, con presencia de piedras y rocas superficiales y con escasa vegetación. El ambiente agrupa suelos de rocas intrusivas poco desarrolladas. Asimismo, se encuentran suelos fluviales y coluvio-aluviales muy escasos en las partes bajas y en la cuenca del río Chili.

Los suelos en su mayoría son neutros a ligeramente alcalinos, con perfiles tipo AC y/o ABC, moderadamente profundos a superficiales y sus límites inferiores siempre descansan sobre materiales rocosos. Son de clases texturales gruesas a medias y pobres en contenido orgánico debido a la casi inexistente actividad biológica, así como a la poca acumulación de materiales finos sobre los afloramientos rocosos.

### **3.2.7.2 Antecedentes**

Los suelos de la zona de Huayrondo – Cerro Verde, comprende la cuenca de la quebrada Huayrondo, afluente por la margen izquierda del río Chili. Está influenciada por un ambiente templado árido a semiárido del paisaje montañoso.

En la realización del estudio, se utilizaron los siguientes materiales temáticos y cartográficos:

- Boletín de la Carta Geológica Nacional, a escala 1:100 000, INGEMMET, 1995.
- Mapa Ecológico del Perú a escala 1:250 000, INRENA.
- Clasificación de Tierras del Perú, memoria y mapa a escala 1:250 000, INRENA.
- Mapa de Suelos del Perú a escala 1:5000000, FAO.
- Carta Nacional de restitución fotogramétrica a escala 1:25 000, IGN.
- Planos catastrales de la zona a escala 1:25 000.
- Imágenes Satélite LandSat TM resaltadas digitalmente y ampliadas fotográficamente a escala 1:50 000.
- Mapa Físico-Político a nivel distrital a escala 1:2 000 000.
- Diagrama vial del departamento de Arequipa

### **3.2.7.3 Caracterización y clasificación natural de los suelos**

Todo el proceso comprendido desde la recopilación, análisis, adecuación, actualización, caracterización y toma de datos, hasta el procesamiento y generación de información del presente estudio, se ha realizado de acuerdo a las actuales normas, reglamentos y sistemas

utilizados en el país para estudios de los suelos, como el Reglamentos de Clasificación de Suelos, el Reglamento de Clasificación de Tierras y el Sistema de Clasificación del Soil Taxonomy.

Los criterios y técnicas metodológicas usadas para determinar la naturaleza edáfica del área de estudio fueron elaborados de acuerdo con las normas y lineamientos establecidos en el Soil Survey Manual (revisión 1994), el Soil Taxonomy (1999) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica y de acuerdo con el Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos del Perú, Decreto Supremo N° 033 – 85 AG.

Para la elaboración del mapa de suelos, se recurrió al mapa geológico del área del proyecto, así como a la Carta Geológica Nacional, a escala 1:100 000 y su guía explicativa del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

La información geológica y ecológica para el departamento de Arequipa fue obtenida a partir de la información de la base de datos de recursos naturales del INRENA y permitió elaborar el mapa fisiográfico mediante la interpretación analógica de la imagen de satélite a escala 1:50 000.

Cada unidad contó con la información de inclinación de la pendiente, litología superficial, características climáticas y formas del relieve sistematizado en Gran Paisaje, Paisaje, Sub-paisaje y elementos del paisaje. Éste constituye el mapa base para el estudio de suelos y la clasificación de tierras.

A partir del mapa fisiográfico, se planificó el muestreo edafológico en campo, el cual contó con un muestreo intensivo en áreas representativas previamente seleccionadas. En el resto del área, el muestreo de suelos fue menos intensivo y permitió reforzar la información de las áreas de muestreo que permita la extrapolación a unidades no muestreadas.

El muestreo fue elaborado en base a la experiencia y conocimientos que se tiene sobre el área y consideró las diversas variables ambientales y la magnitud del proyecto, toda vez que ésta forma parte de la estrategia de aprobación del estudio, ya que la calidad cuantitativa y cualitativa del muestreo de campo, representa en gran parte la calidad de todo el estudio de suelos. Las muestras de suelos seleccionadas se analizaron tanto desde el punto de vista de sus propiedades agrológicas, como de sus constituyentes minerales con potencial de afectación.

La fase de campo incluyó la verificación de los límites tentativos de las unidades de suelos determinadas previamente en gabinete en base a las características fisiográficas. Las principales características descritas sobre los suelos fueron las físicas, químicas y biológicas, así como su potencial de restauración, su erosionabilidad y su capacidad de uso.

La descripción general del perfil se realiza mediante la identificación y descripción de cada horizonte y el registro de las siguientes características: profundidad de la parte superior e inferior, color, textura, estructura, consistencia, contenido de fragmentos de rocas y de minerales, presencia de capas endurecidas, contenido de carbonatos y sales solubles, restos de la actividad humana, rasgos de origen biológico, contenido de raíces, naturaleza del límite con el horizonte subyacente y pH. Estas características han sido incluidas en la descripción de perfiles de los suelos que se presenta en el Anexo C.

Se evaluaron 34 puntos representativos (sitios de muestreo) para lo cual se abrieron 15 calicatas, además de perforaciones superficiales y se tomaron muestras en cortes naturales del terreno y/o cortes de los taludes de las carreteras (Figura 3.9). Del total de puntos de muestreo se obtuvieron 50 muestras para el análisis de caracterización en el laboratorio de la Universidad de La Molina y 21 muestras para el análisis del contenido de metales en el laboratorio ALS Laboratory Group.

El análisis de caracterización de las muestras consistió en la determinación de las propiedades agronómicas significativas de los suelos, tales como: pH, acidez total, materia orgánica, salinidad, sodio, porcentaje de saturación, textura (porcentaje de arena, limo y arcilla), nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio – NPK). Esta información fue utilizada para evaluar la sensibilidad orientada a alteraciones (físicas, y químicas), y como base para el desarrollo de planes detallados de rehabilitación.

El análisis del contenido de metales verificó la evidencia de afectación mediante la toma de muestras de la capa superficial de suelos para analizar las concentraciones de los siguientes metales: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Ag y Hg.

Las Tablas 3.30 y 3.31, muestra la relación de muestras obtenidas en campo y que han sido analizadas para caracterización en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina y para determinar la concentración de metales en los suelos, en el laboratorio ALS Laboratory Group. En el Anexo C se presentan los resultados de los análisis, los cuales se han

interpretado para realizar la clasificación de los suelos y evaluar su estatus de contenido metálico.

#### **3.2.7.4 Clasificación de suelos según su origen**

Teniendo en cuenta los diversos tipos de materiales parentales y posiciones fisiográficas de los suelos de la zona estudiada, se ha identificado un esquema general del patrón distributivo de los mismos según su origen.

##### ***Suelos derivados de materiales coluvio-aluviales***

Son suelos desarrollados a partir de materiales sedimentarios holocénicos recientes y sub-recientes, de variada litología, transportados y luego depositados en forma local, debido a la acción combinada del agua y la gravedad. Se distribuyen en forma moderada y dispersa en zonas de conos de deyección, piedemonte y depósitos basales de las formaciones colinosas y montañosas, constituyendo generalmente depósitos de ladera, con pendientes planas a moderadamente empinadas.

Estos suelos no presentan desarrollo genético, son superficiales a moderadamente profundos y presentan una textura media a gruesa. Son de reacción neutra y fertilidad natural baja a media.

##### ***Suelos derivados de materiales residuales***

Suelos que se han originado in situ, desarrollados localmente por meteorización a partir de rocas de naturaleza litológica intrusiva. Se encuentran distribuidos ampliamente en la zona de estudio, ocupando posiciones fisiográficas con amplio rango de pendientes.

Generalmente son suelos sin desarrollo genético, textura media a moderadamente gruesa, reacción neutra a fuertemente alcalina, con presencia de materiales gruesos de variadas formas y tamaños dentro del perfil, en cantidades variables.

##### ***Descripción de suelos***

La información edáfica ha sido actualizada y adecuada a las normas establecidas por el Manual de Levantamiento de Suelos (Soil Survey Manual) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y su correlación con las normas estandarizadas de la FAO.

Se han identificado trece unidades de suelos que han sido agrupadas taxonómicamente y descritas como Sub-Grupo (Soil Taxonomy - USDA), las que por razones prácticas y de fácil identificación se les ha asignado un nombre local. Estas unidades de suelos, definidos al nivel categórico de subgrupo, son delimitadas en el mapa de suelos (Figura 3.10) mediante las

unidades cartográficas, consociación y asociación de subgrupos. Para cada asociación se indica la proporción (%) en que interviene cada unidad de suelo.

Las unidades edáficas han sido agrupadas en tres consociaciones donde dos son unidades edáficas y una es una unidad no edáficas. Las asociaciones han sido agrupadas en nueve unidades, de las cuales cinco son asociaciones edáficas y cuatro asociaciones edáficas con misceláneo roca.

La determinación de las unidades edáficas constituye la información básica para realizar interpretaciones de orden técnico o práctico, siendo una de ellas, la clasificación de tierras según su Capacidad de Uso Mayor. En el Anexo C se presentan algunas definiciones edáficas importantes consideradas en la interpretación e identificación de suelos; así como, la descripción de los perfiles modales más representativos, tablas de valores de interpretación de datos y un panel fotográfico.

La Tabla 3.32 muestra los subgrupos de suelos identificados y la Tabla 3.33 muestra las consociaciones y asociaciones (unidades cartográficas) que se indican en el mapa de suelos.

### ***Clasificación de suelos según su fase por pendiente***

Para una mejor delimitación de las unidades cartográficas ha sido necesario emplear como fase a la pendiente, la cual se refiere a la inclinación que presenta la superficie del suelo con respecto a la horizontal; está expresada en porcentaje, es decir la diferencia de altura en 100 m horizontales. Para los fines del presente estudio, se ha determinado seis rangos de pendiente, los cuales se indican en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.3**  
**Clasificación de suelos según su fase por pendiente**

<b>Término descriptivo</b>	<b>Rango (%)</b>	<b>Símbolo</b>
Plana a Ligeramente inclinada	0 – 4	A
Moderada a Fuertemente inclinada	4 – 15	B
Moderadamente empinada	15 – 25	C
Empinada	25 – 50	D
Muy Empinada	50 – 75	E
Muy Extremadamente empinada	> 75	F

## **Consociaciones**

### Consociación Chili (Chi)

Está conformada por el suelo Chili. Se distribuye en forma localizada dentro de un paisaje de terrazas fluviales, de materiales aluviales recientes localizados al norte del área estudiada. La pendiente es plana a ligeramente inclinada.

#### *Suelo Chili (Typic Torrifluvents)*

El suelo Chili se ha originado a partir de materiales fluviales y coluvio-aluviales del Cuaternario reciente y no presenta desarrollo genético. El perfil es tipo AC de color pardo a pardo oscuro, con epipedón ócrico. Estos suelos son moderadamente profundos, de textura franco arenosa a arena franca y no presentan pedregosidad superficial. El drenaje natural es bueno.

Este tipo de suelo presenta un pH ligeramente ácido a moderadamente alcalino (entre 7,9 y 6,2), con bajo contenido de sales (< 1,7 dS/m), sin presencia de carbonatos de calcio y con una baja capacidad de intercambio catiónico (entre 5,60 y 4,48 cmol/Kg). Presenta bajos contenidos de materia orgánica (entre 0,9 y 0,8%), fósforo disponible (entre 7,0 y 6,0 ppm) y potasio disponible (entre 208 y 113 ppm). La fertilidad natural de la capa arable es media a baja.

Por sus características edáficas y ecológicas circundantes estos suelos son aptos para cultivos en limpio con limitaciones por suelos y requiere riego. El suelo Chili se presenta en su fase por pendiente:

- Plana a ligeramente inclinada (0 - 4%) Chi/A

### Consociación Huayrondo (Hy)

Está conformado predominantemente por el suelo Huayrondo. Se distribuye en forma localizada dentro de un paisaje de materiales aluviales recientes localizados al norte del área estudiada. La pendiente es moderada a fuertemente inclinada.

#### *Suelo Huayrondo (Typic Torrifluvents)*

Estos suelos han sido desarrollados a partir de materiales parentales coluvio-aluviales y residuales; de litología intrusiva de granodiorita. Son profundos a moderadamente profundos, sin desarrollo genético, de perfil tipo AC de color pardo a pardo amarillento oscuro, con epipedón ócrico. Su textura es moderadamente gruesa a media, con gravas y guijarros

angulares y sub-angulares entre 20 a 60%. En el perfil; algunas áreas presentan pedregosidad superficial de hasta 60%. El drenaje natural es bueno a algo excesivo.

En la parte alta de la quebrada Huayrondo y en áreas cercanas a las actuales instalaciones de lixiviación, en puntos ubicados en fondo de quebrada y en laderas, las características químicas de los suelos están expresadas por una reacción que varía entre extremadamente ácido y fuertemente ácido (pH entre 4,06 y 5,42), con presencia de sales (entre 0,13 y 5,95 dS/m) y sin carbonato de calcio. El porcentaje de saturación de bases varía entre medio y alto (entre 60 y 95%) y presenta una baja capacidad de intercambio catiónico. Asimismo, presenta bajos contenidos de materia orgánica (< 1,5%) y contenidos medio de fósforo (< 11 ppm) y contenido medio a bajo de potasio disponible (> 330 ppm). La fertilidad natural es media a baja.

Asimismo, las características químicas en puntos ubicados en la red de drenaje oeste y en el cauce principal de la quebrada Huayrondo, aguas abajo de la presa Huayrondo, registraron una reacción ligeramente alcalina (pH entre 7,2 y 7,8), con presencia de sales (entre 5,2 y 8,9 dS/m), carbonato de calcio de 0,20% en la capa superficial y 15,7% a mayor profundidad. El porcentaje de saturación de bases es de 100% y presenta una alta capacidad de intercambio catiónico (>12,00 cmol/kg). Presenta bajos contenidos de materia orgánica (< 2,5%) y fósforo (< 9,9 ppm) y contenido medio a bajo de potasio disponible (> 283 ppm). La fertilidad natural es media a baja.

Por sus características edáficas y ecológicas circundantes estos suelos son aptos para pastoreo temporal de ganado caprino con limitaciones por suelos, erosión y clima árido. El suelo Huayrondo se presenta en su fase por pendiente:

- Moderada a Fuertemente inclinada (4 - 15%) Hy/B

#### Consociación Roca (MR)

Esta unidad cartográfica está constituida predominantemente por el Misceláneo Roca. Se distribuye ampliamente en la zona de estudio. El relieve dominante es accidentado, con pendientes que van hasta extremadamente empinadas.

#### *Misceláneo Roca (R)*

Esta unidad no edáfica está constituida por exposiciones de roca consolidada (afloramiento lítico) y por depósitos de escombros o detritos poco consolidados holocénicos que se presentan en las colinas y montañas. La composición litológica es de rocas intrusivas

(andesitas, riolitas, etc.). Esta unidad se encuentra distribuida principalmente en la cima de las montañas y colinas. No tienen ninguna aptitud de uso para fines agrícolas, pecuarios o forestales sino, están relegadas para otros usos, como: canteras y minería, por lo que constituyen Tierras de Protección (X). Se pueden presentarse cartográficamente en forma asociada con las unidades de suelos. Esta unidad edáfica se presenta en su fase por pendiente:

- Empinada (25 - 50%) R/D
- Muy Empinada (50 - 75%) R/E

### **Asociaciones**

#### Asociación Huayrondo – Yarabamba (Hy - Yb)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Huayrondo y el 30% restante por la unidad edáfica Yarabamba. Como inclusión se puede presentar el área Miscelánea Roca. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve inclinado. Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Moderada a Fuertemente inclinada (4 - 15%) Hy-Yb/B

Las características edáficas de la unidad Huayrondo han sido descritas en la consociación. A continuación se describe la unidad Yarabamba.

#### *Suelo Yarabamba (Lytic Haplocambids)*

Está constituido por miembros de textura media, residuales y coluvio-aluviales de materiales intrusivos de pórfidos dacíticos, monzonita, granodiorita y microgranito. Pueden presentar tanto un perfil tipo AC como ABC con un desarrollo genético incipiente y con epipedón ócrico. Algunos suelos presentan subhorizonte cámbico y son profundos a moderadamente profundos de color pardo oscuro a pardo amarillento oscuro. El drenaje natural es bueno.

Sus características químicas están expresadas por una reacción ligera a moderadamente alcalina (pH entre 7,2 y 8,0) y bajos contenidos de sales (< 0,78 dS/m) y carbonato de calcio (< 1,20%). El porcentaje de saturación de bases es de 100% y posee una baja capacidad de intercambio catiónico (> 7,52 cmol/kg). Presenta bajos contenidos de materia orgánica (<1,0%) y fósforo (< 2,1 ppm); y contenido medio a alto de potasio (> 347 ppm). Estas características determinan una fertilidad natural media a baja.



Asociación Yarabamba - Huayrondo (Yb - Hy)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Yarabamba y el 30% restante por la unidad edáfica Huayrondo. Como inclusión se puede presentar el área Miscelánea Roca. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve inclinado. Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Moderada a Fuertemente inclinada (4 - 15%) Yb-Hy/B

Las características edáficas de las unidades Huayrondo y Yarabamba han sido descritas anteriormente.

Asociación Cerro Negro – Lito (CN - Li)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Cerro Negro y el 30% restante por la unidad edáfica Lito. Como inclusión se puede presentar el área Miscelánea Roca. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve empinado. Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Empinada (25 - 50%) CN-Li/D

Las características edáficas de las unidades Cerro Negro y Lito se describen a continuación.

*Suelo Cerro Negro (Typic Haplotorrands)*

Está constituido por miembros edáficos de textura moderadamente gruesa a gruesa con características ándicas. Estos suelos fueron originados a partir de materiales coluvio-aluviales y residuales, principalmente de tobas y materiales volcánicos, así como material piroclásico.

Presentan un perfil tipo AC, sin desarrollo genético y con epipedón ócrico. Estos suelos son profundos a moderadamente profundos y en su límite inferior presentan un estrato limitante de gravas de material volcánico. Presentan una coloración pardo, pardo oscuro a pardo amarillento oscuro o gris. El drenaje natural es algo excesivo a excesivo.

Sus características químicas están expresadas por una reacción fuerte a moderadamente ácida (pH entre 4,8 y 5,9) y el porcentaje de saturación de bases es mayor 78%. Estas condiciones sumadas a un contenido bajo de materia orgánica (1,4 %) y a niveles bajos de fósforo disponible (3,1 ppm) y alto de potasio disponible (entre 344 y 651 ppm), determinan una fertilidad natural media a baja.

*Suelo Lito (Lytic Haplotorrands)*

Los miembros edáficos que constituyen esta unidad son de naturaleza volcánica con característica ándicas que se ha formado de materiales residuales y/o depósitos coluviales de rocas ígneas intrusivas (dioritas, granodioritas, etc) y, en menor proporción, de materiales volcánicos (tobas, lavas, aglomerados y cenizas).

No tienen desarrollo genético, presentan epipedón ócrico y perfil de tipo AC. Son superficiales y se encuentran limitados por un estrato esquelético gravoso o un contacto lítico a paralítico de tobas o roca volcánica. Son de color pardo oscuro a pardo amarillento oscuro o pardo oliváceo, presentan una textura moderadamente fina a moderadamente gruesa, con gravas y guijarros subangulares en cantidades mayores de 15%, incrementándose con la profundidad. El drenaje natural es moderado a algo excesivo.

Las características químicas están expresadas por una reacción que varía de extremada a moderadamente ácida (pH entre 7,0 y 7,8) y un porcentaje de saturación de bases de 100%. El contenido de materia orgánica es bajo (1,4%) y presentan niveles bajo de fósforo disponible (3,1 ppm) y altos de potasio disponible (entre 344 y 651 ppm), lo que determina una fertilidad natural de la capa arable baja.

Asociación Sumbilaca – Yarabamba (Sb - Yb)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Sumbilaca y el 30% restante por la unidad edáfica Yarabamba. Como inclusión se puede presentar el área Miscelánea Roca. Esta asociación se distribuyen en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve inclinado a empinado. Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Moderada a Fuertemente inclinada (4 - 15%) Sb-Yb/B
- Moderadamente empinada (15 - 25%) Sb-Yb/C
- Empinada (25 - 50%) Sb-Yb/D

Las características edáficas de la unidad Yarabamba han sido descritas anteriormente. A continuación se describe la unidad Sumbilaca.

*Suelo Sumbilaca (Lytic torriorthents)*

Este suelo está constituido por miembros edáficos de textura moderadamente gruesa a gruesa, originados a partir de materiales coluvio-aluviales de naturaleza volcánica (tobas, piroclastos y materiales intrusivos) ubicados sobre superficies moderada a fuertemente inclinadas (4 - 50%). Presentan un perfil tipo AC, sin desarrollo genético, con epipedón ócrico. Estos

suelos son moderadamente profundos a profundos, pudiéndose encontrar en la parte inferior del perfil gravas de naturaleza volcánica. Presentan una coloración pardo a pardo amarillento oscuro. El drenaje natural es bueno a algo excesivo.

Sus características químicas están expresadas por una reacción neutra a ligeramente alcalina (pH entre 7,2 y 7,8) y el porcentaje de saturación de bases es de 100%. El contenido de materia orgánica es bajo (entre 1,3 y 0,6%) y presenta bajos niveles de fósforo disponible (entre 1,2 y 2,1 ppm) y altos niveles de potasio disponible (entre 1 371 y 900 ppm). Estas características determinan una fertilidad natural de la capa arable media a baja.

#### Asociación Sumbilaca – Lito (Sb - Li)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Sumbilca y el 30% restante por la unidad edáfica Lito; como inclusión se puede presentar el área miscelánea Roca. Se distribuyen en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve empinado.

Ambas unidades edáficas se presentan en su fase por pendiente:

- Moderadamente empinada (15 - 25%) Sb-Li/C
- Empinada (25 - 50%) Sb-Li/D

Las características edáficas de las unidades han sido descritas anteriormente.

#### Asociación Sumbilaca - Misceláneo Roca (Sb - R)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad edáfica Sumbilaca y el 30% restante por la unidad no edáfica Misceláneo Roca. Como inclusión se puede presentar el suelo Yarabamba. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas erosionables y depósitos de laderas de relieve empinado.

Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Moderadamente empinada (15 - 25%) Sb-R/C
- Empinada (25 - 50%) Sb-R/D

Las características edáficas de ambas unidades han sido descritas anteriormente.

Asociación Misceláneo Roca – Lito (R - Li)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad no edáfica misceláneo Roca y el 30% restante por la unidad edáfica Lito. Se distribuyen en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve empinado.

Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Empinada (25 - 50%) R-Li/D
- Muy Empinada (50 - 75%) R-Li/E

Las características edáficas de las unidades han sido descritas.

Asociación Misceláneo Roca - Sumbilaca (R - Sb)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad no edáfica Misceláneo Roca y el 30% restante por la unidad edáfica Sumbilaca. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas y depósitos de laderas de relieve empinado.

Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Empinada (25 - 50%) R-Sb/D
- Muy empinada (50 - 75%) R-Li/E

Las características edáficas de ambas unidades han sido descritas anteriormente.

Asociación Misceláneo Roca - Cerro Negro (R - CN)

El 70% de esta asociación está conformada por la unidad no edáfica Misceláneo Roca y el 30% restante por la unidad edáfica Cerro Negro. Como inclusión se puede presentar el suelo Sumbilaca. Esta asociación se distribuye en un paisaje de laderas erosionables y depósitos de laderas de relieve empinado.

Ambas unidades edáficas se presenta en su fase por pendiente:

- Muy Empinada (50 - 75%) R-CN/E

Las características edáficas de ambas unidades han sido descritas anteriormente.

### **3.2.7.5 Clasificación de las tierras según su capacidad de uso mayor**

Esta sección constituye la parte interpretativa del estudio de suelos, en la que se brinda información sobre el uso adecuado de las tierras para fines agrícolas, pecuarios, forestales o de protección, así como las prácticas de manejo y conservación que eviten su deterioro.

Se utilizó como información básica el aspecto edáfico precedente, es decir la naturaleza morfológica, física y química de los suelos identificados, así como el ambiente ecológico en el que se han desarrollado. Asimismo se utilizó el Reglamento de Clasificación de Tierras del Ministerio de Agricultura (D.S. N° 062-75-AG) y las ampliaciones establecidas por la ONERN e INRENA. Este reglamento considera tres categorías: grupos de capacidad de uso mayor; clases de capacidad (calidad agrológica) y subclases de capacidad (factores limitantes).

#### ***Unidades de capacidad de uso mayor***

En el Mapa de Capacidad de Uso Mayor (Figura 3.11) las unidades cartográficas se encuentran integradas por una o varias categorías de uso. Se describe las tierras clasificadas a nivel de grupo, clase y subclase de Capacidad de Uso Mayor, encontradas en el área de estudio, a nivel de grupo y de clase. En la Tabla 3.34 se menciona la superficie y porcentaje que abarca cada categoría del sistema y en la Tabla 3.35 se presenta un resumen de las principales características de las unidades de uso mayor identificadas.

#### ***Tierras aptas para cultivo en limpio (A)***

Presenta las mejores características edáficas, topográficas y climáticas para establecer una agricultura de tipo intensivo, basándose en especies anuales o de corto período vegetativo, adaptadas a las condiciones ecológicas del medio. En esta categoría se encuentra la clase A2.

##### Clase A2

Agrupar tierras de calidad agrológica media, con características apropiadas para la explotación agrícola con prácticas moderadas de manejo. Sus limitaciones están referidas al clima, el cual se encuentra caracterizado principalmente por sus condiciones de extrema aridez. Estas tierras representan las mejores tierras del área de estudio. Dentro de esta clase se ha determinado la subclase A2s(r).

##### *Subclase A2s(r)*

Agrupar tierras de calidad agrológica media, ligeramente gravosas, con drenaje natural bueno a moderado y de reacción ligera a moderadamente alcalina. Sus limitaciones están referidas

principalmente al aspecto climático caracterizado por sus condiciones de extrema aridez y al aspecto edáfico, específicamente a la fertilidad natural media.

La unidad edáfica que conforma esta subclase corresponde al suelo Chili en su fase por pendiente plana a ligeramente inclinada (0 - 4 %).

La utilización de estas tierras para la producción de cultivos anuales en forma intensiva y económicamente rentable requiere de riego permanente como condición natural, con medidas de manejo y conservación de suelos y agua. Adicionalmente se debería tener en cuenta la necesidad de elevar y mejorar las condiciones físico-químicas de los suelos mediante la aplicación racional y balanceada de fertilizantes químicos, para lo cual sería necesario realizar un previo análisis de fertilidad y un programa de rotación de cultivos con incorporaciones de materia orgánica en sus diversas formas.

### ***Tierras Aptas para Pastos (P)***

No reúne las condiciones edáficas, topográficas y ecológicas mínimas requeridas para cultivos intensivos o permanentes, pero sí para el sostenimiento de pasturas y, por tanto, para la actividad pecuaria. En esta categoría se encuentra la clase P3.

#### Clase P3

Se trata de tierras de calidad agrológica baja y de aptitud limitada para la explotación de las pasturas, sin embargo, permiten el desarrollo de una actividad pecuaria económicamente rentable, siempre y cuando se realicen prácticas intensivas de manejo y conservación del recurso suelo. De acuerdo con las características dominantes, se determinó la siguiente subclase P3se (t) que a continuación se describe. Dentro de esta clase se ha determinado la subclase P3se(t).

#### *Subclase P3se(t)*

Presenta condiciones climáticas de extrema aridez debido a la escasa precipitación. Agrupa a suelos con fertilidad natural de la capa arable baja y con presencia de fragmentos rocosos de distinta naturaleza y tamaño en cantidades mayores a 35% o presencia de un estrato limitante de gravas de material volcánico en la parte inferior del perfil. Estos suelos son moderadamente profundos, de textura moderadamente gruesa a gruesa y de drenaje algo excesivo a excesivo. Presentan una reacción ligeramente ácida a neutra.

Conforma esta subclase los suelos Huayrondo, Yarabamba, Cerro Negro y Subilaca en su fase moderada a fuertemente inclinada (entre 4 y 15%) y moderadamente empinada (entre 15 y 25%).

El uso de estas tierras estará orientado al pastoreo temporal, bajo prácticas intensas de conservación y manejo del suelo con el fin de prevenir los efectos de la erosión que pueden originarse debido a la pendiente que presentan. Estas tierras son adecuadas como hábitat de guanaco.

### ***Tierras de Protección (X)***

Agrupar a las tierras que no presentan las condiciones edáficas, topográficas y climáticas mínimas necesarias para la explotación agropecuaria y/o forestal; quedando relegadas para otros propósitos como áreas recreacionales, zonas de protección de vida silvestre, zonas de protección de cuencas, lugares de belleza escénica, etc.

Dentro de este grupo de Capacidad de Uso Mayor no se reconocen clases ni subclases, sin embargo, se estima necesario indicar el tipo de limitación que restringe su uso, mediante letras minúsculas que acompañan al símbolo del grupo.

Este tipo de suelo se encuentra presente en la mayor parte del área del proyecto y presentan limitaciones por suelo y erosión (*Xse*).

### ***3.2.7.6 Contenido de metales en los suelos***

El destino de los elementos constituyentes del suelo depende fundamentalmente de las características físicas, químicas y biológicas del mismo. La permeabilidad, el pH y las condiciones óxido-reductoras son las características que más afectan el comportamiento de los elementos constituyentes de los suelos. Valores de pH ácido hacen más disponibles a los metales, excepto al As, Mo, Se y Cr que son más disponibles en pH alcalinos. En medios con pH moderadamente alto se produce la precipitación de cationes como hidróxidos, en cambio, en medios muy alcalinos pueden pasar nuevamente a la solución como hidroxicomplejos.

La presencia natural de metales en el suelo está en muy bajas concentraciones, como producto de la propia geoquímica de los materiales de los que proceden, siendo muchos de ellos esenciales para la vegetación y la fauna. El riesgo potencial que su presencia provoca se manifiesta cuando se acumulan en grandes cantidades en el suelo, denominándose a este grupo metales pesados.

Existen metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva a disfunciones en sus organismos, resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Entre ellos se tiene principalmente al cadmio, cromo, plomo, zinc, níquel, mercurio, hierro, cobalto, molibdeno, estaño, cobre, así como otros elementos como el aluminio, arsénico y selenio. La acumulación máxima se produce, mayoritariamente, en la superficie, aproximadamente en los primeros 15 cm del suelo.

La presente sección tiene como objetivo determinar las condiciones iniciales en que se encuentra la calidad del suelo previo al momento de ejecución del proyecto. Es importante enfatizar el hecho de que el suelo puede presentar un contenido de metales pesados que sobrepasan los estándares recomendados por las normas internacionales de referencia.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del suelo en el área de estudio, debido a la importancia de generar una línea de base que refleje las condiciones iniciales de la forma representativa, fueron evaluados exhaustivamente y se ha hecho el análisis sobre muestras representativas de las diferentes unidades de suelos encontradas en el área de estudio.

El estudio de afectación del suelo por metales pesados, comprendió la recolección de muestras representativas de capas superficiales (generalmente del horizonte A). Para este fin se aprovecharon las calicatas realizadas para la evaluación edafológica (Tabla 3.31).

Los métodos de referencia utilizados por el laboratorio determinaron el grado de precisión de los resultados. Para el análisis de metales en suelos se usó el “Test Methods for Evaluating Solid Waste” SW-846 Method 3050B or Method 3051”.

Los valores encontrados en los reportes de análisis de metales en suelos, se han comparado con los estándares del Canadian Environmental Quality Guidelines del Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) para uso industrial.

### ***Análisis de resultados***

Para el estudio de suelos se hicieron 15 calicatas, de las cuales se eligieron 21 muestras, para determinar la calidad del suelo en cuanto al contenido de metales pesados (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V y Zn). La ubicación de los puntos de muestreo de metales en suelos se muestra en la Tabla 3.31 y en la Figura 3.9.



Los resultados del análisis de contenido de metales se muestran en la Tabla 3.36 y el informe del laboratorio se muestra en el Anexo C.

El uso de suelo considerado para realizar las comparaciones con los estándares del CCME es el Uso Industrial, debido a que toda el área evaluada se encuentra dentro de propiedad de SMCV. Para el caso del punto de muestreo HD16 que se encuentra fuera de la propiedad de SMCV, el uso considerado es el Uso Agrícola.

A continuación se describen los resultados de los análisis de metales reportados por el laboratorio ALS.

### ***Arsénico (As)***

Los resultados del análisis de suelos son bastante variables, registrándose valores totales en un rango desde menos de 5,0 a 10,0 mg/kg, en el cauce principal de la quebrada Huayrondo. Todos estos valores se encontraron por debajo del estándar de referencia del CCME (Gráfico 3.18).

Por otro lado, en los puntos de muestreo ubicados en la red de drenaje oeste, cercanos a las actuales instalaciones de lixiviación (S10, S11, S5 y S14), se registraron valores en un rango de 12,90 a 16,50 mg/kg, todos estos valores superaron el estándar de referencia (12 mg/kg). Estas altas concentraciones se deberían al aporte de drenajes provenientes de las operaciones mineras.

### ***Bario (Ba)***

En este punto, al igual que en el caso del arsénico, ninguno de los resultados supera el valor del CCME para uso industrial, de 2 000 mg/kg, encontrándose todos por debajo de 213,0 mg/kg (Gráfico 3.19).

### ***Cadmio (Cd)***

Los resultados del análisis de suelos indican una concentración total de cadmio menores a 0,5 mg/kg en todos los puntos, por debajo del estándar del CCME para uso industrial (22,0 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.20.

### ***Cromo (Cr)***

Los resultados del análisis de cromo en las muestras de suelo, están comprendidas en un rango de valores de 9,0 hasta 63,5 mg/kg, encontrándose todos los valores por debajo del estándar del CCME para uso industrial, de 87,0 mg/kg (Gráfico 3.21).

### ***Cobre (Cu)***

Los resultados del análisis de laboratorio indican valores en un rango entre 41,6 a 421,0 mg/kg (Gráfico 3.22). Sólo cuatro de las muestras analizadas se encuentran por debajo del estándar recomendado por el CCME para uso industrial (91 mg/kg). Estas altas concentraciones se deberían al aporte de drenajes provenientes de las operaciones mineras.

### ***Níquel (Ni)***

Los resultados del análisis del contenido total de níquel en las muestras de suelo, indican valores en un rango desde 6,5 a 17,2 mg/kg, todas por debajo del estándar del CCME para uso industrial (50 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.23.

### ***Plata (Ag)***

Los resultados de análisis del análisis de concentración total en todos los puntos muestreados, indican valores en un rango de < 2 mg/kg. Ello quiere decir que ninguna de las muestras provenientes de las áreas estudiadas supera el estándar de referencia del CCME para uso industrial (40 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.24.

### ***Plomo (Pb)***

El análisis del contenido de concentración total de plomo en las muestras de suelo, indica resultados menores de 30,0 mg/kg, lo que permite indicar que ninguna muestras supera el estándar del CCME para uso industrial, de 600 mg/kg (Gráfico 3.25).

### ***Vanadio (Va)***

Los resultados de análisis de este elemento se encuentran en un rango de valores desde 5,0 hasta 100,0 mg/kg, todos por debajo del estándar de referencia del CCME para uso industrial (130 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.26.

### ***Zinc (Zn)***

Los resultados de análisis de este elemento se encuentran en un rango de 14,0 a 70,1 mg/kg, encontrándose todos los puntos por debajo del estándar de referencia del CCME para uso industrial (360 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.27.

### ***Mercurio (Hg)***

Este elemento arroja resultados en un rango de valores menores a 0,005 hasta 0,07 mg/kg, encontrándose todos por debajo del estándar del CCME para uso industrial (50 mg/kg), tal como se muestra en el Gráfico 3.28

### **3.2.7.7 Uso actual de los suelos**

El análisis sobre las características de cobertura y uso de la tierra es de suma importancia, para mejorar o mantener los niveles actuales de vida, proyectar la demanda de infraestructura y servicios, identificar proyectos integrales e implementar planes y estrategias eficaces para el desarrollo local. El método utilizado se basa en la clasificación propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI). Para este fin, se muestran los diferentes tipos de uso de la tierra, a un nivel de estudio que se representa en un mapa a escala 1:50 000.

Para la identificación de los diferentes usos de suelo del área del proyecto se recopiló información temática y cartográfica existente, así como fotografías aéreas e imágenes de satélite. En la realización del estudio se utilizó la siguiente información:

- Mapa Ecológico del Perú de la base de datos del INRENA, a escala 1:250 000, con memoria explicativa.
- Cobertura y Uso de la Tierra del departamento de Arequipa de la base de datos del INRENA memoria y mapa a escala 1:250 000.
- Clasificación de Tierras del Perú del departamento de Arequipa de la base de datos del INRENA, memoria y mapa a escala 1:250 000.
- Memoria Explicativa del Mapa Forestal del Perú.
- Ecología basada en zonas de vida del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Luego de analizar la información recopilada y del conocimiento obtenido a través del recorrido de campo, se elaboró una leyenda preliminar de los posibles usos de la tierra del área de estudio, para que sirviera de base en el trazado cartográfico del uso actual.

De acuerdo con la cobertura del área de estudio, se identificaron las categorías compatibles con el UGI. Las categorías identificadas se dividieron en subcategorías para permitir la inclusión de todos los componentes principales y las funciones inherentes a los usos concretos que se encuentran en el campo.

### **3.2.7.8 Categorías de uso actual de suelos**

La presente sección evalúa de manera general las diferentes formas de uso de la tierra en la zona de Huayrondo. El área está influenciada por un ambiente árido a semiárido de paisaje colinoso, conos de deyección y depósitos fluviales, con escasa vegetación de cactáceas y arbustos secos con herbáceas efímeras en las zonas más altas. Incluye cultivos anuales y permanentes localizados en la desembocadura de la quebrada Huayrondo que pertenecen a los

aluviales del río Chili. En el lecho de la quebrada Huayrondo existe vegetación natural más abundante.

De las nueve categorías de clasificación de la UGI, la primera comprende las áreas dedicadas a centros poblados e instalaciones gubernamentales y/o privadas; las tres siguientes se refieren a los terrenos dedicados a cultivos de hortalizas, cultivos perennes y cultivos extensivos; la quinta y sexta categoría comprenden terrenos ocupados con praderas mejoradas y praderas naturales, respectivamente; y las tres últimas categorías, se refieren a las áreas con bosque, áreas hidromórficas y áreas sin uso y/o improductivas en el momento del mapeo, incluyendo las tierras en barbecho y/o en descanso temporal.

En el área estudiada se han identificado la segunda, tercera y cuarta categoría referida a los terrenos dedicados a cultivos de hortalizas, cultivos perennes y cultivos extensivos, respectivamente. Asimismo, se encontró la novena categoría, que se refiere a áreas sin uso y/o improductivas. La Tabla 3.37 y Figura 3.12 muestran las unidades de suelo encontradas.

Por ubicarse en una zona árida casi no existe actividad principal. Los recursos escasos son utilizados por el guanaco que existe en forma silvestre en las partes más altas. En general es una zona de vida de escaso valor para el desarrollo agropecuario.

A continuación se describen las unidades de uso actual de la tierra identificadas en el área del proyecto.

### ***Terrenos con vegetación cultivada***

#### Terrenos con cultivos anuales y/o permanentes (Cap)

Abarca el 0,25% del área estudiada. Comprende la franja de terrenos de cultivo que forma un mosaico de comunidades vegetales cultivadas. Se encuentra localizada principalmente en las porciones bajas y medias del área de estudio sobre el fondo de valle aluvial del río Chili, en zonas que cuentan con dotación de riego.

Considera terrenos con cultivos de hortalizas, frutales y cultivos permanentes. Los cultivos predominantes son: alfalfa, tuna, maíz amiláceo y papa. Asimismo, se pueden encontrar cultivos como la cebolla, ajos, maíz choclo y frutales como manzano y melocotonero.

El principal destino de la producción agrícola es el mercado interno. Para autoconsumo el principal cultivo es la alfalfa para el ganado.

### ***Terrenos con matorrales***

#### Matorral - vegetación escasa (Ma – Ve)

El estrato herbáceo está conformado por plantas estacionales. Entre estos matorrales se aprecian grandes espacios con escasa vegetación y sin cobertura vegetal, conformados por afloramientos líticos.

Esta asociación representa el 9,48 % del área estudiada. El tipo de vegetación matorral se caracteriza por encontrarse en el lecho de la quebrada Huayrondo y está conformada por arbustos, algunos de ellos caducifolios, adaptados a condiciones de aridez.

Las condiciones extremas del clima han condicionado la presencia de una vegetación de tipo xerofítico, conformada básicamente por asociaciones arbustivas salpicadas de cactáceas columnares, las cuales se encuentran mayormente dispersas sobre una cubierta de herbáceas de vida efímera. La mayoría de las especies son de porte bajo, creciendo generalmente hasta los 2 m de altura.

La composición florística de estos matorrales es poco diversificada. Las especies más comunes que tipifican a esta asociación, en ciertos sectores de las riberas del río Chili y la quebrada Huayrondo, son “yara” *Prosopis sp.*, “sauce” *Salix sp.* y “molle” *Schinus molle*.

Las especies económicamente aprovechables de esta asociación lo constituyen el “molle”, cuya madera se usa en artesanía y leña, y tiene frutos comestibles, aceites esenciales y, uso medicinal; y “yara”, para leña, carbón, forrajes y construcciones rurales.

### ***Terrenos sin uso y/o improductivos***

El 90% del área estudiada se enmarca en esta categoría. Esta cobertura discontinua está conformada básicamente por franjas desprovistas de vegetación por sectores, alternadas con alguna vegetación rala de cactáceas, arbustos xerofíticos y gramíneas efímeras. Dentro de esta unidad existen las siguientes subcategorías:

#### Sin vegetación (SV)

El 25% del área comprende esta unidad. Aplica a las franjas desprovistas de vegetación conspicua conformada por afloramientos rocosos o con arenas. No se consideran como áreas desprovistas totalmente de vegetación, ya que aun estos hábitats mantienen comunidades de flora y fauna en pequeña escala. Durante el trabajo de campo se observó la presencia de especies características de las asociaciones adyacentes.

Se ha incluido dentro de esta clase, aquellas tierras donde afloran superficialmente los mantos rocosos de naturaleza litológica diversa (rocas sedimentarias, intrusivas, entre otros).

Estas áreas se localizan en las zonas con afloramientos líticos y suelos muy superficiales con pendientes extremadamente empinadas. En algunas áreas se observan formaciones vegetales de baja cobertura.

#### *Vegetación escasa - Sin Vegetación (Ve - SV)*

Representa el 38% del área estudiada. Aplica a las franjas con presencia de una cobertura vegetal escasa en una proporción de 70% y alternada con áreas desprovistas de vegetación en un 30%. Se encuentran ubicadas en la zona de gran presencia de rocas con pendientes muy a extremadamente empinadas.

La vegetación escasa, considera áreas desprovistas de vegetación que alternan con una cobertura vegetal ocasional o rara, es decir, la abundancia es menor de 1%. Presentan comunidades de flora en pequeña escala. Durante el trabajo de campo se observó que presentaban especies arbustivas xerofíticas y gramíneas secas.

#### *Sin Vegetación - Vegetación escasa (SV - Ve)*

Comprende el 27% del área estudiada. Aplica a las franjas desprovistas de vegetación con presencia de una cobertura vegetal escasa, ubicadas en la zona de gran presencia de rocas. El área está cubierta por afloramientos líticos con pendientes muy a extremadamente empinadas.

### **3.2.8 Agua superficial**

#### **3.2.8.1 Hidrografía**

La caracterización hidrográfica de la cuenca de la quebrada Huayrondo, tiene por objetivo determinar los parámetros fisiográficos de relevancia en su respuesta hidrológica a fin de contar con un conocimiento básico de la unidad de drenaje. La cuenca Huayrondo limita por el norte con el río Chili, por el sur con las cuencas de las quebradas Linga, y San José, por el este con la cuenca de Siete Vueltas, y por el oeste con las cuencas de Cerro Verde, Tinajones y Enlozada (Figura 3.13).

El análisis hidrográfico se realizó en la parte no alterada de la cuenca Huayrondo por las actividades mineras (Figura 3.13). Estas actividades involucran el desarrollo de los tajos, los depósitos de material estéril, y las pilas de lixiviación. El drenaje natural de la quebrada Huayrondo en su parte alta ha recibido modificaciones por la empresa estatal Minero Perú desde 1976 (PAMA, 1996).

La cuenca se caracteriza por permanecer seca durante la mayor parte del año, presentando escorrentías o descargas efímeras de lluvia y de muy bajo caudal, sólo durante eventos inusuales de tormenta. La quebrada es tributaria del río Chili, cuya cuenca drena al océano Pacífico.

La cuenca de la quebrada Huayrondo tiene una extensión de 45,93 km<sup>2</sup>. El área de la zona no alterada físicamente es de 26,52 km<sup>2</sup>, y el área de la zona físicamente perturbada más la cabecera de cuenca que no presenta intervención es de 19,41 km<sup>2</sup>. Esta quebrada nace sobre aproximadamente los 2 900 m de altitud en la divisoria de aguas originada por los cerros entre quebrada Huayrondo y Linga hasta una altitud de 2 140 en el río Chili. La pendiente de la cuenca Huayrondo no alterada por las actividades mineras es de 6,4% desde la parte alta hasta su confluencia con el río Chili (Figura 3.14).

El modelo de drenaje es el dendrítico. Las quebradas tienen una dirección radial hacia el norte que parten del perímetro de la mina, desembocando directamente en la cuenca del río Chili.

La quebrada Huayrondo presenta escurrimiento de soluciones en la parte intermedia alta, originada por las filtraciones de las plataformas de lixiviación existentes que datan de la época de Cyprus 1994 (PAMA, 1996). Por esta razón, ya identificada y descrita en el PAMA de SMCV de 1996, se construyó en 1997 una presa de control en la quebrada Huayrondo localizada 5 km aguas abajo de la mina. Esta presa tuvo como objetivo controlar, recolectar y almacenar las filtraciones y derrames de soluciones procedentes de la zona de chancado y las plataformas de lixiviación (PAMA, 1996). Esta presa fue mejorada en sus aspectos operacionales en 2007 a fin de evitar la afectación de la napa freática localizada “aguas abajo” de las instalaciones.

### **3.2.8.2 Hidrología**

El estudio utiliza la información de estaciones meteorológicas e hidrológicas de áreas cercanas al Proyecto PAD 4B.

Los objetivos de la evaluación hidrológica se presentan a continuación:

- Caracterizar fisiográficamente las cuencas del Proyecto PAD 4B y determinar los parámetros que pueden condicionar su respuesta hidrológica.
- Caracterizar el régimen hidrometeorológico en la zona del Proyecto PAD 4B a partir del registro y recopilación de información histórica en estaciones pluviométricas representativas del lugar.

- Caracterizar las descargas de los cursos principales en la cuenca.

### ***Información básica***

#### Cartografía y topografía

Para el desarrollo del presente trabajo se ha recopilado información cartográfica a escalas 1:100 000 correspondiente a las hojas 33-s, 33-t, 34-s y 34-t de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

#### Registro de datos históricos

La información hidrometeorológica básica proviene del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI) incluida en el Anexo D.

### ***Caracterización fisiográfica del ámbito del proyecto***

La caracterización fisiográfica del área de estudio del proyecto (Figura 3.13) dentro de la cuenca Huayrondo tiene por objetivo determinar los parámetros fisiográficos de relevancia en su respuesta hidrológica. Para esta caracterización se emplearon dos puntos referenciales, el punto de interés 1 que coincide con el emplazamiento de la Presa Huayrondo y el punto de interés 2 que se ubica en la confluencia de la quebrada Huayrondo con el río Chili (Figura 3.13). Cabe mencionar que los cálculos que siguen son acumulativos para el punto de interés 2, el cual incluye también el área de interés del punto 1.

#### Cuenca Huayrondo hasta Presa Huayrondo (punto de interés 1)

El área de estudio de la cuenca de la quebrada Huayrondo hasta la Presa Huayrondo nace a los 2 880 m de altitud, en la línea divisoria con la cuenca de la quebrada Siete Vueltas. Se orienta hacia la dirección noroeste. Hasta el punto de interés 1, tiene un área de drenaje de 8,09 km<sup>2</sup> y una pendiente media de cuenca de 27,82%. El curso principal de la cuenca de la quebrada Huayrondo tiene una longitud de 4,6 km y una pendiente de 7,6%. El factor de forma de la cuenca es de 0,38 y el coeficiente de compacidad es 1,65, esto indica que la respuesta de la cuenca frente al escurrimiento es rápida. El Cuadro 3.4 muestra los principales parámetros geomorfológicos de la cuenca.



**Cuadro 3.4**  
**Parámetros geomorfológicos de la cuenca hasta Presa Huayrondo**  
**(punto interés 1)**

Área de drenaje	8,09	km <sup>2</sup>
Perímetro	16,70	km
Pendiente Media	27,82	%
Altitud Máxima	2880	m
Altitud Mínima	2530	m
Altitud Media	2705	m
Longitud cauce	4594,40	m
Pendiente del cauce principal	7,6	%
Coefficiente de Compacidad	1,65	adimensional
Factor de Forma	0,38	adimensional

Cuenca Huayrondo hasta confluencia con río Chili (punto de interés 2)

La cuenca de la quebrada Huayrondo nace a los 2 880 m de altitud en la línea divisoria con la cuenca de la quebrada Siete Vueltas. Se orienta hacia la dirección noroeste. Hasta su confluencia con el río Chili (punto de interés 2) tiene un área de drenaje de 26,52 km<sup>2</sup> y una pendiente media de cuenca de 36,21%. El curso principal de la cuenca de la quebrada Huayrondo tiene una longitud de 12,7 km y una pendiente de 5,8%. El factor de forma de la cuenca es de 0,17 y el coeficiente de compacidad es 1,72, esto indica que la respuesta de la cuenca frente al escurrimiento es rápida. El Cuadro 3.5 muestra los principales parámetros geomorfológicos de la cuenca.

**Cuadro 3.5**  
**Parámetros geomorfológicos de la cuenca hasta la confluencia**  
**con el río Chili (punto de interés 2)**

Área de drenaje	26,52	km <sup>2</sup>
Perímetro	31,6	km
Pendiente Media	36,21	%
Altitud Máxima	2880	m
Altitud Mínima	2140	m
Altitud Media	2510	m
Longitud cauce	12,7	km
Pendiente del cauce principal	5,8	%
Coefficiente de Compacidad	1,72	adimensional
Factor de Forma	0,17	adimensional

### ***Régimen pluviométrico***

La caracterización pluviométrica tiene por objeto describir el patrón de las lluvias en el ámbito de la cuenca. El análisis de los registros históricos de estaciones hidrometeorológicas cercanas, el conocimiento de la hidrología regional y la apreciación obtenida en las visitas de campo permiten estimar las precipitaciones representativas en la zona del proyecto y su variación temporal y espacial.

La ubicación, serie de los registros y fuente de los datos de las estaciones pluviométricas analizadas en el presente estudio se muestran en el Anexo D. Cada serie de datos de precipitación de las estaciones consideradas han sido sujetas a control de calidad de los datos en tres etapas: observación, correlaciones para completar datos faltantes y análisis de información a fin de detectar registros dudosos.

La información de la estación Socabaya fue obtenida del SENAMHI. Para la estación de Socabaya se tiene data para el período 1966 – 2004. Los valores máximos fueron afectados por un factor de corrección de 1,13 (WMO, 1973).

El valor de los factores y parámetros de cálculo se muestran en el Anexo D y en el Cuadro 3.6 se presentan los datos históricos de máximas precipitaciones de 24 horas.

**Cuadro 3.6**  
**Máxima precipitación histórica de 24 horas**

<b>Estación</b>	<b>Precipitación máxima en 24 horas (mm)</b>	<b>Fecha</b>
Socabaya	44,0	febrero 1984

La información histórica de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación fue ajustada a la distribución estadística de Valor Extremo Tipo I (Gumbel) para estimar las precipitaciones máximas de 24 horas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años. Se utilizaron los datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Socabaya para determinar valores de tormentas para diversos períodos de retorno. Los valores obtenidos para la estación Socabaya se presentan en el Cuadro 3.7

**Cuadro 3.7**  
**Precipitaciones máximas de 24 horas para cada período de retorno en años**  
**Estación Socabaya**

<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>Precipitación máx. 24 horas (mm)</b>
2	14,09
5	24,04
10	30,63
25	38,96
50	45,13
100	51,26
200	57,37
500	65,42
1000	71,51

Se calculó la Precipitación Máxima Probable (PMP) siguiendo la metodología estadística propuesta por Hershfield (1960). Este método permite realizar estimaciones rápidas de la PMP para cuencas no mayores de 1 000 km<sup>2</sup> con datos de precipitaciones máximas de 24 horas. Aplicando esta metodología se obtuvo el valor de 230,7 mm en la estación Socabaya. Los datos históricos, el valor de los factores y los parámetros de cálculo se muestran en el Anexo D.

***Régimen de descargas***

La caracterización del régimen de descargas tiene por objetivo describir el patrón hidrológico de los cursos de agua principales durante las escasas precipitaciones en el área de estudio.

Para fines de evaluación de posibles impactos ambientales, se han seleccionado los puntos del Cuadro 3.8, donde adicionalmente se menciona la extensión de las áreas de estudio en la cuenca. Cabe mencionar que la contribución calculada para el punto de interés 2 incluye también el área de interés del punto 1

**Cuadro 3.8**  
**Puntos de interés y áreas de contribución**

<b>Punto de interés</b>	<b>Curso</b>	<b>Área de cuenca aportante (km<sup>2</sup>)</b>
1	Quebrada Huayrondo hasta el punto de interés 1	8,09
2	Quebrada Huayrondo hasta el punto de interés 2	26,52

### ***Escorrentía anual***

Debido a que no se cuenta con información hidrométrica ni registros de aforos por la escasez de escorrentías y para hacer descripciones consistentes, se realizó con fines comparativos la estimación de la escorrentía anual media empleando la metodología del balance hídrico a nivel global.

La metodología del balance hídrico permite estimar la escorrentía superficial anual media como la diferencia entre la precipitación anual media y la evapotranspiración anual media. La metodología empleada se resume en la siguiente expresión:

$$ES = P - ET$$

Donde:

- ES: Escorrentía Superficial Anual (mm)
- P: Precipitación Anual (mm)
- ET: Evapotranspiración Potencial Anual (mm)

Para la quebrada Huayrondo, los valores de precipitación anual (P) fueron obtenidos de la curva Precipitación – Altitud de las estaciones cercanas al proyecto (Anexo D). Dicha relación presenta un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) igual a 0,946 y está dada por:

$$P \text{ media anual} = 0,1707 \times \text{Altitud} - 327,45$$

Para la altitud promedio de 2 705 m de la cuenca de la quebrada Huayrondo hasta la Presa Huayrondo (punto de interés 1) se obtiene una Precipitación Media anual de 134,1 mm y para la cuenca de la quebrada Huayrondo hasta la confluencia con el río Chili (punto de interés 2), con una altitud promedio de 2 510 m, se obtiene una Precipitación Media anual de 97,7 mm.

Referente a los valores de evapotranspiración total anual (ET), éstos son estimados mediante el Método de Turc en función de la temperatura media anual (Anexo D). La temperatura media anual para la zona se obtuvo de la estación climatológica Cerro Verde Sur operada por SMCV. Los resultados se muestran en el Cuadro 3.9.

**Cuadro 3.9**  
**Cálculo de caudal medio anual mediante balance hídrico**

<b>Punto</b>	<b>Área de estudio</b>	<b>Precipitación total anual (mm)</b>	<b>Evapotranspiración total anual (mm)</b>	<b>Escorrentía total anual (mm)</b>
1	Quebrada Huayrondo hasta Presa Huayrondo (punto interés 1)	134,1	139,4	0,0
2	Quebrada Huayrondo hasta el río Chili (punto interés 2)	97,7	102,2	0,0

Se observa que la evapotranspiración total anual es mayor que la precipitación total anual, por lo tanto, se puede inferir que en base a los promedios anuales no existen caudales de escorrentía en la quebrada Huayrondo, siendo una quebrada seca.

#### **Caudales máximos instantáneos**

Los caudales máximos instantáneos para la quebrada Huayrondo, han sido estimados en función de la precipitación máxima en 24 horas representativa para las áreas de contribución.

Para tal fin se utilizó el modelo de simulación Hidrológica HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (US Corps of Engineers). El Modelo HEC-HMS estima los hidrogramas que se producirían ante la ocurrencia de una tormenta determinada en función de los hietogramas correspondientes.

La transformación del hietograma ha sido realizada empleando la metodología del Hidrograma Unitario. El cálculo de la infiltración ha sido realizado empleando el método del número de la curva del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS). Utilizando este método, se ha adoptado para las áreas en estudio de la cuenca Huayrondo el número de curva 86, en base a una distribución de tormenta tipo I del SCS, recomendada para cuencas de la vertiente del Pacífico. Las tormentas empleadas corresponden a precipitaciones máximas de 24 horas de duración para 25, 50, 100, 500 y 1000 años de período de retorno, ajustadas con la distribución Gumbel y con la precipitación máxima probable.

En el Cuadro 3.10 se muestran los caudales pico estimados para diferentes períodos de retorno.

**Cuadro 3.10**  
**Caudales máximos instantáneos para diferentes períodos de retorno (m<sup>3</sup>/s)**  
**Estación Socabaya**

<b>Punto</b>	<b>Curso</b>	<b>2 años</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>25 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>	<b>500 años</b>	<b>1000 años</b>	<b>PMP años</b>
1	Quebrada Huayrondo hasta la Presa Huayrondo (punto de interés 1)	0,14	1,94	5,02	9,87	13,92	18,22	29,21	34,2	176,11
2	Quebrada Huayrondo hasta el río Chili (punto de interés 2)	0,45	4,22	10,05	19,66	27,87	36,62	58,43	68,3	350,76

***Influencia de la Presa Huayrondo en los Caudales (tramo aguas abajo)***

De acuerdo con el análisis de escorrentía anual, la evapotranspiración media de la cuenca es mayor que la precipitación anual, indicando que la quebrada Huayrondo presenta condiciones de escorrentía nula durante la mayor parte del año.

Durante las épocas de escasa precipitación y sus consecuentes avenidas, los flujos aguas abajo de la presa dependerán del volumen de agua contenida dentro del embalse y del volumen de agua transportada por la crecida. La Presa Huayrondo tiene una capacidad de almacenamiento de 9 990 m<sup>3</sup> hasta la cota del vertedero.

En el Cuadro 3.11 se muestran los volúmenes de agua correspondientes a avenidas de diferentes períodos de retorno que llegarían a la Presa Huayrondo

**Cuadro 3.11**  
**Volúmenes de avenidas para diferentes períodos de retorno (valores x 1 000 m<sup>3</sup>)**  
**Estación Socabaya**

<b>Punto</b>	<b>Curso</b>	<b>2 años</b>	<b>5 años</b>	<b>10 años</b>	<b>25 años</b>	<b>50 años</b>	<b>100 años</b>	<b>500 años</b>	<b>1000 años</b>	<b>PMP años</b>
1	Quebrada Huayrondo hasta la Presa Huayrondo (punto de interés 1)	5,6	34,64	62,63	104,55	139,04	175,51	265,86	306,69	1507,97

De acuerdo al presente cuadro, es probable que las avenidas de pequeña magnitud (para precipitaciones de 2 años de período de retorno) sean retenidas dentro del almacenamiento de la Presa Huayrondo, sin embargo para avenidas de mayor magnitud éstas provocarían escorrentías de agua de lluvia por el vertedero de demasías.

### **3.2.8.3 Calidad del agua superficial**

La cuenca Huayrondo se caracteriza por permanecer seca durante la mayor parte del tiempo, sin embargo, debido a que dicha quebrada es tributaria del río Chili, se realizó un muestreo en el río con el objetivo de describir de forma referencial el cuerpo de agua.

El trabajo comprendió la evaluación del río Chili en el tramo aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), en el tramo intermedio entre el río Mollebaya (Postrerío) y la parte baja de la quebrada Huayrondo, y aguas abajo de esta quebrada (Figura 3.15). También se realizó una revisión de la data histórica con que se cuenta para el río Chili, acumulada durante casi cuatro años de monitoreo de SMCV.

Las muestras fueron analizadas por laboratorios acreditados por INDECOPI (ALS Laboratory Group y por Corporación de Laboratorios Ambientales - CORPLAB). El trabajo finalizó con el procesamiento de la información generada en estos trabajos de campo y de los reportes del laboratorio, analizando y evaluando, en forma referencial, los valores obtenidos de acuerdo con los estándares nacionales vigentes para calidad de agua (Ley General de Aguas, sus reglamentos y modificatorias, y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua del Ministerio del Ambiente - MINAM).

Es importante notar que los estándares de calidad de agua de la Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752) y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua del Ministerio del Ambiente, son citados en esta sección únicamente como referencia con el objeto de esclarecer que su análisis ha sido considerado y que como resultado del mismo se ha determinado que no aplica a las actividades del Proyecto PAD 4B o sus supuestos están fuera de los alcances de dichas actividades materia del presente EIA. En consecuencia, no obstante que dichos estándares no son aplicables, es factible que puedan ser citados para establecer una comparación con zonas o circunstancias ajenas a las actividades del Proyecto PAD 4B en estudio, como información complementaria.

### ***Metodología***

Debido a la ausencia de agua superficial permanente en la quebrada Huayrondo, se estableció como área de estudio de agua superficial al río Chili y su tributario el río Mollebaya (Postrerío), localizado en las inmediaciones de la desembocadura de la quebrada Huayrondo. Con fines de análisis, se definieron las siguientes zonas de estudio:

- Río Mollebaya (Postrerío): Se establecieron los puntos de muestreo M-31 y M-32, antes de la confluencia con el río Chili.

- Río Chili: Se estableció el punto de muestreo M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío).
- Río Chili: Se estableció el punto de muestreo M-34, aguas debajo de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), antes de la quebrada Huayrondo.
- Río Chili: Se establecieron los puntos de muestreo M-22, M-35 y M-19, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo.

La evaluación incluye una revisión de la información histórica de calidad de agua en la zona, la cual corresponde a la data registrada en dos estaciones de monitoreo en el río Chili (M-19 y M-22) durante el período 2005 hasta el año 2008. Todas las estaciones de muestreo se presentan en la Tabla 3.38, y en la Figura 3.15. Asimismo, en el Anexo E-I se muestra los resultados de laboratorio de los puntos de muestreo del mes de abril de 2008.

Para la selección de la ubicación de las estaciones de muestreo, se tomaron en cuenta los protocolos y guías oficiales aprobadas por el MINEM, así como guías internacionales de referencia (EPA, OMS, UNEP).

Las muestras se analizaron en los laboratorios ALS Laboratory Group (ALS) y Corporación de Laboratorios Ambientales (CORPLAB), los cuales se encuentran acreditados por INDECOPI, además de contar con otras certificaciones internacionales y certificaciones ISO. Estos laboratorios cuentan con reconocidos programas estándar de control y aseguramiento de la calidad mediante duplicados en laboratorio, adiciones y blancos.

Los ensayos de laboratorio se realizaron siguiendo los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Desagües de la American Public Health Association (APHA, 2005) como instrumento principal, complementándose con los métodos (Test Methods) de la Environmental Protection Agency (USEPA, 2003).

La data obtenida se procesó mediante técnicas estadísticas y gráficas, para generar información de calidad de agua con la verificación, consistencia y oportunidad necesaria para interpretar los resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos del estudio.

En cada sección el análisis de resultados se realizó agrupándolos según sus características fisicoquímicas comunes, tales como parámetros de campo, parámetros fisicoquímicos, elementos mayoritarios, metales totales y disueltos, parámetros bacteriológicos y DBO. En forma referencial, el análisis se realizó destacando aquellos resultados que por su orden de magnitud representan una discrepancia con las concentraciones naturales esperadas, un nivel



de riesgo ambiental o un valor discordante con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos tanto por la Ley General de Aguas (LGA) como por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

El análisis de resultados incluyó la evaluación de los valores medidos en campo y concentraciones reportadas por los laboratorios, respecto de los parámetros que cuentan con ECA establecidos por la LGA para la clase III (aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales), y respecto de los parámetros regulados por los ECA establecidos por el MINAM, para la categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales). Para el caso del ECA de la LGA, se destaca que los valores establecidos para nitratos y níquel son excesivamente rigurosos en comparación con los de otras jurisdicciones y organismos internacionales, tal como lo reconocen el Ministerio de Salud y el Ministerio de Energía y Minas, por lo que se consideran como no apropiados y que requieren revisión (MINEM, 2007).

De esta manera se logra interpretar los resultados obtenidos a partir del trabajo de campo, ensayos de laboratorio/análisis y procesamiento de data, para conocer las características, composición y comportamiento general de la calidad de los cuerpos de agua superficial en el ámbito de influencia del proyecto.

### ***Resultados***

A continuación se muestra el análisis los resultados de calidad de agua obtenidos en el río Chili y su tributario, el río Mollebaya (Postrerío), respecto a los ECA de la LGA y a los recientemente promulgados ECA del MINAM. En la Tabla 3.39 se presentan los resultados consolidados, para los principales parámetros evaluados.

### ***Evaluación del río Chili y de su tributario el río Mollebaya (Postrerío)***

#### Parámetros de campo

El pH medido en M-33 (río Chili), aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indica un valor neutro con 7,41; luego se recibe el aporte del río Mollebaya, con aguas con tendencia básica (rango de 8,39 y 8,5). La tendencia en el río Chili se mantiene en el tramo intermedio (M-34), donde se reportó un valor de 7,38. Aguas abajo de la quebrada Huayrondo el pH también se mantiene neutro (Tabla 3.39). Se destaca que en todos los casos se cumple el ECA establecido por el MINAM (6,5 a 8,5), como se aprecia en el Gráfico 3.29.

La conductividad eléctrica (CE) medida en M-33 (río Chili), aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicó un valor de 730  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; luego se recibe el aporte del río Mollebaya, donde se registraron valores elevados (rango de 3 060 y 3 030  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En el tramo intermedio (M-34) se reportó un valor de CE de 778  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Aguas abajo de la quebrada Huayrondo la CE reportó valores similares (Tabla 3.39). Los resultados obtenidos para M-31 y M-32 (río Mollebaya) superan el ECA establecido por el MINAM para la categoría 3 (2 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que indica elevadas concentraciones de sales y minerales disueltos (Gráfico 3.30).

El oxígeno disuelto (OD) medido en M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicó un valor de 6,47 mg/l; luego se recibe el aporte del río Mollebaya, en donde se registraron valores en un rango de 5,94 mg/l y 6,49 mg/l. Los niveles se mantuvieron similares en el tramo intermedio (M-34). Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, el OD reportó valores similares (Tabla 3.39). Todos los valores cumplen los ECA de la LGA para la clase III (3,0 mg/l) y los ECA del MINAM para las categoría 3 (4,0 mg/l y 5,0 mg/l), lo que indica buenas condiciones aerobias (Gráfico 3.31).

#### Parámetros fisicoquímicos generales

La dureza total medida en M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicó un valor de 143 mg/l. El agua del río Mollebaya registra valores de dureza de 854 mg/l en M-31 y de 824 mg/l en M-32 (aguas excesivamente duras). Los resultados después de la confluencia de ambos ríos mostraron una tendencia similar al río Chili (153 mg/l). Aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Huayrondo la dureza reportó valores similares (Tabla 3.39). Estos valores indican la presencia de aguas duras, como se aprecia en el Gráfico 3.32.

Los valores de la alcalinidad total medida en M-33 indicaron una concentración de 195 mg/l; y su tributario el río Mollebaya (Postrerío) presenta un rango de valores de alcalinidad de 320 mg/l a 306 mg/l. La alcalinidad del río Chili en el tramo intermedio (M-34) reportó una tendencia similar a la del río Chili (189 mg/l). Asimismo, aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Huayrondo se presentaron valores de alcalinidad similares (Tabla 3.39). Estos valores indican que en el río Chili existe la predominancia de bicarbonatos y muy baja presencia de elementos como sulfatos, cloruros y nitratos, mientras que en el río Mollebaya el comportamiento es inverso, con predominancia de los compuestos no carbonatados.

Los valores de sólidos suspendidos totales (STS) medidos en M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicaron un valor de 111 mg/l; luego se recibe el aporte del río Mollebaya, de bajas concentraciones de STS (9,0 mg/l). Los niveles de STS siguieron la tendencia del río Chili (77 mg/l). Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, los valores de STS reportaron concentraciones similares a las de aguas arriba (Gráfico 3.33).

En correspondencia con los valores de CE, los sólidos totales disueltos (STD) registrados en M-33, indicaron un valor de 552 mg/l. El río Mollebaya (Postrerío) presentó elevadas concentraciones (entre 2 076 mg/l y 2 108 mg/l). En el tramo intermedio, las concentraciones de STD se mantuvieron similares a los valores del tramo aguas arriba de río Chili. Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, los STD reportaron concentraciones similares (Tabla 3.39). Esto indica que en el río Chili existe una moderada presencia de sales y minerales disueltos, mientras que en el río Mollebaya se refleja una elevada presencia de estos compuestos. En todos los casos predomina la fracción disuelta.

Los nitratos medidos en el río Chili, tramo aguas arriba, indicaron una concentración de 0,07 mg/l; mientras que en el río Mollebaya (Postrerío) se registraron concentraciones que varían en un rango de (5,33 y 6,48 mg/l). En el tramo intermedio se reportó un valor de 0,02 mg/l y en el tramo de aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo se reportaron valores que varían entre 0,04 mg/l (M-35) y 1,84 mg/l (M-19). Los resultados obedecen a la descarga eventual de aguas de retorno de regadío.

Con respecto a las sustancias fisicoquímicas con riesgo potencial evaluadas en ambas temporadas, no se ha detectado la presencia de cianuro WAD ni de sulfuros, cumpliendo tanto el ECA de la LGA para la clase III como el ECA del MINAM para la categoría 3.

#### Compuestos mayoritarios

El catión calcio registrado aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicó un valor de 27,1 mg/l. En aguas del aporte del río Mollebaya las concentraciones del catión calcio son más altas (entre 82,1 mg/l y 183,8 mg/l). En el río Chili (tramo intermedio) se reportó un valor de ión calcio de 28,2 mg/l. Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo se mantuvo la misma tendencia (Tabla 3.39). Todos los valores reportados cumplen el ECA del MINAM para la categoría 3 (200 mg/l).

A lo largo del río Chili, el anión del sulfato registrado en M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicó una concentración de 46,4 mg/l; en el tramo intermedio M-34 reportó un valor de 35,6 mg/l, y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo los sulfatos registraron valores entre 43,2 y 76,8 mg/l. Con respecto al Mollebaya, éste aporta al río Chili valores de sulfatos entre un rango de 500,6 y 505,3 mg/l, estos resultados superaron el ECA del MINAM para la categoría 3 (300 - 500 mg/l).

Otro anión que presenta concentraciones significativas en el río Chili es el cloruro. Se presentaron valores de 76,2 mg/l (M-33) aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío). Los niveles se mantuvieron en el mismo orden en el tramo intermedio y aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo (Tabla 3.39). Los valores medidos en el río Mollebaya superan el rango inferior del ECA del MINAM para la categoría 3 (100 - 700 mg/l), donde se encontraron concentraciones de 521,5 mg/l y 516,8 mg/l (M-31 y M-32, respectivamente).

En general los compuestos mayoritarios se presentan en el ambiente natural en elevadas concentraciones. La variación de estos elementos depende de la composición fisicoquímica de los suelos por donde discurren las aguas, y su mayor o menor concentración depende directamente de la disolución de los minerales presentes. En el caso del río Mollebaya (Postrerío), éste presenta una gran cantidad de minerales disueltos en comparación con el río Chili, sin embargo, el caudal que aporta al río Chili es bastante menor, por lo que la mezcla aguas abajo no refleja variaciones sustanciales.

#### Metales totales y disueltos

El cadmio total registró para todos los casos valores por debajo de los límites de detección, por lo que estos valores no fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (ECAs) (Gráfico 3.34).

El cromo total registró para todos los casos valores por debajo de los límites de detección, manteniéndose siempre bajo el ECA de la LGA para la clase III (1,0 mg/l), como se aprecia en el Gráfico 3.35.

El níquel total registró para todos los casos valores por debajo de los límites de detección. No se evidencia el cumplimiento del ECA de la LGA para la clase III (0,002 mg/l), por lo que los valores no fueron comparados con dicho estándar, sin embargo, sí se verifica que se cumple el ECA del MINAM para la categoría 3 (0,2 mg/l), como se aprecia en el Gráfico 3.36.

El cobre total presentó resultados que cumplen con el ECA de la LGA para la clase III (0,5 mg/l) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (0,2 mg/l y 0,5 mg/l), como se aprecia en el Gráfico 3.37.

Con respecto al plomo total, en todas las estaciones se registraron valores por debajo de los límites de detección. Si bien se cumple el ECA de la LGA para la clase III (0,1 mg/l), no es posible verificar el cumplimiento del ECA del MINAM para la categoría 3 (0,05 mg/l), debido a la interferencia de sólidos disueltos (Gráfico 3.38).

El zinc total medido se encontró en todos los casos por debajo del ECA de la LGA para la clase III (25 mg/l) y del ECA del MINAM para la categoría 3 (2,0 mg/l y 24 mg/l), como se aprecia en el Gráfico 3.39.

En relación al arsénico total, en todas las estaciones se registraron valores por debajo de los límites de detección, únicamente la estación M-19 (aguas abajo de la confluencia de la quebrada Huayrondo con el río Chili) reflejó una baja presencia del compuesto, con 0,0219 mg/l. Por lo tanto, en ninguno de los casos las concentraciones superaron el ECA de la LGA para la clase III (0,2 mg/l), sin embargo, no se puede realizar las comparaciones con las otras estaciones debido a la interferencia de sólidos disueltos; de la misma manera, esta interferencia impide verificar el cumplimiento del ECA del MINAM para la categoría 3 (0,05 mg/l y 0,1 mg/l), como se aprecia en el Gráfico 3.40.

El hierro total, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío) se encuentra por debajo del ECA del MINAM para la categoría 3 (1,0 mg/l), de la misma forma, la concentración de hierro en el río presenta niveles por debajo del estándar. En los puntos aguas abajo de la confluencia de la quebrada Huayrondo, (M-19 y M-35) registraron valores mayores al ECA (Gráfico 3.41).

#### Parámetros bacteriológicos y DBO

La presencia de coliformes totales es bastante elevada en el río Chili, lo cual comprueba que éste se encuentra altamente contaminado con coliformes totales antes y después de la confluencia con la quebrada Huayrondo. Los resultados obtenidos de la estación M-33, aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío), indicaron una concentración de  $3,50 \times 10^7$  NMP/100 ml; luego se recibe el aporte del río Mollebaya (con valores más reducidos, de  $2,30 \times 10^3$  NMP/100 ml para M-31 y  $2,20 \times 10^3$  NMP/100 ml para M-32). Los niveles se mantienen similares en el tramo intermedio (M-34). Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, el río Chili mantiene el mismo orden de concentración. Los puntos de

muestreo del río Mollebaya (M-31 y M-32) cumplieron con el ECA de la LGA para la clase III ( $5 \times 10^3$  NMP/100 ml) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (rango de  $3 \times 10^3$  NMP/100 ml y  $5 \times 10^3$  NMP/100 ml). Todas las estaciones ubicadas en el río Chili superan ampliamente estos estándares (Gráfico 3.42). Los valores reportados indican la influencia de la descarga de aguas residuales de tipo doméstico sin tratamiento, en tramos aguas arriba del sistema que se ha evaluado, de manera tal que la concentración en el río Chili alcanza niveles similares a los que se encuentran en un desagüe crudo.

Los coliformes fecales tienen similar comportamiento al de los coliformes totales. Los resultados obtenidos en la estación aguas arriba de la confluencia con el río Mollebaya (Postrerío) reportaron una concentración de  $2,20 \times 10^7$  NMP/100 ml; luego se recibe el aporte del río Mollebaya (con valores menores a  $1,30 \times 10^3$  NMP/100 ml para M-31 y  $7,90 \times 10^2$  NMP/100 ml para M-32). Los niveles se mantuvieron similares a las concentraciones antes de la confluencia con el río Mollebaya, por lo que en el tramo intermedio, en la estación M-34 se reportó un valor de  $4,90 \times 10^6$  NMP/100 ml. Aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, se mantiene el mismo orden de concentración. Los resultados encontrados en el río Chili superaron por un elevado margen los ECA de la LGA y los ECA del MINAM, según se observa en el Gráfico 3.43. Al igual que en el caso anterior, estos valores reflejan la influencia de la descarga de efluentes domésticos sin tratamiento, lo que representa condiciones sanitarias críticas en caso de utilizarse las aguas para el riego de vegetales de consumo crudo.

Con respecto a la presencia de materia orgánica expresada como DBO, los resultados en todos los puntos de muestreo del río Chili indicaron concentraciones mayor al ECA de la LGA para la clase III (15 mg/l) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (15 mg/l). Por otro lado, las muestras obtenidas en el río Mollebaya (Postrerío) cumplen el ECA de la LGA para clase III y del MINAM para la categoría 3. Estos valores también reflejan la influencia del aporte al río Chili de efluentes domésticos sin tratamiento, los cuales hacen disminuir los niveles de oxígeno disuelto drásticamente; asimismo, genera condiciones que promueven riesgos para la salud ambiental (Gráfico 3.44).

### ***Evaluación de data histórica en el río Chili, aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Huayrondo (M-19 y M-22)***

Los resultados de la data histórica de calidad de agua en el río Chili, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huayrondo, se muestran gráficamente en el Anexo E-II.

Parámetros de campo

Los valores medios de la data histórica del pH medido en las dos estaciones tiene un comportamiento neutro (7,42 y 7,5 unidades), cumpliendo el ECA establecido por el MINAM (6,5 – 8,5 unidades). Se han registrado valores puntuales con tendencia ácida, en M-19 hasta 5,64 unidades y en M-22 hasta 3,85 unidades, ambos valores bajo el rango establecido por los ECA. Estos valores se interpretan como la ocurrencia de la descarga de efluentes de tipo industrial en tramos aguas arriba del que se ha evaluado y no relacionados a SMCV.

La conductividad eléctrica (CE) presentó históricamente valores ligeramente elevados respecto a condiciones naturales; las medias varían entre 616,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 810,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Si bien se han registrado valores mayores, los resultados se mantienen bajo el ECA establecido por el MINAM para la categoría 3 (2 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

El oxígeno disuelto (OD) medido presentó históricamente variaciones desde 3,6 mg/l a 5,68 mg/l. Si bien se cumple el ECA de la LGA para la clase III (3,0 mg/l), algunos valores no alcanzan a cumplir los ECA del MINAM para las categoría 3 (4,0 mg/l y 5,0 mg/l). Ocasionalmente se presentan muy bajas concentraciones, debido a que aguas arriba se produce el aporte de carga orgánica que consume el oxígeno disuelto.

Parámetros fisicoquímicos generales

Los valores medios de dureza total registrados indican una variación de 162,6 mg/l hasta 310,0 mg/l, reflejando aguas duras. Los valores medios de alcalinidad total registrados, variaron desde 122,5 mg/l hasta 123,85 mg/l, lo que en general indican la presencia de bicarbonatos y baja proporción del conjunto de elementos como sulfatos, cloruros y nitratos.

Los sólidos totales suspendidos (STS) registrados indican para los valores medios una concentración de 50 mg/l; se han registrado valores puntuales que alcanzan hasta 2 245 mg/l, que corresponde al arrastre de sólidos durante la temporada de lluvias. Los valores medios de sólidos totales disueltos (STD) variaron entre 219,5 mg/l y 462 mg/l, manteniendo una proporción congruente con los valores registrados de CE. Se resalta la predominancia de la fracción disuelta, excepto durante las temporadas de lluvias. Los registros de turbidez, hasta 610 UNT en M-19 para los eventos de mayor concentración de STS, reflejan el comportamiento estacional de este parámetro.

El nitrato registrado históricamente presenta para los valores medios una variación desde 0,1785 mg/l en M-22 hasta 0,7545 mg/l en M-19; si bien estos valores superan el ECA de la LGA para la clase III (0,1 mg/l), se cumple el ECA del MINAM para la categoría 3 (10 mg/l y 50 mg/l).

Con respecto a las sustancias fisicoquímicas con riesgo potencial evaluadas en ambas temporadas, no se ha detectado la presencia de cianuro WAD, en tanto que los valores medidos para detergentes (expresados como sustancias activas al azul de metileno - SAAM) son bajos, cumpliendo en ambos casos con los ECA de la LGA para la clase III y también con los ECA del MINAM para la categoría 3. Del mismo modo, los sulfuros registraron valores por debajo del límite de detección, cumpliendo el ECA del MINAM para la categoría 3.

#### Elementos mayoritarios

Con respecto a los compuestos mayoritarios, los resultados históricos indican para el catión del calcio total concentraciones de 131 mg/l (M-22) y un valor medio de 34,21 mg/l. Todos los valores reportados cumplen el ECA del MINAM para la categoría 3 (200 mg/l). Destaca también el anión sulfato, que alcanza hasta 181 mg/l en M-19, para un valor medio de 87,0 mg/l en la misma estación; en todos los casos los valores se mantienen bajo el ECA del MINAM para la categoría 3 (300 mg/l y 500 mg/l). Otro anión presente en cantidades significativas es el cloruro, que registró un valor máximo de 157 mg/l en M-19, para un valor medio de 77,6 mg/l en la misma estación. Los valores medidos superan ocasionalmente el rango inferior del ECA del MINAM para la categoría 3 (100 mg/l a 700 mg/l).

#### Metales totales y disueltos

El cadmio total registró valores que se encuentran por debajo del ECA de la LGA para la clase III (0,05 mg/l) y también cumplen el ECA del MINAM para la categoría 3 (0,005 mg/l y 0,01 mg/l). Asimismo, se considera que los valores puntuales elevados reflejan el aporte de efluentes de tipo industrial no asociados a SMCV en tramos aguas arriba al estudiado.

El cromo total registró valores que en general cumplen el ECA de la LGA para la clase III (1,0 mg/L).

El níquel total registró valores medios desde 0,0019 mg/l hasta 0,0029 mg/l, aunque se reportaron valores puntuales que alcanzan hasta 0,150 mg/l. De acuerdo con la LGA, se supera el ECA para la clase III (0,002 mg/l), aunque cumplen el ECA del MINAM para la categoría 3 (0,2 mg/l).



El cobre total registró valores que cumplen con el ECA de la LGA para la clase III (0,5 mg/l) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (0,2 mg/l y 0,5 mg/l), con excepción de eventuales valores elevados, que reflejan el aporte de efluentes de tipo industrial no asociados a SMCV en tramos aguas arriba del tramo evaluado.

Con respecto al plomo total, se registraron valores que se encuentran por debajo del ECA de la LGA para la clase III (0,1 mg/l), y del ECA del MINAM para la categoría 3 (0,05 mg/l). Asimismo, se aprecia un eventual aporte por efluentes de tipo industrial no asociados a SMCV en tramos aguas arriba.

Los registros históricos para el zinc total registraron valores que se encuentran por debajo del ECA de la LGA para la clase III (25 mg/l) y del ECA del MINAM para la categoría 3 (2,0 mg/l y 24 mg/l).

En relación al arsénico total, se registraron valores medios por debajo del ECA de la LGA para la clase III (0,2 mg/l) y por debajo del ECA del MINAM para la categoría 3 (0,05 mg/l y 0,1 mg/l), exceptuando registros puntuales (0,200 mg/l tanto en M-19 como en M-22).

El hierro total registró valores medios que cumplen el ECA para la categoría 3 (1,0 mg/l), excepto valores puntuales registrados, que reflejan probables descargas de aguas residuales de tipo industrial no asociados a SMCV en puntos aguas arriba del tramo evaluado.

Los metales como el selenio total y mercurio total se registraron en todos los casos, con valores medios bastante reducidos, cumpliendo en ambos casos el ECA de la LGA para la clase III y el ECA del MINAM para la categoría 3.

#### Parámetros bacteriológicos y DBO

La presencia de coliformes totales es elevada, superando en todos los casos el ECA de la LGA para la clase III ( $5 \times 10^3$  NMP/100 ml) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (rango entre  $5 \times 10^3$  NMP/100 ml y  $3 \times 10^3$  NMP/100 ml).

Los coliformes fecales también registraron elevadas concentraciones superando tanto el ECA de la LGA para la clase III ( $1 \times 10^3$  NMP/100 ml) y el ECA del MINAM para la categoría 3 ( $1 \times 10^3$  NMP/100 ml y  $2 \times 10^3$  NMP/100 ml). Estos valores indican la contaminación por agentes patógenos, que representan riesgos para la salud ambiental.

Con respecto a la presencia de materia orgánica expresada como DBO, los valores medios históricos obtenidos superaron el ECA de la LGA para la clase III (15 mg/l) y el ECA del MINAM para la categoría 3 (15 mg/l). Estos valores indican la afectación por descargas con elevado contenido de materia orgánica, que ocasionan desbalances muy marcados en los procesos bioquímicos que sustentan el ecosistema acuático.

### **3.2.9 Hidrogeología**

Los estudios hidrogeológicos de la quebrada Huayrondo, fueron realizados por las empresas consultoras Vector Perú (Vector) y Water Management Consultants (WMC). El estudio de Vector corresponde a la evaluación hidrogeológica del área comprendida desde la cabecera de la quebrada Huayrondo hasta las inmediaciones de la Presa Huayrondo (Anexo F) y el estudio de WMC corresponde a la evaluación total de la cuenca Huayrondo (Anexo G). En la Figura 3.16 se muestran los límites del área de estudio. Es necesario indicar que a diferencia del resto de componentes ambientales, el estudio hidrogeológico incluyó el área de operaciones de SMCV debido a las implicancias de las modificaciones en el comportamiento de los niveles y contenido químico de las aguas subterráneas.

#### **3.2.9.1 Estudio hidrogeológico del área del proyecto**

La evaluación hidrogeológica de Vector corresponde básicamente a un área de estudio local (área del proyecto), como se observa en la Figura 3.16. La información disponible recopilada y revisada para dicho estudio incluye la siguiente:

- Información de la precipitación y evaporación de estaciones meteorológicas operadas por SMCV.
- Información piezométrica del área de emplazamiento del PAD 4B, la quebrada Huayrondo y de la Planta SX-EW.
- Resultados de las pruebas de permeabilidad del área de emplazamiento del PAD 4B, reportados en estudios previos (WMC, 2007 y Vector, 2008).
- Información general sobre la operación de las plataformas de lixiviación que opera actualmente SMCV y estimación de filtraciones (WMC, 2007).
- Mapa geológico y descripción del área del proyecto (WMC, 2007; Knight Piésold, 2007) y mapas topográficos.

### ***Metodología***

#### **Investigaciones de campo**

Se realizaron investigaciones de campo para obtener información adicional de las condiciones hidrogeológicas en el área de influencia del PAD 4B, las cuales se detallan a continuación.

### Perforaciones y descripción de núcleos

Se realizaron 8 perforaciones exploratorias en el área de la quebrada Huayrondo y la zona propuesta para el PAD 4B y se excavaron tres calicatas en los depósitos aluviales del fondo de la quebrada en el área del PAD 4B, éstas últimas con la finalidad de realizar análisis del suelo y pruebas de permeabilidad.

Las muestras de campo fueron sometidas a análisis de tipo geotécnico e hidrogeológico. La información registrada durante la perforación incluyó litología, recuperación y análisis de testigos de roca, número y grado de fracturas, alteración y dureza. La ubicación de las perforaciones se muestra en la Figura 3.17a.

### Ensayos de permeabilidad

Con el objetivo de evaluar las propiedades hidráulicas de los materiales, se realizaron ensayos de permeabilidad *in situ*. Se aplicaron pruebas tipo Lugeón en ocho perforaciones (G-03 al G-10) con un total de 23 ensayos, en intervalos de 7,65 a 80,1 m. Asimismo, se desarrollaron, en los ocho piezómetros instalados (G-03 a G-10), pruebas de pérdida de carga de Lefranc. Adicionalmente se llevaron a cabo pruebas de infiltración, en tres calicatas en el eje de la quebrada Huayrondo.

### Instalación de piezómetros y mediciones de niveles de agua subterránea

Se instalaron 8 piezómetros tipo Casagrande (G-03 a G-10) en igual número de perforaciones, en los cuales se midió la profundidad del agua subterránea. La ubicación de los piezómetros existentes se muestra en la Figura 3.17a.

### Muestras de agua

La toma de muestras de agua subterránea se realizó en los 8 piezómetros instalados por Vector en el área del PAD 4B (G-03 a G-10). Todos los piezómetros fueron desarrollados con aire hasta obtener agua libre de residuos de perforación. En las Figuras 3.17b a la 3.17h se muestran, en planta y en perfil, los resultados de las concentraciones de Cu, SO<sub>4</sub>, pH y STD.

Las operaciones de toma y preservación de muestras se realizaron siguiendo el Protocolo de Monitoreo de Calidad de las Aguas de Vector elaborado en base a los “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” establecidos por la EPA-USA (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.) y los “Standards Relating to Environmental Site Characterization 2nd Edition – 2001” establecidos por la ASTM (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales – EE.UU). Las muestras recolectadas se enviaron para su análisis, al laboratorio ALS Laboratory Group.

### ***Información histórica***

Para efectos del presente estudio, se revisó información histórica de SMCV referente a:

- Datos de pozos y piezómetros: Se evaluaron las características de los piezómetros y niveles de agua (Tabla 3.40)
- Datos de permeabilidad e infiltración: Se evaluaron los resultados de pruebas de bombeo y de infiltración (Tablas 3.41, 3.42 , 3.43 y 3.44)

En los datos históricos proporcionados por SMCV, la profundidad del nivel fluctúa de 1,5 m a 100,46 m en las zonas alejadas de los tajos abiertos y entre 16,3 a 251,4 m en el área de los tajos abiertos. Los niveles de agua en la zona de los tajos están influenciados por el bombeo en el tajo.

Los niveles de agua del área del PAD 4A muestran variaciones debido al efecto de la operación de los pozos de recuperación ubicados alrededor de la poza de solución. Solo el piezómetro MA-8, ubicado aproximadamente 300 m aguas abajo, mantiene un nivel estable. Los niveles de agua a largo plazo se consideran, en general, constantes.

Los niveles de agua en el área del futuro emplazamiento del PAD 4B son diferentes a los de las instalaciones de la mina. Éstos muestran un nivel muy estable a largo plazo, con un cambio máximo de nivel de 1,1 m. El nivel descendió lentamente durante el tiempo de monitoreo pero a principios del año 2005, durante la ocurrencia de una mayor precipitación que la media normal, registrada en la estación de Huayrondo, se apreció un ascenso.

Los niveles de aguas en la quebrada Huayrondo, en las inmediaciones de la Presa Huayrondo, se mantienen muy estables a excepción del último año. En el pozo más antiguo (MW-HRN) el nivel de agua ascendió lentamente 1,0 m entre enero de 2003 y marzo de 2006. A partir de abril de 2007, los niveles descienden en los 6 pozos aguas abajo de la presa. Este fenómeno está asociado al efecto de las obras civiles realizadas para mejorar la efectividad de la Presa Huayrondo.

Los niveles de aguas en la parte alta de la quebrada Huayrondo se muestran muy estables a largo plazo, con un cambio máximo de 2,6 m. Los niveles de aguas en el área de la Planta SX-EW muestran variaciones en los pozos de monitoreo MW-15, MW-16, MW-17, y MW-18, cerca de las pozas de la planta. Los otros piezómetros, ubicados más lejos de la planta, mantienen niveles estables, aunque en el pozo (MW-SXS) se registró una subida de nivel durante el inicio de 2006.

## ***Evaluación y caracterización de la hidrogeología***

### Hidroestratigrafía

En base al análisis de los datos, Vector identificó cuatro unidades hidroestratigráficas en el área de estudio:

- Aluvial/coluvial
- Roca intemperizada
- Roca competente sin intemperizar
- Una zona de cizalla mineralizada de alta permeabilidad

La unidad aluvial/coluvial es una unidad distinta tanto litológicamente como hidrogeológicamente. Se caracteriza por ser un medio poroso con una alta conductividad hidráulica (media geométrica de  $6,7 \times 10^{-3}$  cm/s) y un rendimiento específico estimado (porosidad drenable) de 0,25. De acuerdo con los rangos registrados en los pozos de exploración, la unidad presentó un espesor variable con un rango que va de menos de 1 m a 23,5 m. En general, esta unidad no está saturada en el área de estudio, excepto en la parte baja de la quebrada Huayrondo donde forma un acuífero libre o no confinado. Debido a la alta permeabilidad de este acuífero, éste actúa como un drenaje colector para las rocas que lo rodean en la quebrada y es, probablemente, el principal conducto de mayor descarga del flujo subterráneo aguas abajo, hacia la parte baja de la quebrada Huayrondo.

La zona de roca intemperizada se localiza dentro de la parte superior de la roca base. Debido al intemperismo y a la reducción de la presión estática, ésta presenta una moderada permeabilidad (un valor de media geométrica de  $5,1 \times 10^{-5}$  cm/s). La profundidad de esta zona es variable pero está generalmente confinada a 25 m por encima de la roca base. Se estima que tiene un rendimiento específico (porosidad drenable) de 0,02 y un coeficiente de almacenamiento de 0,0001.

La zona de roca base competente se localiza debajo de la roca intemperizada. Esta zona tiene una permeabilidad que generalmente decrece con la profundidad (valor medio geométrico de  $1,27 \times 10^{-5}$  cm/s de 25 a 50 m de profundidad y  $4,82 \times 10^{-6}$  cm/s de 100 a 150 m de profundidad). Se estima un valor de rendimiento específico de 0,01 y un coeficiente de almacenamiento de 0,00001 basado en valores típicos de rocas fracturadas.

La zona asociada con la mineralización localizada en los tajos de Cerro Verde y Santa Rosa está asociada a la presencia de un sistema de fallas regionales denominado falla Tinajones. La falla presentó una alta permeabilidad (media geométrica de  $2,5 \times 10^{-3}$  cm/s) y un rendimiento

específico promedio de 0,017. El sistema parece extenderse a gran profundidad como lo evidencian los piezómetros instalados a 600 m de profundidad en el área de los tajos.

#### Propiedades hidráulicas del acuífero

Las propiedades hidráulicas del acuífero fueron determinadas con las pruebas de tipo Lefranc y Lugeón realizadas en taladros de exploración, piezómetros y calicatas en toda el área de estudio, a excepción de la zona de los tajos. En general, la permeabilidad mostró un descenso con relación a la profundidad, con un promedio geométrico de  $6,7 \times 10^{-3}$  cm/s en los suelos aluviales/coluviales,  $5,1 \times 10^{-5}$  cm/s en la roca a 25 m de la superficie y  $4,8 \times 10^{-6}$  cm/s en la roca debajo de los 100 m de estas capas; por lo que se puede inferir que la reducción de la permeabilidad está ligada al aumento de presión con la profundidad, el cual provoca el cierre de fracturas y la meteorización de la roca cercana a la superficie.

Asimismo, los resultados mostraron que los depósitos cuaternarios son los más permeables, sin embargo, las zonas fracturadas del basamento rocoso (gneis y granodioritas) también mostraron una permeabilidad relativamente más alta que la de las rocas competentes debajo de éstas. Las más bajas permeabilidades se registraron en zonas de fallas, probablemente por la presencia de cizalla, lo que indica que las fallas podrían formar barreras impermeables.

Por otro lado, en el área de los tajos abiertos existe una zona de mucha mayor permeabilidad que la encontrada en otras partes del área de estudio, dichas permeabilidades varían entre  $1,9 \times 10^{-4}$  cm/s y  $1,3 \times 10^{-2}$  cm/s, sin embargo, los datos de las reducciones, recolectados durante las pruebas de bombeo, indican que esta zona de alta permeabilidad se encuentra lateralmente rodeada por roca de permeabilidad mucho menor.

#### Flujo y elevación del nivel freático

Se emplearon los registros de pozos de monitoreos existentes para confirmar los niveles de agua y las direcciones de los flujos de las aguas subterráneas en la quebrada Huayrondo.

Para estimar los niveles para condiciones pre-minado (condiciones naturales en estado estacionario) se utilizaron puntos suficientemente alejados de la influencia de las operaciones mineras que no han tenido un efecto significativo en los niveles. El nivel freático fue estimado mediante el método de Kriging.

En condiciones naturales el flujo subterráneo circulaba de los puntos más altos de la cuenca, en las fronteras noroeste y sur, hacia las dos salidas de la cuenca. La dirección del agua subterránea o flujo principal descargaba por la quebrada Huayrondo hacia el río Chili. La

dirección preferencial es de sur a noroeste-norte siguiendo generalmente la superficie topográfica de la cuenca. Asimismo, se puede inferir que la única fuente de recarga para la circulación del flujo es la derivada de la infiltración de lluvia.

Los datos indicaron dos zonas de baja permeabilidad que cruzan la quebrada Huayrondo en las áreas de las plataformas de lixiviación 4A y 4B:

- Cerca de la falla Tinajones que cruza la quebrada Huayrondo, en el área del PAD 4A, los niveles decrecen desde una elevación de 2 660 m de altitud hasta 2 620 m, en 500 m de distancia. El gradiente hidráulico observado en esta área es de 0,08.
- Cerca de la falla Variante que cruza la quebrada Huayrondo, en el área del PAD 4B, los niveles decrecen desde una elevación de 2 620 m de altitud hasta 2 570 m, en 500 m de distancia. El gradiente hidráulico observado en esta área es de 0,10.

En el Gráfico 3.45 se presenta una comparación de las elevaciones de aguas subterráneas con la superficie del terreno. En dicha figura se puede apreciar que por debajo de una altitud de alrededor de 2 600 m los niveles medidos de agua subterránea se encontraron muy cerca de la superficie del terreno y que los niveles de agua subterránea eran más altos en los puntos de topografía más altos, lo que confirmó que el agua subterránea está cerca de la superficie en los ejes de la quebrada.

Las características de los niveles y el flujo de agua subterránea se han modificado debido a las diversas actividades mineras en el área de estudio. Para la evaluación de la superficie freática se utilizaron todas las mediciones realizadas como parte de este estudio. En general, el flujo se dirige de sur a norte hacia la zona donde se encuentra la Presa Huayrondo. Este flujo es interceptado por la presa y bombeado hacia la poza del PAD 3.

Debido a actividades de operación minera se han producido cambios en diferentes zonas del área de estudio, las cuales se presentan a continuación:

- El nivel de agua subterránea en el área de los tajos ha descendido aproximadamente 130 m.
- En el caso de los niveles freáticos de la zona de la Planta SX-EW y las áreas de las plataformas de lixiviación 1 y 4A, se observan áreas de recarga debido a actividades propias de la operación.
- Asimismo, los niveles de agua subterránea aguas abajo de la Presa Huayrondo bajaron después de la instalación de la cortina de “grout” en la roca meteorizada (setiembre

2007). Los mayores cambios (aproximadamente 5 m) se observan en los piezómetros S5-A, S5-B, y S5-C, ubicados aproximadamente 100 m aguas abajo de la presa, mientras que los cambios menores (aproximadamente 1 m) se observan en los pozos M-40 y M-41, ubicados aproximadamente 500 m aguas abajo de la presa.

- Actualmente, las elevaciones de la superficie freática más bajas se registran en el Tajo Cerro Verde (A-7, altitud de 2 469 m), y aguas abajo de la quebrada Huayrondo (MA-41, altitud de 2 507 m). Mientras que las más altas se localizan aguas arriba de la Planta SX-EW (CVKP-10, altitud de 2 679 m); y aguas arriba del PAD 4A (MAS-93, altitud de 2 670 m).

Esta nueva distribución de recargas hidráulicas y descargas (bombeo) en el tajo ha producido cambios en los niveles piezométricos creando una divisoria de aguas subterráneas en la parte oeste del área de estudio hacia la zona de los tajos.

En cuanto a la evidencia directa de recarga, como un cambio en la elevación del nivel de agua subterránea, ésta solo se observó en algunos pozos de monitoreo dentro de la parte baja de la quebrada Huayrondo. Debido a la baja tasa de recarga, es de esperarse que ésta sea altamente atenuada y por tanto no se manifieste claramente en los hidrogramas de los piezómetros.

#### Modelación del flujo subterráneo

La modelación del agua subterránea la llevó a cabo la empresa consultora Vector (Vector, 2008) a través del modelo de diferencias finitas en tres dimensiones conocido como MODFLOW-SURFACT (Hydrogeological, 1996). El modelo permite simular el flujo en condiciones saturadas y no saturadas, así como una condición de infiltración en la superficie del modelo.

#### *Construcción del modelo*

Vector elaboró un modelo de flujo subterráneo en tres dimensiones con los siguientes objetivos:

- Evaluar la recarga de aguas subterráneas con base en la permeabilidad de los depósitos aluviales y las rocas fracturadas que las subyacen.
- Extrapolar las mediciones de carga hidráulica y elevación del nivel, a partir de los puntos de monitoreo a toda el área del proyecto, evaluar la superficie freática y profundidades del nivel freático.
- Determinar las direcciones y tasas de flujo subterráneo.



El modelo de Vector se extiende hasta una profundidad de 600 m. La capa estratigráfica superior, o Capa 1, representa los sedimentos aluviales y coluviales, cuyo espesor se calculó a partir de las mediciones de profundidad de materiales no consolidados en pozos localizados dentro del área del modelo. Los espesores fueron extrapolados entre pozos, mediante el método Kriging. La Tabla 3.45 resume las capas estratigráficas del modelo con sus respectivos espesores y las propiedades de permeabilidad iniciales.

Las condiciones de frontera laterales de las celdas activas del modelo de Vector se asignaron a partir de las fronteras topográficas de la quebrada Huayrondo. Éstas se establecieron en base a las relaciones observadas entre las elevaciones del agua subterránea y la superficie del terreno, así como en la intersección de los contornos del agua subterránea con las fronteras.

En las fronteras topográficas, Vector asumió fronteras de no flujo, con excepción en la simulación de las salidas de agua como es la zona al norte de la quebrada Huayrondo. En éstas se asignaron celdas de carga constante en donde un flujo subterráneo permite una salida del modelo. Asimismo, la base del modelo se determinó como frontera de no flujo.

#### *Calibración del modelo de Vector*

Las condiciones del flujo subterráneo en el área del modelo fueron modificadas por la operación de la mina.

Los datos del nivel del agua utilizados por el modelo para la calibración se presentan en la Tabla 3.40. La calibración se desarrolló mediante la aplicación del programa PEST-ASP (Watermark Numerical Computing, 2004), dicho programa aplica un algoritmo de Maquardt-Lambert para identificar los mínimos cuadrados que mejor se ajusten entre las cargas medidas y las simuladas, utilizando la variación de la permeabilidad en los puntos piloto.

La calibración inicial se realizó aplicando valores de permeabilidad iniciales y variando solamente la recarga hasta ajustar las mediciones del nivel freático. De la calibración resultó una recarga estimada de 5,33 mm/año.

Una segunda calibración se realizó para estimar la distribución de las permeabilidades. Para asegurar un solo modelo que se ajuste a las limitaciones de la permeabilidad, se aplicó un esquema de regularización de tipo Tikhonov. La regularización consideró las diferencias de los mínimos cuadrados entre el logaritmo del valor de la permeabilidad asignada y el logaritmo de la permeabilidad inicial, en una capa.

Las cargas calibradas por Vector para condiciones naturales se ajustaron satisfactoriamente a las cargas medidas con un error absoluto promedio de 5,32 m, un error máximo de 26,3 m, y un error cuadrático medio de 7,86 m, los cuales son aceptables para este tipo de modelación. Se observó que los valores de permeabilidad más altos se localizaron en el aluvión el cual se encontró saturado únicamente en las partes bajas de la quebrada Huayrondo.

Con el incremento de la profundidad se incrementó también el área de saturación. Los resultados del modelo indicaron una zona de relativa alta permeabilidad a lo largo de la parte baja de la quebrada Huayrondo, posiblemente asociada con el sistema de falla que corre a lo largo de la base de la quebrada. Sin embargo, se observó que una zona de baja permeabilidad también atraviesa la quebrada. La ubicación de estas zonas corresponde a la falla Tinajones y la falla Variante, las cuales parecen actuar como barreras de baja permeabilidad al flujo subterráneo, a lo largo de la quebrada. La calibración del modelo generalmente indicó muy baja permeabilidad en el sector noroeste bajo el cual subyace el gneis.

En la Figura 3.18a se muestra la superficie freática en condiciones actuales así como las direcciones de flujo subterráneo. Comparando las condiciones estimadas y las condiciones calibradas la superficie freática generada mediante el método “Kriging” es una versión simplificada pero muy similar a la generada por medio del modelo numérico.

En el parte noreste del área de la simulación, el flujo subterráneo converge hacia la parte baja de la quebrada, descargando a los depósitos aluviales. Este resultado era previsible debido a la relativa alta permeabilidad de los depósitos aluviales. En el parte suroeste, el flujo subterráneo converge hacia los tajos debido al bombeo en el área de mina.

De acuerdo con los resultados de la profundidad del agua subterránea, se observó que ésta varió de 0 m a 280 m, en donde los valores someros corresponden a la parte baja de la quebrada y los más profundos a las áreas topográficamente altas que bordean la superficie de modelación (Figura 3.18b).

La Tabla 3.46 muestra una aproximación del balance de masa del modelo de Vector para condiciones anteriores al desarrollo minero. Se estimó una recarga de 434,8 m<sup>3</sup>/d (5,1 l/s) en toda el área de modelación. De ésta, 7,7 m<sup>3</sup>/d (0,1 l/s) descargan a la superficie, 72,8 m<sup>3</sup>/d (0,8 l/s) se pierden por evaporación, 171,4 m<sup>3</sup>/d (2,0 l/s) fluyen aguas abajo hacia la parte baja de la quebrada Huayrondo, y 187,1 m<sup>3</sup>/d (2,2 l/s) fluyen al oeste por la zona de alta permeabilidad. La descarga por la quebrada Huayrondo, antes de la construcción de la Presa

Huayrondo, fue de 123,3 m<sup>3</sup>/d (1,4 l/s). De dicha descarga, se obtuvo que 113,7 m<sup>3</sup>/d (92%) fue a través del material aluvial.

*Simulación de las condiciones actuales*

En el modelo calibrado de Vector se utilizó para simular las condiciones actuales, incluyendo los efectos de las actuales operaciones mineras. La simulación incluye las siguientes modificaciones al modelo existente:

- Simulación del drenado de los tajos mineros
- Simulación de la filtración de las pozas de la Planta SX-EW
- Simulación de la infiltración de las Plataformas de Lixiviación 1 y 2
- Simulación de la filtración del PAD 4A y de sus pozas de procesos
- Simulación del bombeo de los pozos de recuperación y la trinchera cercana al PAD 4A
- Simulación del emplazamiento del relleno bajo el revestimiento del PAD 4A y de sus pozas de procesos
- Simulación de la presa y la cortina del subsuelo en la Presa Huayrondo
- Simulación del bombeo desde la parte trasera de la Presa Huayrondo

Las filtraciones de las instalaciones fueron asumidas para ser eventualmente distribuidas sobre el fondo de cada instalación.

Los resultados de la simulación de las condiciones actuales muestran que las cargas calculadas se ajustaron satisfactoriamente a las cargas medidas con un error absoluto de 4,43 m, un error máximo de 30,6 m, y un error cuadrático medio de 7,52 m (Gráfico 3.46a). La concordancia de menor exactitud entre las cargas hidráulicas medidas y las calculadas se presenta en algunos de los puntos de monitoreo ubicados cerca de las pozas de procesos del PAD 4A.

Analizando la superficie freática en condiciones actuales (Figura 3.18a) con la simulada por el modelo de Vector (Figura 3.18c), se observa una notable similitud en ambas. Se puede apreciar áreas de recarga ubicadas debajo de la Planta SX-EW, el PAD 1, el PAD 2 y el área del PAD 4A. Sin embargo, esta recarga tiene poco impacto en los niveles del agua y direcciones de flujo aguas abajo de la quebrada Huayrondo. La Tabla 3.46 presenta el balance de masa de la simulación en condiciones actuales del modelo de Vector. De esta tabla se observa que la diferencia calculada entre la filtración de las instalaciones y la recuperación

por pozos de bombeo resulta una recarga al acuífero de 202 m<sup>3</sup>/d, es decir, de 2,3 l/s aproximadamente.

### ***Química del agua subterránea***

Para caracterizar la química del agua subterránea, se emplearon los registros de pozos de monitoreos existentes para confirmar la calidad de las aguas subterráneas en la quebrada Huayrondo. De estos estudios se pudo constatar un estado de alteración del agua subterránea en la quebrada Huayrondo producto, principalmente, de operaciones mineras de Minero Perú y Cyprus desde los años 70. El agua subterránea de la quebrada es un agua sulfatada magnésica y/o cálcica.

En análisis de química del agua subterránea se realizó con muestras históricas de SMCV recolectadas en 21 piezómetros ubicados entre la quebrada Huayrondo, el PAD 4A y áreas aledañas. Los parámetros analizados fueron los parámetros generales y metales totales, y en algunos casos, metales disueltos. Adicionalmente, Vector muestreó 8 piezómetros en el área propuesta para el PAD 4B, analizados en cuanto a parámetros generales y metales disueltos. El conjunto de resultados se presenta en las Tablas 3.47 y 3.48.

La calidad de las aguas subterráneas en la parte alta de la quebrada Huayrondo manifiesta una degradación por la presencia de elementos químicos de origen antropogénico, tales como metales pesados (Al, As, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn), SO<sub>4</sub> y STD en altas concentraciones y por valores bajos de pH. El origen del deterioro está asociado a las filtraciones de las plataformas de lixiviación y sus respectivas pozas de procesos, así como la Planta SX-EW desde la época de Minero Perú (década del 70) y Cyprus (década del 90). En las áreas del PAD 4A y el PAD 4B, las concentraciones muestran cambios tanto por la distancia aguas abajo como por la profundidad. Las concentraciones más altas de STD y metales de esta área se presentan en los pozos adyacentes a la poza de procesos del PAD 4A, especialmente debajo y aguas abajo de su respectiva poza (Figuras 3.17b, 3.17d, 3.17e, 3.17g y 3.17h). Sin embargo, la química de las muestras de agua subterránea de los pozos ubicados entre los 800 y los 1 200 m aguas abajo de la poza de procesos, es similar a la de las aguas subterráneas naturales del área, que no han sido impactadas por la actividad minera. Las concentraciones de STD y metales aumentan nuevamente en el área aguas abajo del PAD 3 y en la poza de procesos asociada, como resultado de la filtración de estas instalaciones. Sin embargo, la química del agua subterránea ubicada inmediatamente aguas arriba de la confluencia con la quebrada Huayrondo es similar a la de las aguas subterráneas naturales del área.

Concentraciones relativamente altas de STD y metales se presentan en las inmediaciones de la Presa Huayrondo. Estas aguas parecen verse impactadas por la filtración del PAD 1 y de la poza de procesos asociada en la quebrada Huayrondo alta, con alguna influencia adicional de las pozas de la Planta SX-EW, ubicadas aguas arriba hacia el oeste. Las concentraciones disminuyen aguas abajo de la Presa Huayrondo, la cual actualmente bloquea el flujo subterráneo. De cualquier manera, aún se presentan algunas concentraciones elevadas directamente aguas abajo de la presa, debido a filtraciones que ocurrieron antes de la implementación de la presa. La reducción en las concentraciones es comprobada unos 500 m, aguas abajo de la presa, en el punto de monitoreo MA-41.

En zonas no alteradas por las actividades mineras dentro del área de emplazamiento del PAD 4B, las muestras de agua subterránea recolectadas localizadas fuera del canal principal de la quebrada, indican que el agua subterránea no ha sido impactada. El agua subterránea de estas áreas se caracteriza por su bajo contenido de STD (420 a 964 mg/l) y por su pH ligeramente alcalino.

Los resultados de contenido de metales en el canal principal del área de emplazamiento del PAD 4B, mostraron que las concentraciones de Al, Ca, Cd, SO<sub>4</sub>, STD y pH tienen una relación con la profundidad, ya que a una profundidad de <20m se registran las más altas concentraciones, mientras que a una profundidad de >20m decrecen. Esta tendencia se identifica en los siguientes piezómetros y profundidades: S-1B (19m), S-1A (50m), MA-10 (14,6m), MA-9 (15,8m), MW-HL2 (18,4m), S-4B (17,10m), MW-HRN (18,46m), S-5A (50m), MA-40 (9m) y MA-41 (81m) (Figura 3.17b a la 3.17h). Esto indica que el conducto principal para la migración de la filtración de las instalaciones mineras se da a través de los depósitos aluviales y del lecho de roca intemperizado en el fondo de la quebrada. Esto coincide con las direcciones de flujo y los senderos indicados en el modelado del flujo de agua subterránea.

En cuanto a los principales iones reportados, (aniones: bicarbonato, carbonato, cloruro, fluoruro y sulfato; cationes: calcio, sodio, magnesio y potasio) éstos se presentan en el diagrama Piper (Gráfico 3.46b). En dicho diagrama se puede observar la gran variedad química de las aguas, por lo que no es posible clasificarlas geográficamente ya que éstas se encuentran distribuidas de manera desigual en el área.

### **3.2.9.2 Estudio hidrogeológico de la Cuenca Huayrondo**

La evaluación hidrogeológica de Water Management Consultants (WMC) integró los datos de la hidrogeología local (Vector) a fin realizar un modelo hidrogeológico conceptual y

numérico de la cuenca Huayrondo. El área de estudio del modelo conceptual y numérico cubre toda la cuenca de Huayrondo (Figura 3.16), desde la cabeceras aguas arriba de la mina (2 920 m de altitud) hasta su desembocadura en el río Chili a una elevación de 2 160 m de altitud. El estudio incluye los efectos de los tajos Cerro Verde y Santa Rosa, la Planta SX/EW, las plataformas de lixiviación 1, 2, 3 y 4A; y la Presa Huayrondo.

### ***Evaluación y caracterización de la hidrogeología***

#### Modelo hidrogeológico conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca Huayrondo considera que la recarga efectiva de las instalaciones son del orden de:

- Planta SX-EW: 2 l/s
- Plataformas de lixiviación 1, 2 y 3: 4 l/s
- PAD 4A: 9 l/s

Esta recarga excluye los caudales interceptados por los sistemas de captura superficial (pozas y trincheras) y sistemas de captura de la poza de procesos del PAD 4A. Así el modelo no incluye en forma específica los flujos sub-superficiales que ocurren en los rellenos de las instalaciones de las plataformas de lixiviación, caminos y faja transportadora. Estos forman almacenamientos de soluciones artificiales temporales que se filtran hacia el sistema de agua subterránea y se consideran despreciables o no significativos.

#### *Flujo de agua y soluciones*

La ruta primaria del flujo de agua subterránea a través del área de captación de Huayrondo es el sistema superior (aluvial y roca meteorizada), que está confinado a la parte baja (pisos o fondos de quebrada) de los valles. Sin embargo, aguas abajo de la Planta SX -EW, los niveles de aguas subterráneas aparecieron elevados, posiblemente como resultado de pérdidas de solución. En el área de las plataformas de lixiviación 1, 2 y 3, el agua subterránea fluye hacia el norte y es probable que los niveles de las aguas subterráneas en las cercanías inmediatas de las plataformas de lixiviación sean más altas que en las condiciones anteriores a actividades mineras. Asimismo, el agua subterránea en el área del PAD 4A también fluye al norte.

#### *Control de soluciones*

Actualmente las precipitaciones naturales e infiltraciones de las instalaciones que forman parte de la recarga al sistema superior de agua subterránea (aluviales y roca meteorizada) fluyen y son limitados por la quebrada Huayrondo y sus principales tributarios. Las

infiltraciones son interceptadas en tres ubicaciones diferentes, las cuales se describen a continuación:

- Pozos de intercepción de la poza de procesos del PAD 4A: Colectan la solución directamente adyacente a la poza de procesos. El bombeo total desde estos pozos alcanzó un promedio aproximado de 70 l/s entre enero y abril de 2008. La solución capturada por el sistema de intercepción es bombeada de vuelta a la poza de procesos del PAD 4A.
- Trinchera aguas abajo de las pozas de intercepción del PAD 4A: Consiste en una zanja excavada en la parte superior de la roca meteorizada. Entre enero y abril de 2008, la solución que llegaba a la trinchera era bombeada de vuelta a la poza de procesos del PAD 4A a un caudal promedio aproximado de 30 l/s.
- Presa Huayrondo: Muro cortafugas aguas abajo de las instalaciones de SMCV, en la quebrada Huayrondo. La solución captada en esta ubicación es bombeada a la poza de procesos del PAD 3 a un caudal estimado de 10 l/s.

#### *Propiedades hidráulicas*

Las propiedades hidráulicas estimadas de las unidades hidrogeológicas se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.12**  
**Parámetros hidráulicos estimados**

<b>Unidad hidrogeológica</b>	<b>Conductividad hidráulica (m/s)</b>	<b>Porosidad drenable (%)</b>
Sedimentos aluviales	$10^{-4}$ a $10^{-6}$	5 a 15
Roca meteorizada	$10^{-6}$ a $10^{-7}$	0,15 a 2
Roca fresca	$10^{-7}$ a $10^{-9}$	0,1
Intrusivos mineralizados	$10^{-5}$ a $10^{-7}$	2
Gneis Charcani	$10^{-10}$	0,01

#### Modelo hidrogeológico numérico

El modelo hidrogeológico numérico de la cuenca Huayrondo incluyó todos los procesos tanto naturales como operacionales de la mina, utilizando el código de modelación FEFLOW (Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System). Este programa resuelve las ecuaciones de flujo a través del método de elementos finitos.

El dominio del modelo corresponde a toda la cuenca hidrológica de la quebrada Huayrondo desde su zona superior, aguas arriba de la ubicación del PAD 4A y los tajos hasta su confluencia con el río Chili, la cual abarca un área total de 46 km<sup>2</sup>.

El modelo hidrogeológico de la cuenca Huayrondo se representó en 5 capas. La capa 1 representó el estrato de relleno aluvial presente en el cauce principal y quebradas laterales, el cual se fue asumido de un espesor constante de 5 m. De esta forma, la superficie de la capa 1 fue definida de acuerdo con los antecedentes topográficos de la cuenca. La capa 2 representó a la roca meteorizada que se ubica debajo del relleno aluvial, la cual fue caracterizada con un espesor medio de 27 m. Esta unidad fue representada como una unidad independiente ya que se estima presenta mayores permeabilidades que la roca fresca subyacente a esta unidad. En la zona de los tajos, esta capa representó a los intrusivos mineralizados, los cuales presentan características hidrogeológicas distintas a las rocas no mineralizadas (rocas de caja). La capa 3 representó el basamento rocoso que presenta al menos una permeabilidad secundaria que si bien es muy baja, permite el flujo de agua a una tasa muy lenta. En la zona de los tajos esta capa representa la porción superior del intrusivo mineralizado. La capa 4 representó a parte de la roca no mineralizada (roca de caja), prácticamente impermeable, a excepción de la zona de los tajos, en donde representó a la porción inferior del intrusivo mineralizado. El fondo de esta capa fue definido como 2370 m en la zona de los tajos y en el resto como un promedio entre el fondo de la capa 3 y el fondo de la capa 5 para entregar una mayor definición en la distribución vertical de niveles piezométricos. Finalmente, la capa 5 correspondió a la roca no mineralizada (rocas de caja), prácticamente impermeable en todo el dominio del modelo, la cual se incluye como unidad inferior hasta una profundidad constante de 1 900 m. Debido a la baja permeabilidad de esta capa, la elevación del fondo de esta capa no afecta en los resultados de calibración ni de operación del modelo.

#### *Condiciones de borde*

Las condiciones de borde consideradas en el modelo hidrogeológico de la cuenca Huayrondo fueron las siguientes:

- Una condición de nivel constante en el extremo norte de la quebrada, en la zona de confluencia de la quebrada Huayrondo con el río Chili.
- Una condición de afloramiento (seepage) a lo largo de todo el eje del cauce de la quebrada, el cual queda definido por una condición de nivel igual a la elevación del lecho en cada nodo más una restricción numérica que permite sólo extraer agua del acuífero.



- Para la parte superior de la capa 1 se consideró que si el nivel simulado en el nodo es mayor que la elevación del lecho, entonces se tiene afloramiento y el nodo saca agua del acuífero; y, si el nivel simulado es menor, el nodo permanece inactivo; esta condición permite representar cauces que no presentan flujo de agua de forma permanente.
- Una condición de drenaje, para representar el desagüe de los tajos Cerro Verde y Santa Rosa.
- La Presa Huayrondo ha sido representada a través de una zona de menor permeabilidad.

#### *Recarga y descarga*

Los mecanismos de recarga identificados en este sistema correspondieron a:

- Infiltración de precipitaciones: Se adoptó una recarga de 4 mm/año equivalente a un porcentaje del 5% de la precipitación media anual, representando el efecto de largo plazo de eventos puntuales.
- Infiltración desde las pilas de lixiviación: Se estimó un caudal medio de 4 l/s para las plataformas de lixiviación 1, 2 y 3, y 9 l/s para el PAD 4A.
- Infiltración desde la planta SX-EW de 2 l/s.

Bajo estas condiciones de operación, las descargas del sistema correspondieron a:

- Caudal de desagüe en los tajos Cerro Verde y Santa Rosa.
- Caudal que aflora en la quebrada Huayrondo.
- Caudal interceptado por la Presa Huayrondo
- Caudal subterráneo saliente por el borde aguas abajo del modelo (extremo norte).

#### *Propiedades hidráulicas*

Las propiedades hidráulicas que condicionan el flujo de agua subterránea corresponden al coeficiente de permeabilidad y al coeficiente de almacenamiento o porosidad drenable. Estos parámetros fueron estimados preliminarmente a través de la caracterización geológica, hidrogeológica, pruebas de campo y comportamiento de niveles ante el desagüe de los tajos. El proceso de calibración permitió determinar valores para cada una de las unidades y validar esos rangos para reproducir, a través del modelo numérico, los niveles freáticos observados en los pozos de control ubicados en distintas zonas de la cuenca. Los valores finalmente adoptados se presentan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 3.13**  
**Parámetros hidráulicos calibrados**

<b>Unidad hidrogeológica</b>	<b>Conductividad hidráulica (m/s)</b>	<b>Porosidad drenable (%)</b>
Sedimentos aluviales	$7 \times 10^{-5}$	10
Roca meteorizada	$1 \times 10^{-7}$	1
Roca fresca de baja permeabilidad	$1 \times 10^{-8}$	0,1
Roca basal cuasi - impermeable	$1 \times 10^{-10}$	0,01
Intrusivos mineralizados	$1 \times 10^{-6}$	2
Gneis Charcani	$2 \times 10^{-10}$	0,01
Presa Huayrondo	$1 \times 10^{-8}$	1

*Calibración del modelo*

**Calibración en régimen estacionario**

El escenario de calibración representó las condiciones originales de la Presa Huayrondo con 5 m de profundidad. En general, debido a la recarga y a la mayor conductividad del depósito aluvial presente en el fondo de la quebrada, los niveles tendieron a seguir una distribución similar a la elevación del terreno. Hacia la salida de la quebrada, la influencia de la topografía sobre la distribución de los niveles fue más notoria. La distribución de los niveles mostró que existe un flujo desde la zona de las plataformas de lixiviación 1 y 2 hacia los tajos.

El Gráfico 3.46c muestra la comparación entre los niveles simulados y los niveles medidos. El error medio resultó ser de  $-1,3$  m, el error medio absoluto de  $5,7$  m y el error medio cuadrático (RMS) de  $6,3$  m, el cual representa un  $1,2\%$  de la máxima diferencia de niveles observados en los pozos utilizados como puntos de control.

**Calibración en régimen transitorio**

Para evaluar el comportamiento del modelo conceptual en régimen transitorio y validar los valores de porosidad drenable adoptados, se efectuó una simulación que buscó representar el cambio de niveles observados en el acuífero producto del mejoramiento de la Presa Huayrondo.

La profundización de la presa se representó extendiendo a la capa 2 del modelo, el alcance de la menor conductividad hidráulica definida por esta estructura ( $1 \times 10^{-8}$  m/s). De este modo para definir las condiciones iniciales de la simulación, se adoptaron los niveles calibrados en el estado estacionario descrito en el punto anterior.

La calibración en régimen transitorio mostró la evolución simultánea de los niveles observados y simulados para los pozos MA-41, MW-HRN, S-5B y S-4C. Los tres primeros se encuentran aguas abajo del muro y el cuarto aguas arriba. Se puede observar que las tasas de descenso simuladas por el modelo concordaron con las observadas, hasta enero de 2008, cuando los niveles observados presentan un aumento, probablemente, producto de la recarga generada por algún evento de precipitación. Las diferencias entre los niveles simulados y medidos se deben a las diferencias iniciales obtenidas en la calibración del régimen estacionario.

#### Evaluación de la eficiencia de la Presa Huayrondo

La simulación de las condiciones actuales de la Presa Huayrondo se realizó en estado estacionario con el fin de estimar la evolución a largo plazo de los niveles en el acuífero y evaluar los cambios en la capacidad de reducción del flujo a través de la presa a partir del mes de abril de 2007, fecha en la que se empezaron las mejoras en la Presa Huayrondo.

En los Gráfico 3.47a y 3.47b se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea en los puntos de monitoreo MW-HRN y S-5, ubicados aguas abajo de la Presa Huayrondo. Estos resultados muestran el acentuado descenso de los niveles de agua a partir de los inicio de los trabajos de mejora de la Presa Huayrondo.

El Cuadro 3.14 muestra los niveles simulados en estado estacionario para los pozos ubicados aguas abajo de la presa en condiciones actuales, es decir luego de las mejoras culminadas en el año 2007.

**Cuadro 3.14**  
**Niveles simulados para la Presa Huayrondo**

<b>Pozo</b>	<b>Niveles simulados (m)</b>
MA-40	2 494,3
MA-41	2 494,1
MW-HRN	2 504,6
S-4C	2 539,4
S-5B	2 503,0

Asimismo, el Cuadro 3.15 muestra los caudales pasantes a través de las distintas capas como consecuencia de las mejoras en la presa.

**Cuadro 3.15**  
**Flujo pasante modelado con la Presa Huayrondo**

<b>Geología</b>	<b>Modelo</b>	<b>Flujo pasante por la presa (l/s)</b>
Aluvial	Capa 1	0,07
Roca meteorizada	Capa 2	0,26
Roca fresca	Capa 3	0,14
	<b>Total</b>	<b>0,47</b>

Asimismo, en los Gráficos 3.47c, 3.47d y 3.47e se muestra la variación de parámetros químicos representativos a lo largo de los puntos de monitoreo en la quebrada Huayrondo, en función de la Presa Huayrondo. Estos puntos han sido ordenados de acuerdo con su distribución espacial desde la cabecera hasta la desembocadura de la quebrada en el río Chili. Se observa que los puntos MA-20 y MA-8 se encuentran influenciados por las infiltraciones provenientes del PAD 4A, mientras que el punto S-1A presenta condiciones químicas similares a las naturales. Puntos como MA-9 y MW-HL2 se encuentran influenciados por las infiltraciones del PAD 3 y S-4A se encontraría afectado como consecuencia de la recarga proveniente de la Planta SX-EW. Inmediatamente aguas abajo de la Presa Huayrondo (punto MW-HRN) es perceptible aún la influencia antropogénica sobre la calidad del agua subterránea, debido posiblemente a la baja velocidad con ésta se mueve. Sin embargo, puntos intermedios como el MA-41 registra condiciones similares a las naturales y el punto más distante, cercano a la desembocadura de la quebrada Huayrondo con el río Chili (MAS-102), también presenta condiciones de calidad inalteradas.

### ***Síntesis de condiciones del agua subterránea de la quebrada Huayrondo***

Las operaciones mineras históricas en Cerro Verde causaron cambios en el modelo de flujos del agua subterránea. Antes de la explotación minera, el flujo de agua subterránea en la quebrada Huayrondo estaba dividido en un sector noreste y otro suroeste. El flujo noreste se dirigía hacia la quebrada Huayrondo propiamente dicha descargando principalmente a un acuífero libre muy permeable pero somero. El acuífero aluvial estaba solamente saturado en las partes más bajas. El flujo de la parte suroeste se dirigía hacia una zona fracturada muy permeable la cual actuaba como un acuífero libre de alta permeabilidad. La zona fracturada está actualmente siendo minada y los niveles del agua han descendido 130 m debido al bombeo de los tajos.

No obstante, ésto no se ha reflejado en un impacto significativo en el régimen de flujo subterráneo en la porción noreste. Las operaciones de las plataformas de lixiviación y sus pozas, así como las de la Planta SX-EW, han generado áreas localizadas de recarga por debajo

de dichas instalaciones, pero de igual forma éstos no parecen haber afectado las elevaciones del agua subterránea o las direcciones del flujo subterráneo en el sector noreste de la zona de estudio.

Bajo las condiciones actuales, la descarga superficial es prácticamente despreciable, sin embargo, la recarga de agua subterránea en el área de estudio ha aumentado a raíz de la filtración de las instalaciones mineras.

Como se mencionó anteriormente, la calidad de las aguas subterráneas de la parte alta cabecera de la quebrada Huayrondo manifiesta una degradación por la presencia de elementos químicos de origen antropogénico. Éstos incluyen los metales pesados, altas concentraciones de SO<sub>4</sub> y STD, y pH entre 3 y 5. Esta afectación se registra hasta las inmediaciones de la Presa Huayrondo, la cual actúa como barrera. El origen del deterioro está asociado a las filtraciones de las plataformas de lixiviación y sus respectivas pozas de procesos, así como la Planta SX-EW desde la época de Minero Perú (década de los 70) y Cyprus (década de los 90).

Los resultados del monitoreo muestran que aguas abajo de la presa, en las inmediaciones del pozo MA-41 y hasta las cercanías de la confluencia de la quebrada Huayrondo con el río Chili, el contenido químico de las aguas subterráneas es similar al de condiciones hidrogeológicas naturales. En el Gráfico 3.47f se presenta la pluma estimada de afectación de la cabecera de la quebrada Huayrondo, incluyendo la posición de las principales fuentes de recarga antropogénica y la ubicación esquemática de la Presa Huayrondo.

### **3.3 Ambiente biológico**

#### **3.3.1 Flora y vegetación**

##### **3.3.1.1 Región biogeográfica y zonas de vida**

###### ***Ecorregión***

Según la clasificación de Brack (1990), en Brack y Mendiola 2000, el área de estudio se ubica dentro de ecorregión denominada Serranía Esteparia, la que se ubica en las vertientes occidentales de los Andes desde el departamento de La Libertad hasta la frontera con Chile abarcando un rango altitudinal entre 1 000 y 3 800 m de altitud; el relieve es accidentado con valles estrechos y profundos, de laderas marcadamente empinadas. El clima presenta dos estaciones bien marcadas, el invierno seco y casi siempre con cielo despejado y el verano lluvioso y tempestuoso; las lluvias son más abundantes a medida que se incrementa la altitud. La vegetación muestra también dos pisos altitudinales: la del semidesierto (entre 1 000 m y 1 600 m de altitud) muy similar a la del desierto costero, y la de la serranía esteparia (entre

1 600 m y 3 800 m de altitud) formada por asociaciones de plantas suculentas y gramíneas, bosques ralos y matorrales pre-andinos.

### **Zonas de vida**

Para determinar las zonas de vida, se utilizó el Mapa Ecológico del Perú y la Guía Descriptiva del mismo (ONERN, 1976; INRENA, 1995), que permiten definir las “zonas de vida” que se presentan en el área de estudio; en base a la conjugación de los datos climáticos existentes de temperatura, precipitación y evapotranspiración, se definieron los tipos de vegetación existentes y por lo tanto la vida silvestre existente en el área en estudio.

En base a la ubicación del área de estudio en el Mapa Ecológico del Perú y al Diagrama Bioclimático correspondiente a dicha área, se determinó que las áreas evaluadas en el estudio corresponden a las zonas de vida: matorral desértico Montano Bajo Subtropical (md-MBS) y desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS). En la Figura 3.19 se presentan las zonas de vida identificadas para la zona de estudio.

#### matorral desértico Montano Bajo Subtropical (md-MBS)

El relieve topográfico, por lo general, varía gradualmente de quebrado a abrupto, característica que se presenta en la quebrada Huayrondo y en las quebradas aledañas a ésta, siendo muy escasas las áreas que presentan un paisaje ondulado o suave. Durante la estación de lluvias se observó una cubierta vegetal temporal de hierbas efímeras. La vegetación es escasa y de tipo xerofítico, distribuida de manera muy dispersa, con excepción de algunas laderas de la quebrada Huayrondo donde la distribución de cactáceas presentó una mayor densidad. De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 4 y 8 veces la precipitación, ubicándola en la provincia de humedad: ÁRIDO.

Se debe señalar sin embargo, que la parte alta y media de la quebrada Huayrondo presentaron características particulares referidas a la vegetación existente sobre el cauce de la quebrada, la cual se ha visto favorecida por la anterior presencia de agua (recarga artificial producto de las actividades de SMCV). Si bien es cierto, la vegetación existente en la actualidad representa una huella de las condiciones del anterior flujo de agua, la tendencia de ésta podría ser de una disminución progresiva de cobertura y de diversidad.

#### desierto perárido Montano Bajo Subtropical (dp-MBS)

La configuración topográfica es predominantemente accidentada, con pendientes pronunciadas, alteradas con algunas áreas de topografía más suave. La vegetación es escasa en general y

presenta hierbas anuales de vida efímera, dominando las gramíneas, los arbustos y las cactáceas, entre ellas *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Cumulopuntia sphaerica* y *Neoraimondia arequipensis*. Asimismo, el potencial de los suelos se encontró restringido debido principalmente a las características topográficas y la disponibilidad del agua en la zona. Esta zona de vida se encuentra sólo en la parte baja de la quebrada Huayrondo, restringida al fondo de quebrada, laderas bajas, desembocadura de Huayrondo, campos de cultivo y monte ribereño.

De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge, el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 4 y 16 veces la precipitación, ubicándola en la provincia de humedad: PERÁRIDO.

### **3.3.1.2 Listado florístico y hábito de crecimiento**

#### **Listado florístico**

Para la elaboración del listado florístico se usó la información generada por las evaluaciones cuantitativas; es sabido que las evaluaciones cuantitativas favorecen el registro de las especies de mayor distribución, abundancia y cobertura, que en conjunto se consideran suficientes para explicar la dinámica de la vegetación de la zona, asociada con la oferta de hábitats. Esta información cuantitativa se complementó con la evaluación cualitativa de vegetación a fin de registrar las especies de menor densidad o que se encuentran en parches muy reducidos y distribuidos irregularmente sobre el terreno, para lo cual se realizaron recorridos a lo largo de las quebradas y laderas dentro de la zona de estudio. La metodología empleada para la evaluación de la flora en el área de estudio se detalla en el Anexo H.

En general, para toda el área de estudio comprendida en la quebrada Huayrondo, se registraron un total de 85 especies, agrupadas en 71 géneros y 33 familias botánicas, las que pueden observarse en la Tabla 3.49. En este listado se incluyen las especies registradas en campo, mediante el estudio en parcelas (información cuantitativa y cualitativa) y recorridos desde la cabecera de la quebrada Huayrondo hasta su desembocadura en el río Chili.

Dentro del paisaje del área de estudio, resaltaron, en las laderas pedregosas, las cactáceas de porte alto (columnar), las cuales se encontraron acompañadas (en la época de lluvias), por parches de plantas efímeras (herbáceas). Asimismo, se registraron parches irregulares de vegetación compuestos fundamentalmente por especies arbustivas. De estos grupos de vegetación, las familias Asteraceae, Cactaceae, Fabaceae y Solanaceae, fueron las más diversificadas, en distintos géneros y especies.

### ***Hábito de crecimiento***

Según el hábito de crecimiento de la vegetación, los registros incluyen la presencia de 4 especies arbóreas, 20 especies arbustivas, 37 especies herbáceas y 10 especies suculentas, estas últimas todas cactáceas. Las cactáceas fueron el grupo de mayor amplitud sobre el terreno, ocupando ambientes naturales desde las quebradas secas, hasta las zonas más altas de la ladera de los cerros. Las especies herbáceas también presentaron una amplia distribución en laderas y quebradas pero condicionadas fundamentalmente a la época de lluvias, mientras que las especies arbustivas se encontraron concentradas fundamentalmente en los fondos de quebradas, así como las especies arbóreas.

En lo que respecta a la vegetación de quebrada, durante la época húmeda, la distribución porcentual de la cobertura, según sus diferentes hábitos de crecimiento, dio como resultado que las especies arbustivas contribuyen con un 80% de la cobertura vegetal sobre el terreno, seguida por las herbáceas con un 16% y finalmente las suculentas con un 4% (Gráfico 3.48). Asimismo, coincidiendo con este resultado, se encontró un amplio dominio de las especies arbustivas *Ambrosia fruticosa* “marco” y *Ephedra americana* “pinko pinko”, a lo largo de toda la cuenca; mientras que las plantas herbáceas fueron predominantes en las zonas más húmedas de la cuenca alta y media, y escasas en la parte baja; asimismo, las suculentas de porte bajo como *Cumulopuntia unguispina* “cactus”, representaron la menor cobertura a lo largo de toda la cuenca. Durante la época seca los porcentajes de cobertura vegetal en la quebrada tuvieron poca variación, esto debido a que la cobertura aportada por la vegetación perenne (arbustiva y suculenta), prácticamente se mantuvo mientras que la vegetación herbácea disminuyó su cobertura; la distribución porcentual de la cobertura para esta época, estuvo compuesta de un 87% de cobertura arbustiva, 10% de herbáceas y 3% de suculentas (Gráfico 3.49).

En el estrato bajo de ladera, la distribución porcentual de la cobertura vegetal en la época húmeda, estuvo representada por especies arbustivas con un 40%, donde destacaron *Ambrosia fruticosa*, *Senecio yurensis* y *Ephedra americana*; con un 33% destacaron las herbáceas *Exodeconus pusillus* y *Mirabilis intercedens*; y con un 27% las especies suculentas estuvieron representadas mayormente por los “cactus” *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina* y *Oreocereus hempelianus* (Gráfico 3.50). Durante la época seca, en el estrato bajo de ladera, la distribución porcentual estuvo representada por especies arbustivas con un 53% y por especies suculentas con un 47% (Gráfico 3.51); lo que indica una redistribución de los porcentajes de cobertura, cuando las plantas herbáceas se secan totalmente.



Para el estrato columnar, la distribución porcentual de la cobertura vegetal según su hábito de crecimiento durante la época húmeda, se presentó como sigue: las especies suculentas, con un 69%, estuvieron representadas por los “cactus” *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Corryocactus brevistylus* “yanqui” y *Browningia candelaris*; mientras que las especies arbustivas con un 31% (Gráfico 3.52) se encontraron representadas por *Jatropha macrantha* “huanarpo” y *Euphorbia lauriflora*. Estos porcentajes variaron poco durante la época seca presentando una distribución porcentual de especies suculentas de 67% y de especies arbustivas de 33% (Gráfico 3.53). La cactácea *Weberbauerocereus weberbaueri*, es una de la especies que aporta mayor cobertura vegetal sobre el terreno y dicha cobertura varía de acuerdo a su ubicación dentro las diferentes zonas de la quebrada Huayrondo; en la zona alta de la quebrada, esta especie alcanza una cobertura sobre el terreno de 1,16 %, en la zona media 1,31 % y en la zona baja 0,76%; a pesar de que la fisonomía de esta especie es relativamente variable, con un número variable de ramas (tallos), según el estadio de crecimiento de las plantas, se obtuvieron registros que indican que los individuos de la zona baja presentan copas de menor diámetro que en la zonas media y alta de la quebrada.

A continuación se presentan las características morfológicas de algunas especies registradas en el área de estudio:

*Krameria lappacea* “ragtaña”: representante de la familia Krameriaceae, tiene una distribución restringida en la zona. Su presencia durante la evaluación fue puntual en determinadas zonas del cauce de la quebrada Huayrondo. Es una planta arbustiva, con hojas pequeñas de color glauco y paralelas al tallo; las flores son ligeramente lilas. Se le encuentra floreciendo en la época seca, y es una especie muy resistente a la sequía.

*Senecio yurensis* (Fotografía 3.15): esta especie perteneciente a la familia Asteráceae, tiene una distribución en la zona de estudio comprendida desde los cauces de quebrada hasta las zonas de ladera altas. Es un arbusto de tallos delgados, con hojas algo lanceoladas y flores de color amarillo. Generalmente entra en floración y producción de semilla en la época seca.

*Ephedra americana* “pinco pinco” (Fotografía 3.16): representante de la familia Ephedrácea, es un arbusto de porte medio, que puede formar leño en sus tallos, aunque su crecimiento es muy lento; se le puede encontrar asociada a quebradas secas y ocasionalmente en laderas. Puede pasar desapercibida por su aspecto aparentemente seco, los tallos son verde opaco, cilíndricos, sin hojas aparentes, y con estróbilos unisexuados pequeños, casi inconspicuos. Presenta distribución restringida y su presencia es generalmente ocasional debido a su baja densidad en la zona.

*Nicotiana glauca*, “tabaco”: es un arbusto siempre verde de 3-4 m de altura, con uno o varios troncos y ramificación muy abierta. De madera frágil y corteza lisa o fisurada con los años. Florece durante casi todo el año, aunque con mayor abundancia en los meses de verano. Sus hojas frescas son ampliamente aplicadas para tratamientos de dolores de cabeza, cataplasmas en dolores reumáticos, cicatrización de heridas y úlceras, baños de asiento en hemorragias, etc. Es interesante notar que esta especie no contiene nicotina, pero en cambio posee cantidades bastante grandes de anabasina, un alcaloide estrechamente relacionado que está investigándose como una posible cura para la adicción a la nicotina.

*Tiquilia elongata* “paco paco”: esta especie es una herbácea perteneciente a la familia Boraginácea, tiene un tipo de crecimiento casi postrado en el suelo, con hojas pubescentes, flores blanco a azulinas que pueden ser observadas durante todo el año. Es poco frecuente en la zona y se le puede encontrar cerca a los cauces secos de quebradas, en los lechos arenosos.

*Weberbauerocereus weberbaueri* (Fotografía 3.17): esta cactácea es una de las especies con mayor amplitud de distribución en la zona de estudio. Presenta crecimiento columnar, y se le encuentra con mayor frecuencia en quebradas abrigadas o en laderas generalmente sobre los 2 600 m de altitud.

*Cumulopuntia sphaerica* (Fotografía 3.18): perteneciente a la familia Cactácea, es una especie de amplia distribución en la zona de estudio, ocupa quebradas secas y laderas, presenta un crecimiento de forma dispersa aunque también puede formar parches densos; los individuos de esta especie tienen un porte pequeño y son de forma globosa o globular, difícilmente superan los 30 cm de altura. La floración y fructificación se observa durante la época seca.

*Corryocactus brevistylus* “yanqui” (Fotografía 3.19): es una especie suculenta perteneciente a la familia Cactácea, de crecimiento columnar y de aspecto erguido con costillas marcadas y de tallo color verde intenso, presenta espinas largas y flores blanco amarillentas, que pueden ser observadas al finalizar la época húmeda y durante el resto del año, el fruto es globoso y grande. Es poco frecuente en las zonas de ladera del área de estudio.

*Haageocereus pluriflorus*: esta cactácea a simple vista puede ser confundida con *Weberbauerocereus weberbaueri* en crecimiento, aunque su porte es menor, creciendo sobre el suelo en forma entre tendida y rastrera. Se le encuentra en las laderas del área de estudio, siendo frecuente en algunas zonas; es muy difícil ver a esta cactácea floreciendo o fructificando.

*Oreocereus hempelianus* (Fotografía 3.20): esta especie, también representante de las cactáceas, tiene un porte pequeño, alcanzando alturas menores a los 50 cm de altura, presenta abundantes espinas algo curvadas y con llamativas flores rojas que están presentes durante diferentes periodos del año. Se encuentra ampliamente distribuida en la zona de estudio siendo más abundante en las zonas de ladera alta, sobre los 2 600 m de altitud.

*Neoraimondia arequipensis* “giganton” (Fotografía 3.21): otra representante de la familia Cactácea. Esta especie tiene una distribución muy restringida en la quebrada Huayrondo, fundamentalmente en la parte baja, aunque con bajas densidades. Es una planta columnar de gran porte, que por su tamaño, color verde intenso y por sus costillas amplias es fácil de distinguir en campo. Las flores son poco conspicuas, con pétalos blanquecinos; y se les puede observar a finales de la época seca.

*Prosopis pallida* (Fotografía 3.22): es una especie perteneciente a la familia Fabaceae, es un árbol de crecimiento achaparrado, que difícilmente supera los 5 m. de altura, con ramas con espinas en pares, axilares menores a 4 cm. de largo; con hojas pinnadas de 1,5 a 6 cm. de largo y con flores pequeñas, de color amarillo que forman racimos. Produce frutos tipo una vaina algo recta (algarrobas), de forma rectangular en su corte transversal, estos son de color amarillo pajizo cuando maduran.

*Prosopis chilensis* “algarrobo”: esta especie perteneciente a la familia Fabaceae se encuentra en el curso de las quebradas secas, tiene porte arbóreo, muy similar a *Prosopis pallida*, con espinas grandes, sus frutos son del tipo vaina con forma curva y apretada entre las semillas. La copa de la planta es aplanada y las hojas son compuestas en arreglo pinnadas. Es poco común en la zona de estudio.

*Tecoma arequipensis* “huarango arequipeño” (Fotografía 3.23), representante de la familia Bignoniaceae, la especie es frecuente en toda la quebrada Huayrondo. Es un arbusto llamativo de flores tubulares de color naranja. Importante como fuente de néctar para picaflores, resiste bien durante la época seca.

### **3.3.1.3 Caracterización de formaciones vegetales**

En términos generales, la vegetación de la quebrada Huayrondo crece sobre suelos muy pedregosos, con rocas muy grandes y en laderas de fuerte pendiente, en un ambiente muy seco, donde el crecimiento de cualquier planta se torna muy difícil, considerando que solo en la época húmeda se presentan lluvias esporádicas. Mucha de esta vegetación está adaptada a acumular agua, como es el caso de las cactáceas columnares y algunos arbustos de tallo

suculento, como *Jatropha macrantha* “huanarpo”, que pierden sus hojas en la época seca para evitar la transpiración y por lo tanto la desecación, acumulando agua de reserva en sus tallos algo engrosados y cilíndricos; además, el huanarpo posee látex en su tallo, sustancia líquida de color blanquecino que hace que sus tallos no sean palatables para los herbívoros. Asimismo, se ha podido observar que muchas especies presentaban espinas o ramas rígidas que terminan en puntas agudas a manera de espinas, como en el caso de los cactus y algarrobos. La fisonomía y las adaptaciones de las plantas son aspectos muy importantes para su persistencia en ambientes naturales y estos aspectos son importantes para diferenciar la composición de especies entre dos formaciones vegetales.

La quebrada Huayrondo presentó vegetación desde su cabecera, hasta su zona más baja en su desembocadura al río Chili, vegetación que corresponde a una zona extensa de matorral desértico. Asimismo, presentó vegetación rala, destacando las cactáceas de porte columnar y los arbustos de porte bajo en las zonas de laderas y cauce de quebrada. En las zonas de cauce de quebrada, son más frecuentes los arbustos de porte bajo, registrándose también algunos árboles que crecen muy distanciados entre sí. La distribución de las diferentes especies sobre el terreno, ya sea en ladera o cauce de quebrada; varió de acuerdo con la altitud, es decir la fisonomía de la vegetación y su composición cambiaron al compararse zonas más altas, con la parte media y baja, de la quebrada.

Partiendo de este análisis del tipo de crecimiento y distribución de la vegetación en la zona evaluada, se han identificado tres formaciones vegetales, la vegetación de cauce de quebrada, la vegetación freatófita y la vegetación de ladera, tanto en la zona alta, media y baja de la quebrada Huayrondo. Estas formaciones vegetales se pueden observar en la Figura 3.20 y se describen a continuación:

### ***Vegetación de cauce de quebrada***

Esta vegetación crece sobre un lecho o cauce de quebrada, el cual presenta fundamentalmente un sustrato de textura arenosa. La vegetación que crece sobre este sustrato está compuesta de especies arbustivas, herbáceas y suculentas; con distribución variable dependiendo de la altitud.

En la parte alta de la quebrada Huayrondo, sobre los 2 550 m. de altitud en promedio, la vegetación del cauce de quebrada se caracterizó por presentar una cobertura viva sobre el terreno de 2,73%, durante la época húmeda (Tabla 3.50A), y 2,31% para la época seca (Tabla 3.51A). Esta vegetación alcanza una altura promedio de 37,5 cm. Las especies más comunes estuvieron representadas por las especies arbustivas *Ambrosia fruticosa*, *Ephedra*

*americana*, *Encelia canescens*, *Huthia coerulea* (Fotografía 3.24) y *Tarasa operculata*; las especies suculentas *Cumulopuntia sphaerica* y *Oreocereus hempelianus*; así como plantas herbáceas que generalmente se registraron en la época húmeda, tales como *Tiquilia elongata*, *Paronychia microphylla* *Alternanthera pubiflora* y *Exodeconus pusillus*.

Entre los 2 350 m. y los 2 550 m. de altitud en promedio, se evaluó la vegetación de la parte media del cauce de la quebrada Huayrondo (Fotografía 3.25). Esta vegetación registró una cobertura sobre el terreno de 4,0% durante la época húmeda (Tabla 3.50B) y 2,2% durante la época seca (Tabla 3.51B), alcanzando una altura promedio de 45,2 cm. Entre las especies más comunes de hábito de crecimiento arbustivo se encontraron *Ambrosia fruticosa*, *Senecio yurensis*, *Tessaria integrifolia*, *Baccharis lanceolata*, *Tecoma arequipensis*, *Atriplex peruviana* (Fotografía 3.26), *Helogyne apaloidea* (Fotografía 3.27), *Balbisia weberbaueri* (Fotografía 3.28), *Ephedra americana*, *Encelia canescens*, *Pluchea absinthioides*, *Gochnatia arequipensis*, *Lycium stenophyllum* (Fotografía 3.29) y *Tarasa operculata*; las especies suculentas *Cumulopuntia sphaerica* y *Corryocatus aureus*; así como las plantas herbáceas que generalmente se registraron en la época húmeda, tales como *Tiquilia elongata*, *Paronychia microphylla*, *Alternanthera pubiflora* (Fotografía 3.30), *Senecio adenophyllus*, *Spergularia sp.* y *Lycopersicum peruvianum* (Fotografía 3.31).

Los cauces de quebrada de la parte alta y media de la quebrada Huayrondo, se caracterizaron por presentar árboles que crecen distanciadamente, con portes por debajo de los 5 m. de altura, con un crecimiento casi postrato sobre el suelo, con copas achatadas y a veces muy ralas. Así, se registraron las especies *Schinus molle* “molle”, *Prosopis pallida* “algarrobo” y *Prosopis chilensis* “algarrobo” con una mayor concentración hacia la zona media de la quebrada.

Por debajo de los 2 350 m. de altitud, se registró la vegetación de cauce de quebrada bajo; con una cobertura vegetal de 1,1% en la época húmeda (Tabla 3.50C) y 0,97% en la época seca (Tabla 3.51C). La vegetación se encontró más rala que en el resto de la quebrada, con una altura promedio de 42,48 cm. El número de especies se redujo respecto al resto de la quebrada, y se registraron especies tales como *Alternanthera pubiflora*, *Atriplex peruviana*, *Ephedra americana* y algunas plantas distanciadas de *Ambrosia fruticosa*. Lo que más resaltó en la zona baja fue que la densidad de arbustos y herbáceas se redujo gradualmente, y las especies arbóreas que crecen sobre el lecho de quebrada, presentaron un porte achaparrado y se distanciaban cada vez más hasta desaparecer.

A nivel general, para toda la quebrada, se observó que la distribución de la vegetación sobre el terreno fue irregular; es decir que existe una dependencia de las características del cauce, así existen zonas densamente pobladas y otras casi sin vegetación. Se debe señalar que estos resultados son producto de la evaluación cuantitativa a través del muestreo, y no necesariamente representan la composición total y absoluta de la zona. Así, algunas plantas presentaron una distribución muy restringida y localizada o en algunos casos con una baja densidad, por ello difícilmente se incluirían dentro de una parcela de evaluación. Sin embargo, como ya ha sido mencionado, se procedió a su registro cualitativo para complementar la lista general de la flora para el área de estudio.

El conjunto de las especies de plantas de cauce de quebrada se agruparon en las familias botánicas: Asteraceae, Cactaceae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Ephedraceae, Polemoniaceae, Bignoniaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Geraniaceae, Amaranthaceae y Solanaceae.

La vegetación de cauce de quebrada de mayor densidad sobre el terreno, estuvo representada por *Ambrosia fruticosa* (250 plantas/ha), *Atriplex peruviana* (180 plantas/ha), *Cumulopuntia unguispina* (160 plantas/ha), *Ephedra americana* (140 plantas/ha) y *Tessaria integrifolia* (80 plantas/ha). Sin embargo en el terreno se observaron parches de vegetación con gran densidad de plantas y espacios casi sin vegetación. Algunas plantas se encontraron formando matas de arbustos donde se agregan una gran cantidad de individuos, seguramente por condiciones favorables de sustrato y acumulación de humedad. Es importante acotar que, en algunos puntos de evaluación, se observó que la vegetación de ladera (como cactáceas columnares y especies arbustivas), se aproximaba mucho al lecho mismo de quebrada, pero sólo con una presencia eventual o puntual de algunas especies.

### ***Vegetación Freatofítica***

En la parte alta de la quebrada Huayrondo, entre los 2 580 m. y los 2 610 m. de altitud, se registraron parches de vegetación densa y de porte más alto (sobre 1,2m de altura), Esta vegetación se observó en campo a manera de franjas de distribución muy irregular sobre el terreno, fundamentalmente con la presencia de *Baccharis lanceolata* “chilca”, *Tessaria integrifolia* “pajaro bobo”, *Typha dominguensis* “totora” y *Cortaderia rudiusscula* “cortaderia o cortadera”; a estas dos últimas especies generalmente se les encuentra en cursos de agua permanentes; sin embargo, en la presente evaluación, se observó su ocurrencia de forma puntual, registrándose solo unos pocos individuos.

En la parte media de la quebrada, a 2 432 m. de altitud, también se registró un parche pequeño, de vegetación densa y más alta que el resto de la vegetación colindante en el cauce de quebrada. Entre las especies registradas para este parche figuran *Typha dominguensis*, *Cortaderia rudiusscula*, *Cyperus sp.*, *Tessaria integrifolia*, *Tecoma arequipensis* y *Baccharis lanceolata*.

En general esta vegetación se encontró puntualmente en zonas de quebrada un poco más amplias y llanas (de lecho arenoso); asimismo, se observó que estas especies están perdiendo vigor en muchos casos, con lo que se van secando paulatinamente y sólo reverdecen con importancia en los años de mayor humedad, como lo ocurrido en el primer trimestre del 2008. Estos parches de vegetación no se presentan en la parte baja de la quebrada Huayrondo, debido a que la quebrada se hace más seca.

### ***Vegetación de Ladera***

Este tipo de vegetación se encontró cubriendo la mayor extensión de la quebrada (Fotografía 3.32), desde el borde del cauce hasta la divisoria de aguas. Esta vegetación se diferencia en estrato bajo (por debajo de 50 cm. de altura) y estrato alto (por encima de 50 cm. de altura), dependiendo de la altura promedio de la comunidad vegetal. Para efectos del presente estudio, se ha realizado una diferenciación entre los dos estratos de ladera, con dinámicas poblacionales aparentemente distintas; en el estrato alto la cobertura puede variar poco durante la variación estacional de un año, mientras que la cobertura en el estrato bajo puede variar mucho o poco por estar influenciado por la presencia de las especies anuales, como por ejemplo *Exodeconus pusillus* y *Mirabilis intercedens*, pertenecientes a las familias Solanaceae y Nyctaginaceae. A pesar de esto, es importante recalcar, que se trata de una misma formación vegetal con plantas de diferentes portes, que están interactuando de alguna manera en un mismo territorio y hasta compitiendo por los mismos recursos o formando sinergias para captar agua atmosférica.

En la parte alta de la quebrada Huayrondo, la vegetación de ladera del estrato alto registró un 1,25% de cobertura en la época húmeda (Tabla 3.50A) y 1,2% de cobertura en la época seca (Tabla 3.51A). Con la dominancia de cactáceas como *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Browningia candelaris* y *Corryocatus brevistylus*; también se registró la presencia de la especie arbustiva *Jatropha macrantha*, restringida a algunos parches pequeños hacia la zona suroeste de la cabecera de Huayrondo, donde la cobertura de este estrato, prácticamente no es afectada por la estacionalidad. En lo que respecta al estrato bajo, éste presentó una cobertura de 1,62% en la época húmeda y 0,32% en la época seca (Tablas 3.50A y 3.51A respectivamente), valores que muestran una marcada estacionalidad por la presencia de

especies herbáceas, de ciclo de vida anual, que sólo aportan cobertura en la época húmeda; ejemplos de estas especies son *Tiquila elongata*, *Paronychia microphylla*, *Pectocarya anomala*, *Spergularia sp.*, *Mastygostila sp.*, *Nothoscordum andicola*, *Fuertesimalva chilensis*, *Eragrostis cilianensis*, *Calandrinia ruizii*, *Mirabilis intercedens*, *Pellaea ternifolia*, *Cheilanthes arequipensis* y *Exodeconus pusillus*. El estrato bajo, también presenta especies arbustivas perennes como *Ambrosia fruticosa*, *Ephedra americana*, *Senecio yurensis*; así como cactáceas *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina*, *Corryocactus aureus* y *Oreocereus hempelianus*.

Hacia la parte media, la cobertura vegetal estuvo dominada por *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Euphorbia laurifolia* (Fotografía 3.33), acompañadas de parches de *Jatropha macrantha* (Fotografía 3.34), *Puya longistyla* y *Cumulopuntia sphaerica*, con una mínima presencia de *Corryocactus brevistylus*. También se registró a *Corryocactus aureus* (Fotografía 3.35), aparentemente restringido a algunas partes con los lechos arenosos, entre el cauce de quebrada y las laderas adyacentes. Para el estrato alto de ladera se registró un 11,69% de cobertura en la época húmeda (Tabla 3.50B) y 8,88% de cobertura en la época seca (Tabla 3.51B); en este estrato, a diferencia de las laderas de la parte alta, predominó la presencia de *Jatropha macrantha* y *Puya longistyla*, acompañadas de *Weberbauerocereus weberbaueri*, estas tres especies dominaron ampliamente el paisaje de la zona media de ladera y en conjunto dan una apariencia de gran cobertura sobre los cerros. Especies como *Browningia candelaria* y *Corryocactus brevistylus* fueron registradas también en este estrato, pero con individuos muy alejados. En esta parte de la quebrada se observó, que la vegetación del estrato alto llegaba algunas veces hasta el fondo de la quebrada. La parte media se caracteriza por presentar numerosas rocas grandes sobre la superficie de la ladera, que a simple vista tapan la vegetación del estrato bajo de ladera, la cual en conjunto con el estrato alto, sumaron la mayor cobertura de toda la quebrada Huayrondo. Es así que, el estrato bajo de ladera de la parte media de la quebrada, presentó una cobertura viva sobre el terreno de 5,08% en la época húmeda (Tabla 3.50B) y 0,95% en la época seca (Tabla 3.51B); donde se registraron prácticamente las mismas especies dominantes presentes en la parte alta de las laderas, ejemplos de éstas son *Ambrosia fruticosa*, *Ephedra americana* y *Senecio yurensis*; además de las cactáceas *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina* y *Oreocereus hempelianus*, así como otras especies acompañantes *Tarasa operculata*, y las especies de cobertura estacional (época húmeda) como *Oxalis macrorrhiza*, *Lycopersicum peruvianum*, *Tagetes multiflora* y *Cheilanthes incarum*. En general, la parte media de la quebrada, presentó una vegetación de ladera constituida principalmente por una mayor densidad de arbustos y prácticamente la misma cantidad de cactáceas, en comparación con la parte alta.



La vegetación de ladera en la parte baja, estuvo representada por las especies dominantes *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Cumulopuntia sphaerica*. También se registró a *Cumulopuntia unguispina* y muy escasamente a algunos ejemplares de *Neoraimondia arequipensis*. En general, la densidad de los arbustos disminuyó drásticamente hacia la parte baja y se mantuvo la presencia de las cactáceas columnares en las laderas. Se registraron coberturas para el estrato alto de 0,83% en la época húmeda (Tabla 3.50C) y el mismo valor de cobertura en la época seca (Tabla 3.51C). Para el estrato bajo de ladera, se registró una cobertura de 2,11% en la época húmeda (Tabla 3.50C), la cual disminuyó a 1,42% en la época seca (Tabla 3.51C); asimismo, se registró la presencia de solo dos especies en ambas estaciones *Ambrosia frutitosa* y *Cumulopuntia sphaerica*; lo cual quiere decir que el cambio de cobertura para este estrato se debió prácticamente a la variación en la cobertura de *Ambrosia frutitosa*. Estos resultados muestran que, en la zona baja de la quebrada Huayrondo se registró la menor cobertura vegetal en comparación con las zonas alta y media.

En conjunto, las especies registradas en las laderas pertenecen a las familias botánicas: Asteraceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae, Iridaceae, Liliaceae, Nyctaginaceae, Poaceae, Pteridaceae, Cactáceae, Oxalidaceae, Malvaceae, Solanaceae, Ephedraceae y Euphorbiaceae.

Las especies que presentaron los registros de mayor densidad en las laderas fueron *Ambrosia frutitosa* (785,7 plantas/ha), *Euphorbia laurifolia* (576,7 plantas/ha), *Cumulopuntia sphaerica* (271,4 plantas/ha) y *Cumulopuntia unguispina* (214,3 plantas/ha). Adicionalmente, en la época húmeda se registraron especies efímeras como *Exodeconus pusillus* (45,96 plantas/ha) y *Mastygostila sp.* (56,40 plantas/ha), las cuales se presentaron en forma de parches estacionales en las laderas de los cerros, conformando un manto verde al pie de las cactáceas columnares con una altura promedio entre 10 y 20 cm. *Weberbauerocereus weberbaueri* es importante por su aporte en cobertura sobre el terreno, además tiene una importante presencia de individuos en la quebrada de Huayrondo, con densidades zonales promedio; para la zona alta 67,22 plantas/ha, en la zona media 136,5 plantas/ha y en la zona baja 110 plantas/ha, correspondiendo una cobertura promedio de 1,16 % en la zona alta, 1,31 % en la zona media; y un 0,76% en la zona baja. La zona baja presenta una mayor densidad con respecto a la zona alta, sin embargo la cobertura promedio en la zona baja es menor, este aspecto se explica porque en esta zona los diámetros promedio de copa (74,64 cm.), son considerablemente más pequeños que los de la zona alta (156,23 cm.), produciendo copas angostas y algo alargadas, que finalmente producen un menor registro de cobertura sobre el terreno.

#### **3.3.1.4 Perfil de la vegetación**

La vegetación del cauce de quebrada de Huayrondo, resultó ser conspicua por la presencia de diferentes especies arbustivas tales como *Ambrosia fruticosa*, *Ephedra americana*, *Encelia canescens* y *Tarasa operculata*, con un porte medio que bordea los 50 cm de altura. Sin embargo, se registraron parches de vegetación densa y de porte más alto (sobre 1,2 m de altura) a manera de franjas de distribución muy irregular sobre el terreno, fundamentalmente con la presencia de *Baccharis lanceolata* “chilca”, *Tessaria integrifolia*, *Typha dominguensis* “totora”, *Tecoma arequipensis*, *Senna birostris* y *Cortaderia rudiusscula* “cortaderia”. De manera intermitente se han registrado las especies de porte arbóreo que, para el área de estudio, elevan la altura promedio generando una apariencia de verdadero monte ribereño, con alturas que oscilan entre los 3 y 5 m, pero con una presencia aislada de las especies *Schinus molle*, *Prosopis pallida*, *Prosopis chilensis* y *Salix chilensis*, ésta última hacia la desembocadura de la quebrada en el río Chili. Por lo tanto, se puede decir que, la vegetación de quebrada presentó un perfil irregular con diferentes alturas de vegetación, desde las plantas herbáceas por debajo de los 30 cm de altura hasta las arbóreas y arbustivas que pueden alcanzar los 5 m de altura.

Asimismo, se observó una sucesión de la vegetación de ladera al borde del cauce de la quebrada, donde se registraron cactáceas columnares como *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Corryocactus brevistylus* y *Browningia candelaris*. Estas cactáceas fueron registradas, fundamentalmente, en la parte media de la quebrada en zonas un poco encañonadas, y en zonas muy rocosas en la parte alta. Esta vegetación se encontró acompañada de algunos arbustos de porte medio y bajo.

Un aspecto importante fue, que la cobertura vegetal se incrementó conforme se ascendía a las laderas, con un incremento paralelo del número de especies registradas. Esta tendencia fue observada tanto para la época húmeda como para la época seca, y puede ser atribuida a la oferta ambiental de recursos para la vegetación, específicamente dirección de vientos, procesos de condensación de humedad, orientación topográfica e incidencia de radiación, entre otros. En la Figura 3.21 se muestra un esquema del perfil de la distribución de la vegetación en la zona de estudio.

En la parte alta de la quebrada, la vegetación de ladera estuvo dominada paisajísticamente por el porte alto de las cactáceas columnares, que fácilmente superaban los 1,80 m de altura, dominando la especie *Weberbauerocereus weberbaueri*, con tallos que salen desde su base pegada al suelo y ramas densamente cubiertas de espinas, que fácilmente atrapan el polvo y le dan una apariencia oscura o sombrada a este tipo de vegetación, a veces semejante a la

aparición de un cactus seco o muerto. En la parte media de la quebrada Huayrondo, el perfil de la vegetación de ladera se presentó más tupido, debido a la presencia de especies arbustivas como *Euphorbia laurifolia* y *Jatropha macrantha*, las cuales se presentaron como arbustos de tallos algo engrosados y de apariencia achaparrada, con alturas promedio de 1,3 m; asimismo, estas especies se encontraron acompañadas del cactus *Weberbauerocereus weberbaueri*. Entre las plantas observadas en esta zona de la quebrada, también se registró a la especie *Puya longistyla* (Fotografía 3.36).

En la zona baja de la quebrada, la vegetación resultó ser más escasa en general, persistiendo aún la presencia de *Weberbauerocereus weberbaueri*, acompañada de *Cumulopuntia sphaerica* e individuos muy aislados de *Neoraimondia arequipensis*.

A lo largo de toda la quebrada Huayrondo, en las cabeceras de los cerros y en las zonas de ladera alta, se pudo observar individuos distanciados de *Browningia candelaris* y de *Neoraimondia arequipensis* que sobresalieron del resto de la vegetación con alturas entre los 3,5 y 5 m de altura.

### **3.3.1.5 Análisis cuantitativo de la flora**

Para la evaluación de la vegetación de las diferentes formaciones vegetales se realizaron muestreos cuantitativos de flora, información que fue posteriormente usada para la estimación de la diversidad local, cobertura específica y cobertura total, así como sus variaciones estacionales. Los muestreos cuantitativos consistieron en el establecimiento de parcelas de evaluación dirigidas a un estrato específico de vegetación. Se establecieron 39 parcelas de 100 m<sup>2</sup> para la evaluación del estrato bajo, y 25 parcelas de 1 000 m<sup>2</sup> dirigidas al muestreo del estrato alto. La metodología empleada para el análisis cuantitativo de la flora en el área de estudio se detalla en el Anexo H. La ubicación de las diferentes parcelas establecidas se muestra en la Tabla 3.52 y en la Figura 3.22.

### **Curvas de especies/área**

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo se utilizan las curvas especies área, en las que se analiza, de manera gráfica, la acumulación en el registro de especies en función del incremento del esfuerzo de muestreo (en este caso el número de parcelas establecidas). La forma de la curva puede variar dependiendo del orden en que se considere el esfuerzo de muestreo. Para este caso se ha utilizado el orden de muestreo original, es decir la aparición de especies en la evaluación de campo y se emplea la función matemática conocida como la ecuación de Clench o curva de Clench. Información más detallada sobre este acápite se

encuentra en el Anexo H y en la Tabla 3.53; en los Gráficos 3.54 a 3.59 se presentan las curvas y los resultados del análisis.

Según el análisis de Clench, en las épocas húmeda y seca, para las formaciones vegetales evaluadas, se registró poco más del 78% de la flora que se esperaba registrar. Estos resultados indican, una aproximación moderada a buena del registro teórico de la totalidad de especies presentes en el área de estudio; sin embargo, debido a la diferenciación a nivel de las variaciones estacionales, el análisis de Clench indica que se registró el 96,8% de la flora esperada en la época húmeda (Gráfico 3.54) y el 78,9% en la época seca (Gráfico 3.55; Tabla 3.53), esto indica que el muestreo fue satisfactorio, pues se registró más del 78% de la diversidad local.

A continuación se presentan los resultados a nivel de formaciones vegetales considerando la estacionalidad.

#### Vegetación de cauce de quebrada (época húmeda y seca)

Sobre esta formación se realizó un esfuerzo de muestreo de 9 parcelas de 100 m<sup>2</sup> cada una. Según el análisis de Clench, se obtuvo el registro del 56,46% de la flora esperada en la época húmeda (Gráfico 3.56) y 50,3% en la época seca (Gráfico 3.57 y Tabla 3.53). En este caso el esfuerzo de muestreo alcanza una suficiencia media que se acerca al 50% del registro teórico de las especies esperadas. Pese a ello se puede considerar que el muestreo permitió caracterizar adecuadamente la composición de especies de esta formación vegetal, considerando que se han registrado con éxito a las especies dominantes de la formación vegetal, aspecto que se pudo corroborar en campo con recorridos de evaluación cualitativa, para incrementar los registros de especies vegetales que no se registraron en las unidades de muestreo.

#### Vegetación de Ladera (época húmeda y seca)

En esta formación se realizó un esfuerzo de muestreo de 26 parcelas de 100 m<sup>2</sup> y 25 parcelas de 1 000 m<sup>2</sup>; producto de ello se registró el 77,8% de la flora teórica esperada en la época húmeda (Gráfico 3.58) y el 87,35% en la época seca (Gráfico 3.59 y Tabla 3.53). En este caso el esfuerzo de muestreo resulta bastante satisfactorio pues permitió registrar más del 77% de la diversidad local esperada.

Se debe señalar que la ecuación de Clench es un modelo para explicar parte de la diversidad, siendo sólo una herramienta de ayuda para explicar los resultados en cuanto al esfuerzo de muestreo.

### ***Diversidad de la flora***

La vegetación del área de estudio, ha sido caracterizada mediante su diversidad biológica, consecuencia tanto del número de especies como de la homogeneidad en las abundancias de las diferentes especies y su cobertura, aspecto que se denomina equidad o uniformidad. De este modo, la medición de la diversidad requiere de la cuantificación de las coberturas de cada especie, lo cual permite determinar aquellas especies que por su representatividad en la comunidad podrían ser más sensibles a las perturbaciones ambientales, o dominar las dinámicas de la comunidad y en distintos niveles tróficos.

En el presente estudio, se ha empleado el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1988; Krebs, 1989) para la medición de la diversidad, el cual junto con los índices de riqueza y equidad se describen con detalle en el Anexo H. Para realizar los cálculos de los diferentes índices se hizo uso de los programas PAST y PRIMER 5. Los valores de diversidad y equidad se presentan para cada una de las formaciones vegetales identificadas.

#### Vegetación de cauce de quebrada

En esta formación vegetal, la diversidad para la zona alta de la quebrada Huayrondo resultó 2,25 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 1,77 bits/m<sup>2</sup> para la época seca. El valor calculado de equidad fue de 0,65 en la época húmeda, incrementándose a 0,76 en la época seca (Tablas 3.50A y 3.51A respectivamente). Estos registros corresponden a una diversidad baja, con una distribución poco equitativa de las abundancias relativas de las especies.

La diversidad para la zona media de la quebrada Huayrondo, resultó en un registro de 3,04 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 2,39 bits/m<sup>2</sup> para la época seca. El valor calculado de equidad fue de 0,88 en la época húmeda y 0,92 en la época seca (Tablas 3.50B y 3.51B respectivamente). Esta parte de la quebrada presentó una diversidad moderada, con una distribución más homogénea de las abundancias relativas de las especies, constituyendo los mayores registros de diversidad y equidad de toda la quebrada.

Finalmente la diversidad para la zona baja de la quebrada Huayrondo, resultó igual a 1,81 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 1,87 bits/m<sup>2</sup> para la época seca. El valor calculado de equidad fue de 0,91 en la época húmeda y de 0,94 en la época seca (Tablas 3.50C y 3.51C respectivamente). Estos resultados muestran una diversidad baja, pero con una distribución más homogénea de las abundancias relativas de las especies.

En general, los resultados obtenidos, indican que la diversidad tiene variaciones a lo largo de la quebrada Huayrondo; en lo que respecta a la vegetación de cauce de quebrada. Esta

formación se caracterizó por ser de diversidad media a baja con una distribución poco homogénea de la abundancia relativa de especies sobre el terreno. A pesar de que los resultados muestran una variación estacional en los valores de diversidad y equidad, los cambios no fueron muy marcados; y estos se debieron, a la reducción de especies durante la temporada seca, que tuvieron una cobertura baja durante la época húmeda. Sin embargo, las especies permanentes, es decir las que estuvieron presentes en ambas temporadas, tuvieron bajas variaciones en sus coberturas durante la época seca, por ello se puede afirmar que no se observó una estacionalidad marcada en esta formación vegetal y que se mantiene con cierta estabilidad.

#### Vegetación de Ladera

En esta formación vegetal, también se evaluó la diversidad y la equidad en la zona alta, media y baja de la quebrada Huayrondo. Además se calculó la diversidad por separado para cada estrato, es decir para el estrato bajo y alto, con la finalidad de llegar a una mejor aproximación de la densidad y las dinámicas de las especies dominantes.

En cuanto a los registros de diversidad para la zona alta de la quebrada Huayrondo, estos resultaron en 0,41 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda (Tabla 3.50A) y 0,25 bits/m<sup>2</sup> para la época seca (Tabla 3.51A), en lo que respecta al estrato alto; con un valor calculado de equidad de 0,26 en la época húmeda y 0,16 en la época seca. Para el estrato bajo se registraron 2,99 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 2,17 bits/m<sup>2</sup> para la época seca; con valores de equidad de 0,63 en la época húmeda y 0,84 en la época seca (Tablas 3.50A y 3.51A respectivamente). Estos registros corresponden a una diversidad muy baja para el estrato alto y baja para el estrato bajo de ladera; con una distribución nada equitativa a poco equitativa de las abundancias relativas de las especies, en la época húmeda y seca, respectivamente.

La diversidad para la zona media de la quebrada Huayrondo, resultó, para el estrato alto, 1,15 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda (Tabla 3.50B) y 0,98 bits/m<sup>2</sup> para la época seca (Tabla 3.51B); con un valor calculado de equidad de 0,49 en la época húmeda y 0,42 en la época seca. Para el estrato bajo se registraron 1,23 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 1,37 bits/m<sup>2</sup> para la época seca; con valores de equidad de 0,36 en la época húmeda y 0,53 en la época seca (Tablas 3.50B y 3.51B respectivamente). Estos registros corresponden a una diversidad muy baja para ambos estratos de vegetación de ladera; con una distribución muy poco equitativa de las abundancias relativas de las especies, en la época húmeda y seca. Estos valores bajos son producto de la marcada dominancia en ambas estaciones de las especies *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Euphorbia laurifolia*.

En lo que respecta a la zona baja de la quebrada Huayrondo, se obtuvieron registros de diversidad para el estrato alto, con valores de 0,51 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y el mismo valor para la época seca (Tablas 3.50C y 3.51C); con un valor calculado de equidad de 0,32 en ambas épocas. Para el caso del estrato bajo de ladera se registraron 0,28 bits/m<sup>2</sup> para la época húmeda y 0,70 bits/m<sup>2</sup> para la época seca; con valores de equidad de 0,28 en la época húmeda y 0,70 en la época seca (Tablas 3.50C y 3.51C respectivamente). Estos resultados corresponden a una diversidad muy baja para ambos estratos de vegetación de ladera; con una dominancia marcada de las especies perennes. Además, se observa una distribución muy poco equitativa de las abundancias relativas de las especies, en la época húmeda y seca del estrato alto, y en el estrato bajo en la época húmeda; en contraste con una distribución más equitativa de las abundancias relativas en el estrato bajo en la época seca, debido a la pérdida de dominancia en cobertura de *Ambrosia fruticosa*.

En general para toda la cuenca, estos valores reflejan una baja diversidad y a la vez una distribución poco equitativa de las abundancias relativas de las especies a nivel de laderas. Sin embargo, existe una mínima tendencia hacia una distribución más equitativa en la época seca, coincidiendo con la desaparición de la cobertura de las especies anuales, frente a la persistencia de la cobertura de las especies perennes

### ***Análisis de similitud***

El análisis de similitud consiste en la comparación de las diferentes zonas evaluadas a fin de establecer similitudes entre éstas. El análisis de similitud realizado toma como información la composición de la vegetación presente en cada zona.

El análisis cuantitativo se hizo mediante el índice de Morisita-Horn (Magurran, 1988) y el análisis cualitativo de similitud se hizo mediante el índice de Jaccard (Krebs, 1989), el detalle de esta metodología de análisis se presenta en el Anexo H.

Los resultados obtenidos del análisis de similitud sirvieron para elaborar dendrogramas a través de un análisis Cluster, los que se muestran en los Gráficos 3.60 a 3.63.

Según el análisis cualitativo, la composición de las especies varió dentro de una misma formación vegetal, fundamentalmente cuando se comparó la parte alta y la parte media de la quebrada Huayrondo. Sin embargo, se encontró una similitud en la composición de especies de la vegetación del cauce de la parte media con la parte baja, que en conjunto distan en composición con la parte alta, compartiendo fundamentalmente algunas especies arbustivas. Lo mismo se repitió, pero a menor escala, en la vegetación de ladera. Estos resultados

muestran los gradientes altitudinales en la distribución de la vegetación influenciados por la oferta de agua, producto de una anterior recarga artificial.

En general, la vegetación del cauce de quebrada presentó poca similitud en composición de especies con la vegetación de ladera. Además que esta relación, no estuvo influenciada por la estacionalidad, fundamentalmente por la marcada dominancia de la vegetación perenne de cada una de las formaciones vegetales (Gráficos 3.60 y 3.61).

Cuando se compararon los datos de similitud cualitativa entre las estaciones seca y húmeda, se pudo corroborar una disminución en la similitud dentro de una misma formación vegetal, por la aparición de parches de vegetación efímera (en la época húmeda) de forma irregular en ubicación y extensión sobre el terreno, a nivel de la vegetación de ladera para el estrato bajo y en menor grado para la vegetación de quebrada.

Respecto al análisis de similitud cuantitativo, se observaron diferencias en la incidencia de especies y coberturas en la parte alta, en contraste con la parte media. Sin embargo, al analizar los resultados para el estrato bajo, se observaron similitudes entre las dos formaciones vegetales. En general, la parte media dista más de la cabecera y de la parte baja a nivel de coberturas y especies (Gráficos 3.62 y 3.63). Cuando se comparó la abundancia relativa, de las especies de las diferentes formaciones vegetales y los estratos bajo y alto, se observó que existe una mayor similitud en la época seca a nivel de las coberturas de las especies perennes, dentro de las diferentes parcelas evaluadas al interior de una misma formación vegetal y en un mismo estrato.

En general, considerando los resultados cuantitativos y cualitativos del análisis de similitud, la parte media de la quebrada Huayrondo resultó ser diferente en composición y abundancia de especies con la parte alta y la parte baja; sin embargo, esto no impide que ambas partes compartan especies con una gran amplitud de nicho.

#### Amplitud de nicho

Las especies vegetales de mayor amplitud de nicho, corresponden a las que se pueden encontrar presentes como población en el mayor número de formaciones vegetales: Así, se encontró a: *Browningia candelaris*, *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina* y *Ambrosia fruticosa* como especies que ocuparon fundamentalmente los ambientes de ladera, pero también se les encontró en el cauce de la quebrada Huayrondo, incluidas la parte alta, parte media y baja de la quebradas. Se encontraron individuos de estas especies creciendo en diferentes condiciones de terreno,



exposición al viento y la radiación y dentro de un variado rango altitudinal, dentro del área de estudio. Asimismo, algunas especies se encontraron formando parches de vegetación como *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina* y *Ambrosia fruticosa*, por separado o en asociación, ya sea el caso en un cauce de quebrada o en ladera. Otras especies, como *Weberbauerocereus weberbaueri*, presentaron una distribución más regular sobre el terreno, pero con un mayor distanciamiento entre plantas a lo largo de la formación vegetal de mayor extensión, es decir ladera, pero con individuos que llegan a crecer en los bordes de zonas de quebrada y, dentro de esta, en pequeñas zonas de sedimentación. La especie *Browningia candelaris*, se registró de forma muy distanciada a lo largo de la ladera alta de los cerros y de manera más escasa, pero también presente, en la ladera baja y hasta en el cauce de quebrada, en esta última sobre todo en la parte media de la quebrada Huayrondo.

#### Evaluación cualitativa en río Chili

La quebrada Huayrondo desemboca en el río Chili que corresponde a una sección de monte ribereño típico (Fotografía 3.37). En esta zona, se encontraron especies silvestres de porte arbóreo, herbáceo y arbustivo, y una pequeña área de cultivos y pastoreo hacia la margen izquierda del río.

En el área evaluada, se registraron especies botánicas de porte arbóreo tales como *Schinus molle* “molle” y *Salix chilensis* “sauce”. Asimismo, se registraron especies de porte arbustivo como *Ricinus communis* “higuerilla”, *Tessaria integrifolia* “pajaro bobo”, *Baccharis lanceolata* “chilco” y *Nicotiana glauca*, acompañadas de especies de porte herbáceo como *Calceolaria sp.*, *Chenopodium petiolare*, *Cortaderia sp.*, *Distichlis spicata* “grama salada”, *Polypogon elongatus*, *Dalea cilindrica* y *Cotula coronopifolia*. Estas especies son comunes y frecuentes en la cuenca del río Chili, y se encuentran en ambos márgenes de su cauce, conformando un monte ribereño muy delgado que difícilmente supera los 5 m de ancho en sus riberas, con una altura promedio de 1,75 m. Además presenta una línea de borde de vegetación de cauce variable, por una marcada fluctuación en el caudal del río, producto del cambio en el caudal entre la época húmeda y la época seca.

Esta sección del río, limita por su margen derecha con una pared casi vertical de tierra y rocas, y algunas zonas de cultivo. Por su margen izquierda, con un talud desértico de la quebrada Huayrondo. De manera general, la oferta de agua en la zona genera cierta estabilidad en el sistema; sin embargo, las variaciones estacionales responden a factores fisiológicos de las especies, como el fotoperiodo y las variaciones en la temperatura.

### **3.3.1.6 Especies de interés especial**

*Weberbauerocereus webebaueri* (Fotografía 3.17), tiene una amplia distribución desde el sur del Perú hasta el Norte de Chile. Se considera una especie bien adaptada a la vida en el desierto y tiene un gran valor ecológico debido a que es la especie que aporta una gran cobertura vegetal y riqueza estructural para el ecosistema, en combinación con un aporte en riqueza funcional al mismo, a través de la producción de sus flores y frutos y durante todo el año en diferentes individuos de la misma especie. Tiene además gran potencial para fijar agua atmosférica por condensación en la época húmeda, ya que presenta ramas densamente cubiertas de espinas, que pueden superar los 5 cm de largo. Especies animales de hábitos nectarívoros y frugívoros dependen de esta cactácea, entre ellas y, probablemente, la más importante es el murciélago longirostro peruano "*Platalina genovensium*" reportado en Huayrondo (Capítulo 10), además de dos especies de picaflores *Patagona gigas* y *Rhodopis vesper*. Sus frutos maduros e inmaduros sirven de alimento para grupos de aves del género *Sicalis* y *Phrygilus*. También sirve de alimento para el guanaco "*Lama guanicoe*" que mordisquea los tallos para obtener agua y nutrientes. En general la avifauna también se beneficia de *Weberbauerocereus webebaueri*, pues es usado como percha y refugio (algunas especies construyen sus nidos sobre él).

Otras especies importantes son *Cumulopuntia sphaerica* y *Cumulopuntia unguispina*, debido a la facilidad con la que se pueden propagar vegetativamente y a su gran resistencia a la carencia de humedad en la época seca, características que las hacen candidatas para repoblar zonas sin cobertura o zonas disturbadas. Son especies importantes para revegetación de laderas pedregosas y con marcada exposición a vientos húmedos, con la salvedad de que, como la mayoría de cactáceas presenta crecimiento lento. Estas especies también son de importancia ecológica para la fauna, debido a que en campo se les ha podido observar siendo forrajeadas por escarabajos y como fuente de polen, y néctar para insectos.

Existen otras especies de interés regional, pero que para las condiciones del área de estudio, presentan distribuciones muy restringidas y puntuales, como los "algarrobos" (*Prosopis pallida* y *Prosopis chilensis*) y "molles" (*Schinus molle*), con frutos comestibles para la fauna; y los parches de vegetación con "huarango arequipeño *Tecoma arequipensis*), "pajaro bobo" (*Tessaria integrifolia*) "totora" (*Thypha dominguensis*) y "chilca" (*Baccharis lanceolata*), importantes para la artropofauna y algunas especies de aves nectarívoras. Estas especies llegan a representar pequeños refugios o zonas de alimentación de las aves, mamíferos e insectos, pero están limitadas en su uso por presentar una distribución muy restringida a sólo algunas zonas de la quebrada principal con afloramientos de humedad, restringido a unos

pocos individuos, que actualmente se les puede observar con un crecimiento sometido a un gran carencia hídrica traducida en portes bajos y con poco vigor.

Otro grupo importante está representado por especies de interés antrópico, como es el caso de las plantas de uso medicinal en el ámbito regional (Sección 9.9).

### **3.3.1.7 Especies con estatus especial de conservación**

En quebrada Huayrondo se encontraron especies, con alguna categoría de protección nacional e internacional, así como especies endémicas peruanas.

#### **Decreto Supremo N°043-2006-AG**

Según la lista de especies protegidas por el estado, se reporta a *Senecio yurensis* y *Ephedra breana* en el estatus de Críticamente Amenazado (CR); *Prosopis chilensis* y *Krameria lappacea* con el estatus de En Peligro (EN); *Browningia candelaris*, *Corryocactus brevistylus*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Tecoma arequipensis*, *Jatropha macrantha* y *Prosopis pallida* (Fotografía 3.22) con el estatus de Vulnerable (VU) y *Ephedra americana* como Casi Amenazado (NT).

#### **IUCN**

Según las categorías de conservación de la IUCN sólo se considera a *Weberbauerocereus weberbaueri* dentro de su listado de especies con alguna categoría de conservación; en este caso se le considera como Casi Amenazado (NT).

#### **CITES**

En la quebrada Huayrondo se registran las siguientes especies ubicadas dentro del Apéndice II (CITES): *Browningia candelaris*, *Corryocactus aureus*, *Corryocactus brevistylus*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Haageocereus pluriflorus*, *Oreocereus hempelianus*, *Neoraimondia arequipensis* y *Weberbauerocereus weberbaueri*.

#### Endemismos

Para el área de estudio se registran las especies *Senecio yurensis*, *Tiquilia elongata* y *Eloysia spathulata*, como especies endémicas del Perú (Tabla 3.54). Además de *Corryocactus brevistylus*, considerado endémico en la Revista Peruana de Biología (V.13 n.2 Lima dec. 2006).

### **3.3.1.8 Usos de las especies de flora**

La mayoría de las plantas registradas en el área de estudio de la quebrada de Huayrondo no presentan usos antrópicos directos, debido a que no existen poblaciones directamente relacionadas con esta zona. Sin embargo se pueden citar los usos regionales de algunas de las plantas presentes en esta área de estudio:

*Adesmia miraflorensis*, arbusto perennifolio, de hasta 1,20 m de altura y ramas terminadas en espinas que forman ángulos rectos. Florece en cualquier época del año, con mayor presencia en las estaciones de primavera y verano. Conocido como “llaullinco”, crece asociada a cauces de quebrada, en ocasiones forma grupos densos, muy vistosos. Es usado como forraje para camélidos y de las flores se extrae un tinte de color amarillo.

*Alternanthera pubiflora*: hierba de 30-50 cm, crece en los cauces de quebrada, es conocida como “lancetilla” o “hierba blanca”. Es utilizada como purgante para niños.

*Ambrosia fruticosa* (Fotografía 3.38): arbusto de 30-50 cm de altura, crece en quebradas de suelos arenosos y en cerros de pendientes rocosas. Conocida con el nombre común de “marco” y/o “muchita”, se usa para el tratamiento de la diarrea, disentería y carnosidad en los ojos. También es usada como leña y como forraje para los animales.

*Balbisia weberbaueri*: arbusto perennifolio, de hasta 1 m de altura, de amplia cobertura, tallo leñoso de ramificación helicoidal. Conocida comúnmente como “capo colorado” o “amapola de campo”, florece en cualquier época del año; algunos botones alcanzan su madurez fisiológica con poca humedad, mientras que otros permanecen en estado de latencia o dormancia en los meses de sequía. Habita en laderas de suelos arenosos, rocosos o pedregosos, asociado a cauce de quebrada. Los campesinos la arrancan para su uso como material combustible.

*Browningia candelaris*: cactácea de tamaño arborescente a arbóreo, con ramificaciones situadas generalmente en su parte superior, lo que le confiere la apariencia de un candelabro, debido a esta característica, se le conoce comúnmente como “cactus candelabro”, crece en forma natural en el altiplano, entre 1 700 a 3 000 m de altitud y en condiciones de extrema sequedad. Sus tallos secos se usan para realizar objetos de decoración como lámparas, cofres, maceteros, y también son utilizados como material combustible.

*Corryocactus brevistylus*: cactácea que supera 1,50 m de altura, de tallos erectos con pocas costillas y de espinas largas. Se le conoce como “yanqui”; desde el punto de vista industrial es

fuelle de ácidu cítrico, el julo de sus frulos posee propiedades medicinales como laxante, asimismo es de uso forrajero. Generalmente se desarrolla sobre laderas rocosas en quebradas abrigadas.

*Chenopodium petiolare*: hierba abundante en zonas desérticas y piso pre puneño, crece entre 2 500 y 3 200 m de altitud. Es usado como alimento para los animales. La planta, y/o las semillas son usadas para preparar la “llipta” (pancito usado para mascar la coca).

*Encelia canescens*: especie arbustiva siempre verde, conocida como “mancapaqi”, “mataloba”, o “mucle”. Se desarrolla en suelos arenosos secos, en lechos de quebradas, laderas de cerros y bordes de la carretera. Común a lo largo de la costa peruana entre los 2 000 y 3 000 m de altitud. Se utiliza como planta medicinal contra la retención de la orina.

*Ephedra americana* (Fotografía 3.16): planta arbustiva de hasta 60 cm de altura, de ramas cilíndricas articuladas, erectas y con hojas reducidas a escamas. De nombre común “pinko pinko” es usado como diurético, para el mal de los riñones y también como forraje cuando hay escasez de alimento. Se le puede encontrar en los bordes de las quebradas secas y en laderas.

*Gochnatia arequipensis* (Fotografía 3.39): arbusto siempre verde, intricado-ramoso, de 1-2 m de altura que florece en otoño e invierno. Conocido como “capo blanco”. Crece en las laderas de suelos arenoso-pedregosos. Especie endémica de las montañas del departamento de Arequipa con ocurrencia entre los 2 400 y 2 700 m de altitud. Es utilizado como material combustible.

*Krameria lappacea*: especie arbustiva de 30 a 60 cm de alto, con hojas sésiles y algo pubescentes; con flores de color rosado intenso, con frutos pequeños, globosos y con cerdas que se adhieren al contacto. Se le conoce con el nombre común de “ragtaña”. Es usada para la inflamación de riñones, dolor de dientes y dolor de estómago. Se le puede encontrar en quebradas secas, de sustrato arenoso.

*Nothoscordum andicola*: hierba perenne, bulbosa, de 15 a 25 cm de altura, de hojas lineares, lanceoladas, con inflorescencia cimosa de flores blancas, con 5 pétalos soldados parcialmente. Conocida como “cebollín”, “ch’ulkus”, “anas sibilla” o “chulcus”, se desarrolla en la época de lluvias. Crece en suelos arenosos de planicies o laderas de cerros, y valles interandinos del sur. Son utilizadas como forraje para el ganado aunque es poco apetecida por el sabor ligeramente amargo. Sus bulbos son consumidos sazonados con ají.

*Pluchea absinthioides*: especie silvestre de amplia distribución territorial, conocida comúnmente como “La brea”. Posee en sus tallos una cera que es apreciada a simple vista. Es utilizada por los pobladores locales como material altamente combustible.

*Prosopis chilensis* y *Prosopis pallida*: se trata de árboles de apariencia similar, con copas aplanadas, con ramas con espinas grandes, hojas pinnadas, de flores amarillas que producen un fruto tipo vaina. Ambas especies son conocidas como “algarrobo” o “yara” y son usadas como forraje, fuente de leña y carbón vegetal y para construcciones rurales, para la elaboración de alimentos como la algarrobina o el café de algarroba.

*Senna birostris* (Fotografía 3.40): se trata de un arbusto de 1 a 2 m de altura, densamente pinnado, con flores amarillas y frutos tipo vaina. Recibe el nombre común de “chanchaura” y es usado en fracturas e inflamaciones por torcedura. También se usa como leña y para la construcción de viviendas.

*Schinus molle* (Fotografía 3.41): especie arbórea de 5 a 8 m de altura, de copa redondeada, de hojas menudas y aromáticas. Con nombre común “cullash” o “molle”, se usa como tinte, para preparar chicha, antiespasmódico, antibacterial, para los nervios, para el reumatismo, resfrío y tos; es también usado como leña, en construcciones, barreras rompevientos, ornato de calles y parques. Sus aceites son usados como fijadores en la elaboración de perfumes, lociones, talcos y desodorantes, los animales también usan sus hojas como forraje. Por lo general, crece asociada a los cauces de quebrada.

*Salix chilensis*: especie arbórea que alcanza entre 6 y 12 m de altura; de copa oval con hojas menudas y flores inconspicuas. Con nombre común “hayau” o “sauce”, es usado como madera para estructuras, tintóreo, antiespasmódico, antidiarréico y antireumático. Se distribuye asociado a los cauces de quebrada, como parte del monte ribereño.

*Tarasa operculata* (Fotografía 3.42): arbusto que difícilmente supera los 50 cm de altura, de hojas y tallos pubescentes de color glauco. Con nombre común “malva” y de uso forrajero. Generalmente se desarrolla en quebradas, pero también se le puede encontrar en laderas.

*Tessaria integrifolia* (Fotografía 3.43): arbusto que puede superar los 2 m de altura, con tallos erectos, hojas dentadas y flores rosadas. Con nombre común “pajaro bobo”, es usado como antitusígeno y también utilizado contra las infecciones urinarias. Se le encuentra en quebradas asociadas a cursos de agua superficial o sub-superficial.

*Tecoma arequipensis* (Fotografía 3.23): arbusto que supera los 3 m de altura, de hojas pinnadas y flores lamativas. Con nombre común “huarango arequipeño” de uso ornamental. Se le encuentra asociado a lechos de quebrada secos.

*Tropaeolum tuberosum*: es una planta herbácea originaria de los Andes centrales, entre los 3 500 y 4 100 m de altitud. Conocida como “mashua” o “cubio”, es una especie muy rústica, por ello puede cultivarse en suelos pobres, sin uso de fertilizantes y pesticidas, y aún en estas condiciones, su rendimiento puede duplicar al de la papa. Tiene importancia para satisfacer la alimentación de los habitantes de menores recursos en zonas rurales marginales en los Andes altos. En la industria para producir antibióticos, se le atribuye propiedades curativas del hígado y riñones entre otros.

*Typha dominguensis*: es una especie de planta perenne que crece en lugares tranquilos de lagos, lagunas, pantanos, zanjas y canales. Se distribuye preferentemente en las regiones cálido-húmedas por debajo de los 1 000 m de altitud. Todas sus partes son comestibles cuando ha alcanzado cierta fase de su crecimiento, incluso sus rizomas tienen un sabor dulce y pueden ser consumidos cocidos, tostados o hervidos. Su polen es utilizado como sustituto de las harinas.

### **3.3.2 Fauna**

#### **3.3.2.1 Inventario y riqueza de especies**

En la Tabla 3.55 y 3.56 se presenta el número total de especies determinadas durante la presente evaluación y estudios anteriores en la quebrada Huayrondo, incluyendo la desembocadura de la quebrada mencionada en el río Chili y terrenos de cultivo próximos a este sector. Estas especies fueron determinadas por observación directa, rastros y/o a través de comunicación con terceros.

En la Tabla 3.56 se presenta el número total de especies reportadas en la presente evaluación y en estudios anteriores realizados en la quebrada Huayrondo. Los estudios anteriores fueron realizados por: AICED/Knight Piésold (1995-1997), el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (MHN-UNSAA 2006) y Walsh (2007). El número total de especies conocidas hasta la fecha para la zona de Huayrondo (considerando el presente estudio y estudios previos), alcanza un total de 62 especies, distribuidas en 47 especies de aves, 4 especies de reptiles, 10 especies de mamíferos y 1 de anfibio. En términos taxonómicos, la clase más representada de los vertebrados evaluados es la de las aves con un 76% de especies (Gráfico 3.64), seguida de los mamíferos con un 16% de especies, mientras

que los reptiles y anfibios estuvieron representados por el 6 y 2% de especies respectivamente.

### **3.3.2.2 Hábitat**

En la zona estudiada se identificaron 3 tipos de hábitats para la fauna, estrechamente relacionados con las formaciones vegetales determinadas en la sección de flora y vegetación. Estos hábitats comprenden las siguientes formaciones:

#### ***Hábitat de vegetación de cauce de quebrada***

Este hábitat se ubica sobre el lecho o cauce de quebrada, la cual presenta suelos fundamentalmente con textura arenosa. La vegetación está compuesta principalmente por especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y suculentas. Entre las especies herbáceas registradas como dominantes por su mayor cobertura sobre el terreno, se encontraron: *Ambrosia fruticosa* “marco”, *Baccharis lanceolata* “chilco”, *Tessaria integrifolia* “pájaro bobo”, *Helogyne apaloidea*, *Atriplex peruviana* y *Ephedra americana*. También se registraron como especies importantes por su cobertura los arbustos *Tecoma arequipensis* “huarango” y *Senecio yurensis*, los árboles *Prosopis pallida* “algarrobo” y *Schinus molle* “molle” y las herbáceas *Balbisia weberbaueri*, *Alternanthera pubiflora* y, *Lycopersicum peruvianum*; asimismo se registraron algunas arbustivas que están acompañadas de algunas cactáceas como *Cumulopuntia sphaerica*.

#### ***Hábitat de vegetación de ladera***

Este tipo de hábitat se encontró cubriendo la mayor extensión de la quebrada, desde el borde del cauce hasta la divisoria de aguas. De manera general, en la cabecera de la quebrada, la vegetación de ladera estuvo dominada por *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Oreocereus hempelianus*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Cumulopuntia unguispina* y *Ambrosia fruticosa*. Hacia la parte media, la cobertura vegetal estuvo dominada por *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Euphorbia laurifolia*, acompañadas de parches de *Jatropha macrantha*, *Puya longistyla* y *Cumulopuntia sphaerica*, con una menor presencia de *Corryocactus brevistylus*. También se registró a *Corryocactus aureus* aparentemente restringido a algunas partes de los lechos arenosos, entre el cauce y la ladera. La vegetación de ladera, en la parte baja, estuvo representada por *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Cumulopuntia sphaerica* como dominantes.

#### ***Terrenos de cultivo y monte ribereño***

Está presente en las inmediaciones de la desembocadura de la quebrada Huayrondo con el río Chili e incluye terrenos de cultivo y el monte ribereño de este sector del río. La vegetación



está representada por especies botánicas de porte arbóreo *Schinus molle* “molle” y *Salix chilensis* “sauce”. También se reportaron especies de porte arbustivo *Ricinus communis* “higuerilla”, *Tessaria integrifolia* “pajaro bobo”, *Baccharis lanceolata* “chilco” y *Nicotiana glauca* acompañadas de especies de porte herbáceo como *Calceolaria sp.*, *Chenopodium petiolare*, *Cortaderia sp.*, *Distichlis spicata* “grama salada”, *Polypogon elongatus*, *Dalea cilindrica*, *Cotula coronopifolia* y *Tropaeolum tuberosum*. Asimismo, los campos de cultivo ubicados en la desembocadura presentaron sembríos de ajo y cebolla principalmente.

### **3.3.2.3 Avifauna**

Las aves conforman un grupo taxonómico muy útil para estudiar los efectos de las perturbaciones sobre los ecosistemas, lo cual permite construir modelos conceptuales predictivos que relacionan los cambios demográficos con dichas perturbaciones (Hill *et al.*, 1997 y Hocking *et al.*, 1992). Lawton (1996), afirma que, “frecuentemente se han utilizado las aves como posibles indicadores, debido a la gran cantidad de información disponible sobre su biología (i.e. taxonomía, distribución geográfica, requerimientos ecológicos, entre otros) y a su relativa facilidad de estudio con respecto a otros grupos biológicos (En: Ramírez, 2000). Asimismo, como mencionan Andrade y Rubio-Torgler (En Barrio y Valqui, 2005), “... las aves son el indicador más usado en los monitoreos pues resultan relativamente fáciles de detectar y determinar, se han adaptado a una serie de hábitats en todo el mundo y presentan gran sensibilidad a los cambios de estructura de vegetación de una determinada área...”. Por tanto, la evaluación del estado de la avifauna constituye una buena base para el diagnóstico de la calidad biológica del ambiente terrestre y acuático, y la formulación de planes de manejo y recuperación ambiental (Castaño, 2000).

Es conocida la íntima relación existente entre la avifauna y las condiciones ambientales y biológicas de una zona, específicamente de vegetación, es así que la existencia de un tipo de vegetación así como su distribución espacial puede condicionar la ocurrencia de algunas especies de avifauna, de esta forma es necesaria la evaluación de la avifauna en conjunto con las características más resaltantes de la comunidad vegetal.

De manera natural, la zona evaluada, quebrada Huayrondo, presenta condiciones de aridez, por lo que se esperaría que la vegetación natural en esta zona sea poco abundante y dispersa, dominada por especies arbustivas de ocurrencia estacional, y cactáceas de tipo columnares y otras de porte pequeño. Sin embargo, la vegetación de la quebrada Huayrondo, presenta características particulares si se le compara con la vegetación de otras quebradas aledañas, ello debido a que parte de la vegetación de fondo de quebrada encontrada se ha desarrollado

por la presencia de afloramientos de agua, lo que incrementa su singularidad, posibilitando así la presencia de una variedad de hábitats disponibles para la avifauna.

Por lo tanto los diferentes hábitats de avifauna están asociados a la presencia de agua, siendo el agua un factor limitante, en diferentes escalas, para la vegetación y por ende para la avifauna. De esta forma, en quebrada Huayrondo se presentan especies singulares que no están registradas en lugares cercanos de similar topografía y condiciones climáticas. Asimismo, la inclusión en el estudio de la desembocadura de la quebrada Huayrondo en el río Chili, ha permitido incrementar la riqueza de especies registrada en la zona de estudio.

Para la caracterización de la avifauna se realizaron evaluaciones durante la época húmeda (marzo de 2007 y marzo de 2008) y seca (agosto de 2007), con la finalidad de registrar algunos aspectos referentes a los patrones estacionales en la avifauna local. Las evaluaciones fueron de tipo cuantitativas, mediante el establecimiento de puntos de conteo o “point counts” (Bibby *et al.* 1992) a través del uso de transectos de evaluación desarrolladas a pie y a una velocidad constante y registros cualitativos con recorridos aleatorios en escala temporal por diferentes zonas dentro de la quebrada. Para cada transecto se establecieron estaciones de conteo directo separadas entre sí una distancia aproximada de 200 metros. En cada estación de muestreo, se contó el número de individuos observados durante un tiempo aproximado de 5 minutos cubriendo un radio no mayor a 100 metros. Cada transecto tuvo una distancia aproximada de 2 000 metros de longitud. Con la finalidad de facilitar el conteo, se emplearon binoculares 10 x 50 y contómetros manuales.

Una primera fase de la evaluación de avifauna consistió en la zonificación del área de estudio en función de las características de hábitat para la fauna (Sección 10.2), sin embargo también se empleó la zonificación en función de la definición de cuenca hidrográfica, tanto en la parte alta como en la parte baja de la quebrada Huayrondo, así como en la zona de desembocadura con el río Chili. En la determinación de los transectos y puntos de evaluación se trató de incorporar la mayor representatividad de la quebrada teniendo en consideración la definición de hábitat y los sectores de la quebrada.

Los transectos cuantitativos, cualitativos y puntos referenciales de evaluación de avifauna se presentan en la Figura 3.23 y en la Tabla 3.57, ubicándose éstos en diferentes zonas de la quebrada Huayrondo. A continuación se hace una breve descripción de las zonas evaluadas para avifauna:

- Parte alta de la quebrada Huayrondo  
Área comprendida entre la cabecera de la quebrada (cauce principal y red de drenaje oeste de la quebrada) y los socavones abandonados ubicados en la margen derecha de la quebrada.
  
- Parte Baja de la quebrada Huayrondo  
Comprendida entre los socavones abandonados y la desembocadura de la quebrada en el río Chili, antes de la línea férrea.
  
- Monte ribereño del río Chili y campos de cultivo  
Esta zona incluye un pequeño sector ubicado en el monte ribereño, o vegetación de orilla, y terrenos de cultivo ubicado en terrazas que se encuentra en ambas márgenes del río Chili y luego de la desembocadura de la quebrada Huayrondo.

El criterio para la delimitación de estas zonas (alta, baja y monte ribereño/campos de cultivo), sólo aplica para la evaluación de la avifauna, y está determinado por el uso de este grupo de vertebrados.

En la Tabla 3.58 se presenta la preferencia de la avifauna por el uso de hábitat y en la Tabla 3.59 se presenta el número total de especies de avifauna acumuladas durante la presente evaluación en función de la zona de ocurrencia y la época de evaluación.

### ***Composición de la avifauna***

En total se reportaron 47 especies de aves, las mismas que se agrupan en 20 familias y 11 órdenes (Tabla 3.55), el orden taxonómico ha sido clasificado en base a Clements y Shany (2001). Si bien esta lista no representa la totalidad de especies presentes en el área de estudio, la misma puede caracterizar adecuadamente a la comunidad.

Las familias con mayor número de especies estuvieron representadas por los emberízidos (espigueros, triles), furnáridos (canasteros, bandurritas, tijerales), tiránidos (dormilonas, toritos), colúmbidos (palomas) y troquílidos (picaflores). En el Gráfico 3.65, se presenta la distribución porcentual de especies de avifauna por familia, registrada en el presente estudio.

Los furnáridos son mayormente insectívoros y constituyen una significativa contribución a la avifauna de lugares xerofíticos. Los canasteros, *Asthenes sp.* construyen sus nidos en cactáceas columnares como *Browningia candelaris* y *Weberbauerocereus weberbaueri*; aprovechando sus filocladios acopian ramas de arbustos y espinas para elaborar sus

característicos nidos en forma de canastas. También construyen sus nidos en árboles o arbustos como *Tecoma* y *Prosopis*. Las bandurritas, *Upucerthia albigula*, tienen hábitos similares a los canasteros, se refugian en las cactáceas columnares de grandes dimensiones y pasan la mayor parte del día en el suelo buscando los insectos de los que se alimentan. Los tijerales *Leptasthenura striata*, frecuentan arbustos y árboles del cauce de quebrada y partes bajas de las laderas, por lo general buscan su alimento en parejas pero pueden llegar a formar grupos pequeños.

Los picaflores como *Patagona gigas* (Fotografía 3.44) y *Rhodopis vesper*, se alimentan de pequeños insectos y del néctar de algunas flores pertenecientes a las familias Cactaceae y Bignoniaceae principalmente. En esta última familia, *Tecoma arequipensis* representa una importante fuente de alimento para este grupo por la importante cantidad de flores y néctar que produce.

Entre los emberízidos (semilleros) destaca *Sicalis olivascens* (Fotografía 3.45) por su elevado número (la especie más abundante y de amplia distribución). Se alimenta de semillas y descansa en arbustos y árboles formando grandes bandadas de hasta 30 ó 40 individuos, sin embargo las bandadas pueden ser más grandes dependiendo de la oferta de alimento y rara vez se observa a individuos solitarios. Tiene preferencias por laderas medias y altas y se refugia en el follaje de árboles de *Prosopis* en el cauce de quebrada durante las horas más calurosas del día.

Durante la época húmeda, correspondiente al muestreo de 2007 y 2008, se registró un total de 26 especies (Tabla 3.59), asimismo, para la época seca correspondiente al muestreo de 2007, se registraron también 26 especies. A pesar de que se registró el mismo número de especies en ambas épocas, estos resultados indican cierta estacionalidad en la ocurrencia de especies, tendencia que puede observarse en el Gráfico 3.66, donde se muestran los cambios en la composición de especies a nivel de familias a lo largo de toda el área evaluada. Así, de manera general, se observa que, familias como Caprimulgidae (chotacabras), Cuculidae (guardacaballos) y Rallidae (gallinetas) se presentaron solamente durante la época húmeda y familias como Troglodytidae (cucaracheros), Charadriidae (chorlos) y Cathartidae (gallinazos) se presentaron solamente en la época seca.

Con la finalidad de observar la variación de las familias de avifauna por zonas y épocas de evaluación, se elaboraron los Gráficos 3.67 y 3.68. De esta manera, se puede observar que durante la época húmeda, en la parte alta de la quebrada Huayrondo, se registraron 7 familias, de las cuales los traupidos y los fringilidos estuvieron presentes únicamente en esta parte de la

quebrada; mientras que la parte baja, se registraron 7 familias, de las cuales sólo los caprimulgidos se restringieron a esta zona. Finalmente, en la desembocadura de la quebrada (río Chili), se registraron 8 familias, de las cuales 4 de ellas, Turdidae, Rallidae, Falconidae y Ardeidae, se registraron solo en esta zona (Gráfico 3.67). La presencia de estas familias en las diferentes zonas evaluadas, se debe a la oferta de alimento y al tipo de hábitat. Así por ejemplo, las especies registradas en la desembocadura de la quebrada (río Chili), a excepción de los falcónidos, son características del monte ribereño (hábitat encontrado mayormente en esta parte de la quebrada), y pueden ser avistadas comúnmente en este tipo de hábitat.

Durante la época seca, para la parte alta de la quebrada, se observó un patrón similar al registrado en la época húmeda, registrándose 8 familias, de las cuales Tharaupidae, Fringilidae, Tyrannidae y Cathartidae se restringieron solamente a esta zona de evaluación (Gráfico 3.68); es importante mencionar que la familia Cathartidae, a pesar de haber sido registrada sólo en esta zona, tiene un amplio desplazamiento en toda el área evaluada. En la parte baja de la quebrada, se registraron 4 familias, observándose aquí una marcada estacionalidad en comparación con la época húmeda, en donde se registraron 7 familias; esta disminución en el número de registros se debe a la poca oferta de alimento (durante la época seca), que hace que las especies se desplacen hacia otras zonas. Hacia la parte de la desembocadura de la quebrada (río Chili), se registraron 8 especies, de las cuales 6 de ellas (Gráfico 3.68) se encontraron restringidas a esta zona evaluada.

### ***Abundancia relativa de la avifauna***

Para la caracterización de las abundancias de la avifauna registrada se hizo uso de la información cuantitativa generada durante las 2 épocas (seca, agosto de 2007 y húmeda, marzo de 2007 y marzo de 2008). Si bien, el establecimiento de transectos o puntos de conteo favorece la evaluación de las especies más representativas y abundantes de una zona, algunas especies debido a sus hábitos o su baja densidad no son necesariamente determinadas durante el desarrollo de la evaluación, por ello se complementa el registro cuantitativo con evaluaciones cualitativas, a fin de enriquecer la lista de incidencia de especies.

Al analizar los resultados por épocas de evaluación se tienen importantes diferencias en los registros entre ambas épocas, incluyendo la ocurrencia de especies, así durante la época húmeda se obtuvo un total de 182 registros mientras que durante la época seca se obtuvieron 291 registros.

Durante la época húmeda, el emberizado *Sicalis olivascens* fue el que presentó mayor abundancia relativa con 24 individuos (13,2% de abundancia relativa), seguida por el “fringilo

pecho negro” *Phrygilus fruticeti* con 23 registros (12,6% de abundancia relativa), la “tórtola cordillerana” *Metriopelia melanoptera* con 22 registros (12,1% de abundancia relativa) y el “picaflor cola ahorquillada” *Rhodopis vesper* con 19 registros (10,4% de abundancia relativa). Estos resultados se pueden observar en el Gráfico 3.69. Asimismo, se puede observar que la dominancia ejercida por *Sicalis olivascens* no es tan marcada durante esta temporada, por lo que se puede hablar de un patrón de dominancia compartida; sin embargo esta tendencia será analizada con mayor detalle cuando se evalúen los resultados a nivel de zonas de evaluación, ya que como ha sido mencionado, existe asociación entre la avifauna y algunos tipos de hábitats.

Durante la época seca *Sicalis olivascens* obtuvo también la mayor abundancia con 185 registros (63,6% de abundancia relativa), seguida de *Leptasthenura striata* con 36 registros (12,4% de abundancia relativa). A diferencia de la temporada anterior, durante esta temporada se registró un claro patrón de dominancia absoluta por *Sicalis olivascens*, que aparentemente está condicionada por la mayor oferta de alimento para esta especie (mayor producción de semillas). Esta tendencia se muestra en el Gráfico 3.70. Asimismo, se puede observar que *L. striata*, presenta un incremento significativo de 25 registros adicionales para la época seca, este incremento podría estar condicionado al mayor desplazamiento de esta especie en búsqueda de insectos para su dieta.

Como ya se mencionó anteriormente, durante la época húmeda, las especies *Phrygilus fruticeti* y *Metriopelia melanoptera*, muestran porcentajes significativos de abundancia relativa, mientras que para la época seca no presenta ningún porcentaje de abundancia, esto se debe a que no hubo registros cuantitativos en los transectos evaluados. Sin embargo, estas especies sí fueron registradas cualitativamente en la época seca, aunque con menor frecuencia que en la época húmeda.

Es importante indicar que, los troquilidos *Rhodopis vesper* y el “colibrí gigante” *Patagona gigas* no han presentado diferencias significativas en su abundancia relativa al comparar ambas épocas, debido a la disponibilidad de alimento que tienen estas especies; por ejemplo el “huarango arequipeño” *Tecoma arequipensis* florea todo el año, *Corryocactus brevistylus* presenta flores al finalizar la época húmeda y durante el resto del año, mientras que *Oreocereus hempelianus* presenta flores durante diferentes épocas del año, entre otras.

El “gallinazo cabeza roja” *Cathartes aura*, especie de gran movilidad, presenta una baja abundancia relativa (0,3%), la misma que sólo fue registrada en la época seca; sin embargo, esta especie por ser oportunista en su hábito alimenticio (carroñero), es muy probable que se

encuentre en diferentes épocas del año, de esta manera su presencia estaría condicionada a la oferta de alimento.

La quebrada Huayrondo puede ser observada como un único sistema cuando se analiza desde la óptica de cuenca hidrográfica; sin embargo, existen diferencias a lo largo de su recorrido (desde la parte alta hasta su desembocadura), por ello es necesario analizarla por subsistemas, en los que los patrones de avifauna pueden tener comportamientos disímiles. Así, los criterios establecidos durante la disposición de transectos resultan de suma utilidad en la descripción del componente biótico, incluyendo la avifauna. A continuación se hace un breve análisis de abundancias por zonas evaluadas.

La parte alta de la quebrada Huayrondo, en comparación con la parte baja y las zonas de cultivo, fue la que obtuvo mayores registros de densidad de avifauna; esto debido a que esta parte de la quebrada, se considera (por los resultados obtenidos) una zona con gran oferta de hábitats para la fauna, ya que presenta características particulares en lo referente a la vegetación favorecida por la presencia de agua.

Durante la evaluación cuantitativa de avifauna, realizada en la época húmeda en el transecto de la parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal), se registró un total de 74 avistamientos. En el transecto T1, ubicado en la red de drenaje oeste de la quebrada, se registró un total de 49 avistamientos, mientras que en el transecto T2, ubicado también en la red de drenaje oeste de la quebrada se registraron 41 avistamientos, según se observa en la Tabla 3.60, siendo las especies más abundantes por transecto *Metriopelia melanoptera* con 20 registros, *Sicalis olivascens* con 17 registros y *Asthenes cactorum* con 11 registros. La dominancia de cada especie por transecto no es muy marcada, sin embargo las abundancias de las otras especies resultan ser relativamente homogéneas con disminuciones progresivas. La ubicación de los transectos de muestra en la Figura 3.23.

La composición hace referencia a la oferta de alimento en la zona, por ejemplo *Metriopelia melanoptera* y *Sicalis olivascens* se alimentan principalmente de granos, los cuales no serían tan abundantes si se correlaciona su oferta con la abundancia de especies granívoras, de igual forma *Asthenes cactorum*, según parece, se alimenta de insectos que encuentran en parches de vegetación (*Baccharis spp*). En conjunto se puede decir que la composición de poblaciones de avifauna en esta temporada se define en función de la oferta de alimento.

Durante la temporada seca, la abundancia total de avifauna registrada, en el transecto del cauce principal de la quebrada Huayrondo, ascendió a 201 avistamientos; para el transecto T1,

se registró un total de 18 avistamientos y para el transecto T2, se registraron 54 avistamientos (Tabla 3.60). La especie más abundante en los tres transectos fue *Sicalis olivascens* con 149, 12 y 24 registros respectivamente, mientras que la segunda especie más abundante fue *Leptasthenura striata*. Estos resultados muestran la notoria dominancia de *Sicalis olivascens* durante esta época, indicando asimismo la abundancia en la oferta de alimento para esta especie (principalmente semillas, aunque es posible que se pueda alimentar de frutos cuando éstos son abundantes).

En la parte baja de la quebrada Huayrondo se registró un total de 18 individuos tanto durante la época húmeda como durante la época seca (Tabla 3.60). Esta diferencia, en contraste con la parte alta de la quebrada, refleja las diferencias en la oferta de hábitats disponibles para la avifauna, siendo notoria la mayor oferta en la parte alta, condicionando una mayor abundancia y diversidad de avifauna. Durante la época húmeda, la especie que tuvo mayores registros fue *Asthenes dorbignyi*, con 5 avistamientos, seguida por *Rhodopis vesper* y *Phrygilus fruticeti*, cada una con 4 registros. *Asthenes dorbignyi* es una especie insectívora, mientras que *Rhodopis vesper* es nectívora e insectívora y *Phrygilus fruticeti* es insectívora y granívora, lo que indica que la mayor oferta de alimento durante esta temporada puede estar compuesta principalmente por insectos y, en menores proporciones, por semillas y néctar de flores.

Durante la evaluación cuantitativa en época seca, la especie que tuvo mayores registros en la parte baja de la quebrada fue *Rhodopis vesper*, con 12 registros, seguida por *L. striata* con 4 registros y *Asthenes dorbignyi* con sólo 2 registros, siendo notoria la diferencia en abundancias, lo que da indicios de una mayor oferta de alimento para esta especie, principalmente néctar de flores, seguida por la oferta de insectos, ya que, como se mencionó anteriormente, *R. vesper* también es consumidora de insectos, al igual que *Leptasthenura striata* y *Asthenes dorbignyi*.

En la Tabla 3.61 se muestra la relación de los hábitos alimenticios de las especies registradas cuantitativamente durante la evaluación.

### **Amplitud de nicho**

En cuanto al análisis de uso del medio o amplitud de nicho, por parte de las especies de avifauna, se consideró la distribución de las mismas contrastándola con los lugares de evaluación. Se emplearon los datos de los registros cuantitativos y cualitativos, determinándose la frecuencia de aparición u ocurrencia de especies en cada zona evaluada para las dos temporadas de evaluación. No se empleó el índice de Shannon (H') como un indicador de la amplitud de nicho debido al número reducido de transectos.



Como ya ha sido mencionado, para el análisis de avifauna se evaluaron 3 zonas durante las épocas húmeda y seca: i) quebrada Huayrondo parte alta, ii) quebrada Huayrondo parte baja y iii) campos de cultivo/monte ribereño (río Chili). Los resultados de presencia de especies se muestran en la Tabla 3.59. Durante la evaluación realizada en la época húmeda se registraron un total de 26 especies, de las cuales *Zonotrichia capensis* y *Phrygilus plebejus* se registraron en las tres zonas (100% de incidencia) pudiéndose determinar que estas especies presentaron un nicho amplio durante la temporada húmeda, mientras que 9 especies se registraron en sólo dos de las zonas evaluadas (66% de incidencia) entre ellas *Metriopelia melanoptera*, *Patagona gigas*, *Rhodopsis vesper* y *Phrygilus fruticeti* observadas en la parte alta y baja de la quebrada, y *Athene cunicularia* (Fotografía 3.46) en la parte baja de la quebrada y en la desembocadura. Estas especies pueden considerarse como de nicho medio, estimándose que pueden existir algunos factores que restringen su distribución a lo largo de toda la quebrada. Finalmente, se registraron 15 especies que fueron vistas en una sola zona (especies con nicho reducido o restringido). Estas especies pueden presentar asociaciones específicas con condiciones particulares de la zona.

Durante la temporada seca se registró un total de 26 especies, de las cuales sólo *Zonotrichia capensis* se registró simultáneamente en las tres zonas (100% de incidencia). Asimismo, se registraron 5 especies de nicho medio, cuatro en las partes alta y baja de la quebrada (*Rhodopsis vesper*, *Asthenes dorbignyi*, *Leptasthenura striata*, y *Sicalis olivascens*) y uno en la parte baja y en la desembocadura (*Metriopelia melanoptera*). Asimismo, durante la época seca, la gran mayoría de especies presentó un nicho estrecho, es decir sólo fueron registradas en una zona. De esta forma, *Metriopelia ceciliae*, *Upucerthia albigula*, *Carduelis magellanica* y *Conirostrum cinereum* mantuvieron la amplitud de nicho reducida y asociada a la parte alta de la quebrada, mientras que, *Nycticorax nycticorax* (Fotografías 3.47 y 3.48) y *Falco sparverius* (Fotografía 3.49) mantuvieron la amplitud de nicho estrecho constante y fue registrado sólo en la desembocadura del río Chili, al igual que otras especies que evidenciaron una marcada estacionalidad en la ocurrencia de avifauna.

De manera general, existe una variación en la amplitud de nicho por la estacionalidad. Para varias especies se observó una contracción en la amplitud de nicho durante la época seca y una dilatación en la época húmeda (e.g. *Phrygilus fruticeti* y *Patagona gigas*). Este comportamiento ocurre mayormente en la quebrada Huayrondo, y no en la zona de campos de cultivo/monte ribereño (río Chili), la cual presenta un hábitat diferenciado al de la quebrada Huayrondo, y las especies en su mayoría tienen un nicho estrecho.

### ***Diversidad de la avifauna***

#### Curvas de especies – área

Las curvas de colecta son una herramienta importante en los estudios sobre biodiversidad (Moreno & Halffter, 2000; Willott, 2001).

La diversidad biológica puede expresarse como el número de especies por área de recolección (Hulbert, 1971), sin embargo esta expresión se ve afectada por el tamaño de la unidad muestral, es decir, por la escala espacial en la que se mide. Esto se expresa en el hecho de que al incrementarse el tamaño de la unidad muestral (transecto), la diversidad también se incrementa hasta alcanzar una tendencia de estabilización. Este patrón se puede analizar mediante el uso de curvas de diversidad acumulada, espectros de diversidad, o mediante las curvas de especies - área (Magurran, 1988).

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo usado en los transectos se han usado las curvas especies - área, en las que se analiza de manera gráfica la acumulación de especies a medida que se incrementa el esfuerzo de muestreo (i.e. puntos de observación dentro de cada transecto). La forma de la curva puede variar en función del orden en que se considere el esfuerzo de muestreo. Para este estudio se utilizó el orden de muestreo original, es decir la aparición de especies en la evaluación de campo, también se usó un orden permutando al máximo los puntos de muestreo dentro de cada transecto, y usando la función matemática conocida como la ecuación de Clench o curva de Clench. Información más detallada sobre este acápite se encuentra en el Anexo I.

La curva de Clench ofrece, los parámetros generados (a y b), los valores del número de especies esperadas, el esfuerzo muestral ideal (para el 95% de registros) y el coeficiente del ajuste del modelo ( $R^2$ ).

En las Tablas 3.62a, 3.62b, 3.62c, 3.62d, 3.62e, 3.62f, 3.62g y 3.62h se presenta el resultado del análisis de las curvas especie/área obtenidas y en los Gráficos 3.71a, 3.71b, 3.71c, 3.71d, 3.71e, 3.71f, 3.71g y 3.71h se presentan las curvas especies/área para el orden de muestreo original y permutado o aleatorio, así como las curvas de Clench y el número esperado de especies (teórico) para las zonas evaluadas cuantitativamente, incluyendo los valores estimados de las variables A y B, tanto para la época húmeda como la época seca. De manera general se observa que existe una tendencia general al acercamiento de la pendiente a un valor mínimo, es decir, una disminución paulatina de la acumulación de especies hasta lograr un número acumulado constante. Se observa, en los diferentes gráficos, que la curva de Clench tiende a la estabilización a partir de la séptima estación de muestreo, estación de mayor

acercamiento al número esperado de especies. Estos resultados nos permiten concluir que un número de 10 estaciones representa un esfuerzo adecuado de muestreo para estimar la diversidad local en la zona estudiada, es decir que el número observado de especies es bastante cercano al número de especies calculada según la ecuación de Clench.

#### Análisis de similitud

Es evidente que ninguna zona de evaluación es exactamente igual a otra y es de interés saber qué tanto se distinguen entre sí y cuáles son las que más se parecen entre ellas. El análisis de similitud consiste en la comparación de las diferentes locaciones evaluadas a fin de establecer similitudes entre éstas con miras a la selección de las zonas y de su manejo.

El análisis de similitud realizado durante el presente trabajo, toma como información la composición de avifauna presente en cada zona, específicamente la información cualitativa, no habiéndose usado los resultados cuantitativos de avifauna, ya que debido al número de transectos y baja densidad de avifauna, el análisis sería impreciso y podría estar muy influenciado por la especie más abundante (Magurran, 1988).

El análisis cualitativo de similitud se ejecutó mediante el índice de Jaccard (Krebs, 1989). El detalle de esta metodología se presenta en el Anexo I.

Los resultados obtenidos del análisis de similitud de Jaccard sirvieron para elaborar dendrogramas a través de un análisis Cluster. El análisis Cluster se inicia con una matriz que proporciona la similaridad entre cada uno de los pares de transectos evaluados, de modo que los dos transectos más similares se combinan para formar un grupo único. El análisis procede mediante sucesivas agrupaciones de las localidades más similares hasta que se combinan para formar un único grupo. Existen diferentes técnicas de agrupamiento en grupos o “clusters”, una de las más utilizadas en ecología es la de enlace promedio (group average clustering, UPGMA) (Magurran, 1988), técnica empleada en el presente estudio. En la Tabla 3.63 se presentan los resultados referentes a los cálculos de los índices de similaridad para cada zona en función a las diferentes temporadas.

En el Gráfico 3.72 se muestra el dendrograma realizado en el que se han colocado las 3 zonas de muestreo durante ambas temporadas (alta, baja y desembocadura). El dendrograma muestra la similitud de cada zona consigo misma para las diferentes temporadas evidenciando patrones diferentes en la incidencia de especies. Esta similitud es mayor para la parte alta de la quebrada Huayrondo, dando a notar un comportamiento de estabilidad temporal en la ocurrencia de especies, el segundo grupo en similitud es la parte baja de la quebrada

Huayrondo, con una menor tendencia de similitud temporal y semejanza en ocurrencia de especies con la parte alta. El tercer grupo es el conformado por la zona de campos de cultivo y la desembocadura del río Chili, que si bien es cierto muestran un agrupamiento (similitud) también refleja mayores diferencias estacionales, y un comportamiento muy diferente a las partes alta y baja de la quebrada, parte de estas tendencias fueron descritas en el análisis de amplitud de nicho.

#### Diversidad local

Como se mencionó anteriormente, la comunidad de aves ha sido caracterizada mediante su diversidad biológica. Esta diversidad es consecuencia tanto del número de especies como de la homogeneidad en las abundancias de las diferentes especies, aspecto que se denomina equidad o uniformidad. De este modo, la medición de la diversidad requiere de la cuantificación de las abundancias relativas de cada especie, lo cual permite determinar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad podrían ser más sensibles a las perturbaciones ambientales.

En el presente estudio, se ha empleado para la medición de la diversidad, el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1988; Krebs, 1989) el cual junto con los índices de riqueza y equidad se describen al detalle en el Anexo I. Para realizar los cálculos de los diferentes índices se hizo uso del programa PAST. Es necesario remarcar que el cálculo de los diferentes parámetros relacionados con la estimación de la diversidad biológica se realizó con los resultados de las evaluaciones cuantitativas especificadas en la descripción metodológica del Anexo I.

En la Tabla 3.64 se presentan los cálculos del análisis de diversidad, en ellos se observa que los índices de diversidad son bastante variados, desde 1,22 bits/individuo, calculado para la parte baja de la quebrada Huayrondo durante la época seca, a 3,09 bits/individuo calculado para la parte alta de Huayrondo quebrada subyacente sur durante la época húmeda. Estos resultados ponen nuevamente en evidencia la variabilidad zonal de la distribución de la avifauna, así como las variaciones estacionales, ya que los mayores valores de diversidad se presentan durante la época húmeda, condicionado por la mayor oferta de recursos que favorece mayores ocurrencias de especies y sus abundancias.

A continuación se hace un análisis de la diversidad por zonas, incluyendo los resultados de la evaluación cualitativa. Se debe señalar que la evaluación cualitativa es de utilidad no sólo con el fin de enriquecer la lista de especies, sino como un indicador de las condiciones ambientales y de oferta de hábitats muchas veces singulares. Sin embargo, algunas especies,

como *Cathartes aura*, pueden registrarse por presencia incidental o movilización a otras zonas y no necesariamente representan la avifauna residente.

#### *Parte alta de la quebrada Huayrondo*

Como ya se mencionó anteriormente, en esta zona se evaluaron tres transectos, dos en la red de drenaje oeste de la quebrada Huayrondo y uno en el cauce principal de la quebrada. En general, la parte alta de la quebrada, presentó la mayor diversidad durante la época húmeda. El análisis de diversidad muestra una alta equidad, producto de la similar contribución del número de individuos por especie a la abundancia total (Tabla 3.60). En la evaluación correspondiente a la época seca se registró una diversidad menor, debido en parte, a la baja equidad de las especies como consecuencia de una distribución heterogénea de la avifauna (i.e. la presencia de bandadas numerosas de *Sicalis olivascens* “chirigüe oliváceo” que mostraron un marcado patrón de dominancia).

Es importante indicar que la conformación de especies fue distinta en ambas épocas, evidenciando nuevamente patrones estacionales en la ocurrencia de especies y en sus densidades, pudiéndose hablar de reemplazo de nichos. Por ejemplo se encontró a *Metriopelia melanoptera*, *Phrygilus fruticeti* y *Asthenes cactorum* en los transectos evaluados en la época húmeda, mientras que *Cathartes aura*, *Metriopelia ceciliae* y *Upucerthia ruficauda* (Fotografía 3.50) fueron registrados en la época seca. Por otro lado la mayoría de especies se mantuvieron presentes en ambas temporadas pero con diferentes densidades, en donde se incluyen a *Anairetes flavirostris*, *Patagonas gigas*, *Rhodopis vesper*, *Conirostrum cinereum*, *Leptasthenura striata*, entre otras. Durante la evaluación cualitativa y cuantitativa se registraron 18 especies en la época húmeda y 16 especies en la época seca distribuidas en esta parte de la quebrada.

#### *Parte baja de la quebrada Huayrondo*

Durante la evaluación de la época húmeda, la diversidad calculada para la parte baja de la quebrada Huayrondo fue menor en comparación con la parte alta. Asimismo, en la evaluación de la época seca, se registró la menor diversidad, consecuencia de una menor ocurrencia de especies y una distribución heterogénea de la abundancia. Ello nuevamente pone de manifiesto una disminución de la oferta de hábitats.

Los registros de los mayores valores de diversidad, corresponden a la época húmeda, tanto para la parte alta como la baja de la quebrada Huayrondo, si bien es cierto numéricamente estos valores son consecuencia de la mayor ocurrencia de especies y altas equidades en la distribución, también son un claro indicativo de la estacionalidad de la oferta de hábitats de

refugio y de alimento, que se dilatan durante la época húmeda condicionados por la vegetación.

Algunas de las especies registradas durante las dos temporadas de la evaluación cuantitativa fueron: *Leptasthenura striata*, *Rhodopis vesper* y *Asthenes dorbignyi*, siendo *Leptasthenura striata* y *Rhodopis vesper* especies asociadas a árboles del género *Tecoma* que ofertan refugio y alimento; mientras *Asthenes dorbignyi* manifiesta preferencia por las cáceas. Es importante mencionar que estas tres especies de aves también se registraron en la parte alta y en ambas épocas (nicho medio de poca variabilidad estacional). Durante la evaluación cualitativa y cuantitativa se registraron 12 especies en la época húmeda y 6 especies en la época seca distribuidas en la zona baja de la quebrada.

#### *Campos de cultivo y monte ribereño (río Chili)*

El área evaluada corresponde a las inmediaciones de la desembocadura de la quebrada Huayrondo, donde se encuentran terrenos de cultivo y el monte ribereño (río Chili). En esta zona no se realizó una evaluación cuantitativa debido a la lejanía de las operaciones actuales y proyectadas, asimismo la ocurrencia de varias de las especies de la zona estaría relacionada con la oferta de hábitats, y debido a que en la zona se hace manejo de los cultivos, existe una alta probabilidad de que la avifauna varíe en función al cultivo y a su estado fenológico.

Durante las evaluaciones de campo se registró un total de 14 especies (Tabla 3.59), 9 especies en la época húmeda y 11 en la época seca. Entre las especies importantes por su abundancia, destacaron la “tortolita peruana” *Columbina cruziana* y el “huaco” *Nycticorax nycticorax*, especie de amplia distribución que se alimenta principalmente de peces, por lo que su presencia está asociada a cuerpos de agua. Entre las especies que destacan por ser rapaces o cazadoras figuran *Falco sparverius* “cernícalo americano” y *Athene cunicularia* “lechuza de los arenales”, estas especies tienen preferencia por este tipo de hábitat, debido a la abundancia de alimento.

Las especies registradas en esta zona en ambas épocas fueron *Nycticorax nycticorax*, *Phrygilus plebejus*, *Turdus chiguanco*, *Athene cunicularia*, *Falco sparverius*, y *Zonotrichia capensis*. Mientras que *Charadrius vociferus* “chorlo gritón” (Fotografía 3.51) se registró únicamente en la época seca.

#### ***Sensibilidad, prioridades de conservación e investigación de la avifauna***

De las especies registradas durante el presente estudio de avifauna y enmarcadas dentro de la caracterización de la avifauna de Stotz *et.al* (1996), alrededor del 65% presenta una

sensibilidad baja, mientras que el 31% presenta una sensibilidad media y un 4% no presenta información. Ninguna de las especies reportadas presenta alta sensibilidad a los impactos. En relación a la abundancia relativa, un 50% de la avifauna registrada es común, 42% es medianamente común, poco común un 4% y otro 4% no presenta datos. Asimismo, la mayoría de especies presenta una baja prioridad de conservación, mientras que *Asthenes dorbignyi* presenta una alta prioridad de investigación, debido a que posiblemente este englobando a otras especies (*Asthenes huancavelicae* y *Asthenes arequipae*) (Tabla 3.65 y Gráficos 3.73 y 3.74).

#### **3.3.2.4 Mastozoofauna**

La evaluación se realizó durante las estaciones húmeda y seca (Marzo y Agosto de 2007 y Febrero de 2008). El método de captura empleado para mamíferos pequeños no voladores consideró el uso de un total de 300 trampas (150 trampas tipo Víctor y 150 tipo Sherman) por cada época de muestreo, establecidas en 5 transectos lineales con 30 estaciones dobles cada uno y ubicados en las partes alta, media y baja de la quebrada Huayrondo (Tabla 3.66, Figura 3.24). La ubicación de las trampas se seleccionó en función a la presencia de vegetación; de este modo, en el cauce de quebrada se hallaron parches densos de vegetación asociados a la presencia de flujos de agua donde se ubicaron las estaciones de muestreo. En ambas épocas de muestreo se hallaron las condiciones apropiadas de cobertura vegetal que permitieron definir la ubicación de los transectos. Cabe destacar que estas condiciones se intensificaron durante el periodo de muestreo correspondiente a la época húmeda (Febrero de 2008) donde se registraron precipitaciones más intensas de lo normal.

Los transectos cuantitativos para mamíferos pequeños no voladores y los transectos cualitativos para mamíferos mayores, se distribuyeron en tres zonas diferentes a lo largo de la quebrada Huayrondo. El criterio que se siguió para esta delimitación, estuvo basado en la marcada diferencia en la conformación de la estructura vegetal (cobertura, riqueza de especies, densidad, entre otros), a lo largo de toda el área evaluada. A continuación se hace una breve descripción de las zonas evaluadas:

- Parte alta de la quebrada Huayrondo  
Área comprendida entre la cabecera de la quebrada (cauce principal y red de drenaje oeste de la quebrada) y la presa Huayrondo.
  
- Parte media de la quebrada Huayrondo  
Área comprendida entre la presa Huayrondo hasta los socavones abandonados ubicados en la margen derecha de la quebrada.

- Parte Baja de la quebrada Huayrondo

Comprendida entre los socavones abandonados y la desembocadura de la quebrada en el río Chili, antes de la línea férrea.

La presencia de mamíferos pequeños voladores (murciélagos) se evaluó mediante el uso de redes de neblina. Se colocaron un total de 5 redes de 12 metros de longitud en dos secciones, parte media y socavones de la quebrada Huayrondo (Tabla 3.66 y Figura 3.24), los cuales han sido identificados anteriormente como refugios (Knight Piésold/AICED, 1997). En el Anexo I se encuentra con mayor detalle la metodología de captura de mamíferos menores.

Para registrar la presencia de mamíferos medianos y grandes - principalmente guanacos - se establecieron ocho transectos de evaluación cualitativa (Tabla 3.66, Figura 3.24), en los cuales se llevó a cabo la búsqueda de registros directos (avistamientos) e indirectos tales como huellas, fecas, bosteaderos y revolcaderos. Estos registros, fueron georeferenciados en coordenadas UTM y ploteados en un mapa del área (Tabla 3.67, Figura 3.25). Asimismo, se colocaron 3 cámaras trampa (Fotografía 3.52) cuyas coordenadas UTM se mencionan en la Tabla 3.66. Los registros fotográficos (en coordenadas UTM) obtenidos con las cámaras trampa se muestran en la Tabla 3.67.

En el presente estudio, se registró un total de 10 especies de mamíferos mediante observación directa, captura, registro de indicios como excrementos, huellas y publicaciones/comunicación oral con terceros. Estas especies fueron: *Lycalopex culpaeus* “zorro andino”, *Lama guanicoe* “guanaco”, *Puma concolor* “puma”, *Platylina genovensium* “murciélago longirostro peruano”, *Lagidium peruanum* “vizcacha”, *Phyllotis limatus* “ratón orejón limeño”, *Thylamys pallidior* “comadreja marsupial común” y *Canis lupus f. familiaris* “perro doméstico” (Tabla 3.55). Estas especies junto con *Equus assinus* “asno silvestre” y *Oncifelis colocolo* “gato de las pampas” han sido reportadas para la zona de evaluación por estudios realizados anteriormente por Knight Piésold/AICED (1997), Knight Piésold (2004), MHN-UNSAA (2006) y Walsh (2007) (Tablas 3.55 y 3.56).

En cuanto al registro de mamíferos menores, durante la época húmeda se capturó un total de 25 individuos de *Phyllotis limatus* (Fotografía 3.53). La mayor captura se obtuvo en la parte alta de la quebrada Huayrondo (20 individuos), mientras que en la parte media se capturaron solamente 5 individuos. No se registró ninguna captura para la parte baja de Huayrondo. Durante la época seca se capturaron 6 individuos para la parte alta de la quebra Huayrondo, 2 para la parte baja y un sólo individuo para la parte media de Huayrondo. Como se puede observar en los resultados obtenidos, las mayores capturas fueron registradas para la parte alta



de la quebrada Huayrondo y durante la época húmeda, lo que refleja una mayor oferta de hábitat en esta zona para *Phyllotis limatus*; esto debido a la presencia de brotes como respuesta inmediata de la vegetación a las precipitaciones y al flujo de agua superficial resultado de las operaciones actuales de SMCV.

*Phyllotis limatus* (antes clasificada como *Phyllotis darwini rupestris*) es considerada una especie de hábitos nocturnos que se distribuye en hábitats rocosos y suele alimentarse en áreas abiertas con poca cobertura vegetal (Kramer y Birney, 2001). Constituye una parte importante de la dieta del zorro andino (Cornejo y Jimenez, 2001) y se considera la única especie de roedor de ambientes naturales registrada en la zona (Zeballos *et al.*, 2001).

Adicionalmente, durante la época seca, se registró a la especie *Thylamys pallidior* (Fotografía 3.54) mediante la captura de un individuo en la parte media de la quebrada Huayrondo. Esta especie estuvo clasificada hasta hace poco tiempo como *Thylamys elegans* “comadreja marsupial elegante”, sin embargo estudios recientes (Solari, 2002) la clasifican como *Thylamys pallidior*. En la Sección 10.6 se detallan algunas características particulares de esta especie.

Los mamíferos pequeños voladores estuvieron representados por la especie *Platylina genovensium* durante ambas épocas de muestreo. Asimismo se observaron flores de *Weberbauerocereus weberbaueri* que por su apariencia evidenciaron la visita del murciélago longirostro peruano (Fotografía 3.55). Durante la época seca se capturaron 6 individuos (Fotografías 3.56 y 3.57) en las redes colocadas cerca de los socavones abandonados donde esta especie se refugia. Estos socavones están ubicados en la ladera derecha entre la parte media y baja de la quebrada Huayrondo (Fotografías 3.58 y 3.59). En la Sección 10.6 se puede ver con mayor detalle algunas características particulares de esta especie.

La mayoría de las especies de mamíferos mayores registradas en la zona presentan una gran movilidad, utilizando la oferta de hábitats de lugares aledaños y distantes del área de estudio y en la misma zona del proyecto; es por ello que obtener avistamientos de estas especies es difícil y su presencia se define en base a la evidencia indirecta que dejan. En este sentido, se registraron diversos rastros de guanaco, huellas, bosteaderos y revolcaderos, durante las dos épocas de muestreo y se registraron caminos de guanaco en las laderas a lo largo de toda la quebrada Huayrondo; ubicándose revolcaderos, bosteaderos y huellas (Fotografías 3.60 a 3.62) que fueron georeferenciados en coordenadas UTM (Tabla 3.67). La presencia del guanaco también fue constatada mediante un avistamiento durante la época húmeda, periodo en el cual se observó un individuo adulto en una de las laderas de la parte media de la

quebrada. El avistamiento obtenido en la evaluación de la época seca correspondió a tres individuos, dos adultos y una cría, observados en la parte alta de la quebrada (Figura 3.25 y Fotografías 3.63 a 3.67). La presencia de agua en una de las quebradas en la red de drenaje oeste de la quebrada Huayrondo, que desemboca cerca a la presa Huayrondo (parte alta de la quebrada), promueve el desarrollo de parches densos de vegetación y presenta una oferta de recursos fuera de lo común para un hábitat que en su mayor área es árido, en consecuencia se generan condiciones atrayentes para los guanacos que se desplazan por la zona; esto fue confirmado por la presencia de huellas y de un revolcadero, todos próximos a la vegetación y al riachuelo que se formó producto de las precipitaciones inusuales durante los meses de enero y febrero de 2008. Los guanacos estarían haciendo uso de los recursos vegetales que ofrece este hábitat artificial generado por las filtraciones de agua.

La presencia del puma fue establecida por comunicaciones orales con los trabajadores del lugar de evaluación, así como por registros realizados por Knight Piésold en el 2004. Adicionalmente, durante el presente estudio se hallaron huellas de esta especie en algunas áreas a lo largo de la parte media de la quebrada y en uno de los brazos auxiliares de la misma. Las comunicaciones orales y los registros de huellas de puma se obtuvieron en ambas épocas de muestreo.

El zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) fue registrado en las dos épocas de muestreo. Estos registros se basaron en huellas, fecas y evidencias fotográficas. La gran cantidad de huellas indicó que la especie hace uso del área, sobre todo en la parte media de la quebrada, por lo que se colocó una cámara trampa en los alrededores y por un lapso de 7 días. En este periodo de tiempo se obtuvieron 2 fotografías durante el día y una durante la noche (Fotografía 3.68). Por esta misma metodología (cámaras trampa) se registró la presencia del perro doméstico en la parte media de Huayrondo (Fotografía 3.69) durante la época seca. Adicionalmente se verificó la presencia de esta especie en ambas épocas de muestreo al hallar huellas y heces en distintos sectores de la quebrada así como en las quebradas aledañas. El perro doméstico es considerado una fuente de perturbación para las especies que naturalmente habitan en Huayrondo. Esta especie puede estar compitiendo directamente por presas con el zorro andino al consumir ratones (*Phyllotis limatus*) y comadrejitas (*Thylamys pallidior*) u otras presas que forman parte del espectro alimenticio del zorro. Por otro lado, la presencia de perros domésticos asilvestrados, en el área evaluada, genera también perturbación sobre los guanacos del área, sobre todo de las crías de éstos, desplazándolos de sus zonas de distribución. Se ha evidenciado que perros en jaurías persiguen a los guanacos y cabe la posibilidad que estén cazando crías para alimentarse.

Adicionalmente se registró la presencia de la especie *Ligidium peruanum* (vizcacha) mediante avistamientos obtenidos durante ambas épocas de evaluación en la parte media de la quebrada y entre las rocas que conforman las laderas (Fotografía 3.70). La acumulación de fecas en áreas rocosas en distintos puntos a lo largo de toda la quebrada indica también la presencia de grupos e individuos solitarios de esta especie. La presencia de vizcachas ha sido previamente reportada en la zona (Zeballos *et al.*, 2001), esta especie es considerada un componente importante en la dieta de zorro andino (Cornejo y Jiménez, 2001), y del búho de virginia (*Bubo virginianus*) registrado en quebradas aledañas como Tinajones (Knight Piésold, 2004).

### **3.3.2.5 Herpetofauna**

Para la evaluación de la herpetofauna se empleó una metodología oportunista mediante el movimiento de piedras y la búsqueda intensiva de posibles áreas de refugio en el área de evaluación.

En el presente estudio, se registraron dos especies de reptiles: *Microlophus cf. peruvianus* (Tropiduridae) (Tabla 3.55), considerada una especie diurna (Fotografías 3.71 y 3.72) y *Phyllodactylus gerrhopygus* “geko” (Gekkonidae), considerada una especie nocturna. Estas especies junto con *Liolaemus insolitus* y *Microlophus cf. tigris* han sido reportadas en estudios anteriores realizados por Knight Piésold/AICED (1997), Knight Piésold (2004) Walsh (2006) y el MHN-UNSAA Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín (2006) (Tabla 3.56). Adicionalmente Knight Piésold/AICED (1997), reportó a la especie *Bufo arequipensis* como único representante de los anfibios en la parte alta de la quebrada Huayrondo; cabe resaltar que esta especie no se ha vuelto a encontrar en esta zona debido a que la quebrada se ha secado con el paso de los años. El género *Bufo* es el género más diverso en la familia Bufonidae e incluye a anfibios de sitios húmedos que cumplen una función clave en el control biológico, especialmente de insectos. La presencia de esta especie de anfibio puede haber sido incentivada por la recarga artificial de agua ocurrida anteriormente en la quebrada Huayrondo. Actualmente es probable que no se encuentren más individuos de la especie debido al prolongado periodo de sequía inducida.

Las especies *Liolaemus insolitus* y *Microlophus cf. peruvianus*, prefieren lugares rocosos y pedregosos en donde buscan a los insectos de los cuales se alimentan. Ambas especies esperan los primeros rayos de sol por las mañanas para calentar su sangre, motivo por el cual es común observarlas inmóviles sobre rocas y promontorios en horas matutinas. *Microlophus cf. peruvianus* es más común que *Liolaemus insolitus* y está más ampliamente distribuida en la zona de estudio, siendo la especie más conspicua del desierto costero peruano (Dixon y

Wright, 1975; En Pérez y Balta, 2007) y de las zonas áridas. Pérez y Balta (2007) reportan segregación en la distribución de *Microlophus peruvianus* respecto a otras especies. De esta forma si bien en las áreas con juveniles de *Microlophus peruvianus* se encuentran otras especies, donde se encuentran únicamente adultos, no se reportarían otras especies. *M. peruvianus* es la especie de mayor tamaño del género *Microlophus* (Dixon y Wright, 1975; En Pérez y Balta, 2007) con un comportamiento muy territorial, lo cual proporciona una ventaja competitiva que se reflejaría en la exclusividad sobre las áreas que ocupan los adultos (Pérez y Balta, 2007), esto afectaría la probable presencia de *Microlophus tigris* la cual ha sido reportada en lomas del desierto costero (Dixon y Wright, 1975; En Pérez y Balta, 2007) donde la mayor humedad desplazaría a *Microlophus peruvianus* que muestra mayor adaptación a climas secos y áridos. El género *Liolaemus* se encuentra ampliamente distribuido en el cono sur de Sudamérica (Vidal, 2004) sin embargo su situación en la zona de estudio es casi desconocida.

Las lagartijas del género *Microlophus* descritas para la zona de estudio pertenecen al llamado grupo *peruvianus* que engloba a varias especies, entre ellas *Microlophus tarapacensis*, *Microlophus peruvianus* y *Microlophus tigris*. *Microlophus tarapacensis* es una especie del desierto interior según Ortiz (1980). Berrios et al (1999) encuentran que las diferencias morfométricas entre las especies chilenas y peruanas son notables. Algunos estudios sugieren que *Microlophus* sólo se encuentra presente en territorio chileno. Sin embargo la taxonomía de *Microlophus* en esta zona aún no está determinada con precisión, al igual que el conocimiento que se tiene sobre su biología (Vidal, 2004).

La especie *Phyllodactylus gerrhopygus* “geko” (Fotografías 3.73 y 3.74), tiene hábitos nocturnos y durante las horas más calientes del día se refugia debajo de las piedras para evitar pérdidas de humedad. Los gekos habitan en zonas muy áridas, registrándose su presencia en lugares con vegetación bastante pobre. Su distribución abarca el sur del Perú y norte de Chile, siendo más común en Tacna.

La aridez y relativa escasez de recursos alimentarios condicionan que las comunidades de saurios presenten diferencias en algunas características de su nicho (trófico, espacial y temporal) para reducir la sobrexposición en el uso de los recursos, permitiendo la coexistencia en simpatría.

### ***Especies de interés***

A continuación se detallan las características de algunas especies que poseen especial atención debido a particularidades como: inclusión en alguna categoría de conservación, prioridades de investigación, entre otros, que determinen medidas especiales de manejo.

#### *Asthenes cactorum* “canastero de los cactus”

El canastero de los cactus es endémico del Perú y fue presentado a la ciencia en 1959 por Koepcke, se encuentra en las vertientes del Pacífico hasta Lima. Habita en zonas áridas, donde la vegetación predominante son los cactus. Vive en las lomas de la costa y las faldas de los andes, mide unos 14,5 cm, se le documenta desde el nivel del mar hasta los 2 400 metros de altitud (según literatura especializada); sin embargo, en la zona del proyecto, esta especie, ha sido registrada hasta 2 600 metros de altitud aproximadamente, ampliando así, en esta zona, su rango de altitud, debido posiblemente a la oferta del hábitat para esta especie en la quebrada Huayrondo. Esta especie se encuentra en la lista de EBAs 052, Endemic Birds of the World – Priorities for Biodiversity Conservation.

#### *Asthenes dorbignyi* “canastero de dorbignyi”

La clasificación de esta especie está discutida por diversos autores. Fjeldså, 1990, considera a la subespecie presente en la zona de estudio como *Asthenes dorbignyi arequipae*, sin embargo otros autores la consideran como *Asthenes arequipa*. Considerando cualquiera de las dos posiciones, este canastero se distribuye en los Andes desde Perú (Lima) a Bolivia y norte de Chile. Habita en los matorrales de montañas. Se le documenta entre los 3 500 y 4 800 metros de altitud, pero puede encontrarse por debajo de los 2 500 m en la vertiente occidental de los Andes en Arequipa, Moquegua y Tacna. Mide unos 16 cm de longitud.

#### *Leptasthenura striata* “tijeral listado”

Usualmente se encuentra en pares o en grupos pequeños, donde los individuos suelen alimentarse varios metros separados (Fjeldsa & Krabbe, 1990). Escala cerca del tope de los arbustos (e.g. *Baccharis*), ocasionalmente desciende al suelo. Es fácil encontrarla en zonas áridas, así como en arbustos montanos esparcidos, a veces se la puede encontrar cerca de cactus y bromeliáceas. Se distribuye entre los 1 500 a 4 000 m de altitud (Clements & Shany, 2001), desde el sur de Ayacucho atravesando Arequipa y el sur del Perú, hasta Tarapacá al norte de Chile. Esta especie se encuentra en la lista de EBAs 052, Endemic Birds of the World – Priorities for Biodiversity Conservation.

*Sicalis raimondii* “chirigüe de Raimondii”

Es endémica del Perú. Habita en lugares rocosos en lomas con niebla y con vegetación de árboles dispersos y laderas con cactus. Casi nunca en tierras de cultivo. Se reproduce en pequeñas colonias, fuera de temporada de cría se encuentra en grupos compactos de 100 ó 1 000 individuos. Se ubica localmente desde el nivel del mar hasta los 2 000 metros de altitud, pudiéndose encontrar también a 3 450 m. en las vertientes del Pacífico del Perú, desde Cajamarca hasta Moquegua. Mide 11,5 cm. aproximadamente (Fjeldsa & Krabbe, 1990).

*Upucerthia albigula* “bandurrita gargantiblanca”

La bandurrita gargantiblanca (*Upucerthia albigula*) fue descrita para la ciencia por Hellmayr en 1932. Por lo general es una especie solitaria. Habita zonas áridas, en arroyos y barrancos con arbustos, y en el matorral desértico. Tiene un rango de distribución entre los 2 300 y 3 900 m de altitud en los Andes de Ayacucho (vertiente baja de la Pampa de Nazca), Arequipa, Tacna. Mide 19,5 cm. aproximadamente (Fjeldsa & Krabbe, 1990). Esta especie se encuentra en la lista de EBAs 052, Endemic Birds of the World – Priorities for Biodiversity Conservation.

*Thraupis bonariensis* “naranjero”

Tiene una amplia distribución (Brasil, Chile, Perú, y Ecuador). Generalmente no es migratorio, produce algunos desplazamientos regionales según sus necesidades alimenticias y las condiciones climáticas. Habita en bosques, matorrales, zonas cultivadas y hasta en zonas urbanas. Se le encuentra sólo, en pares o pequeños grupos de hasta 5 individuos. Asimismo, se registra desde el nivel del mar hasta los 4 000 m de altitud (Fjeldsa & Krabbe, 1990). El macho tiene la cabeza, las alas y ribetes de la cola de color celeste, parte de la cara y dorso negras, pecho y abdomen amarillo-naranja, mientras que la hembra y los ejemplares jóvenes presentan un diseño similar pero muy descoloridos. Mide entre 17 y 18 cm. Es una especie importante por ser un ave frugívora, permitiendo la dispersión de semillas de varias especies botánicas, entre ellas se encuentran las cactáceas, como el *Weberbauerocereus weberbaueri*.

*Phrygilus fruticeti* “fringilo pecho negro”

El fringilo pecho negro se encuentra en el Perú desde el sur de Cajamarca hasta Arequipa, también se distribuye en Chile y Bolivia. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 4 000 m de altitud. Habita en laderas de cerros cubiertos con matorrales o arbustos densos y valles. Mide 17 cm. aproximadamente. Es una especie importante por ser un ave frugívora, como el caso del *Thraupis bonariensis*.

*Lama guanicoe* “guanaco”

El guanaco, *Lama guanicoe*, es un ungulado grande de cuello delgado y pelaje espeso y largo (Eisenberg y Redford, 1999). Es el más grande de los camélidos sudamericanos silvestres, originalmente se hallaba desde el norte de Perú e incluso el sur de Colombia hasta el extremo sur de Chile y a través de Argentina (Eisenberg y Redford, 1999). Su distribución abarca desde los 8° LS en Perú hasta casi los 55° LS en la Tierra del Fuego, incluyendo hábitats desde el nivel del mar hasta los 4 600 metros de altitud. Esta especie recorre grandes territorios en busca de alimento; es uno de los grandes herbívoros de Sudamérica, presenta una serie de adaptaciones anatómicas y fisiológicas que le permiten sobrevivir en condiciones extremas. Debido a su adaptabilidad a distintas condiciones y especialmente por su forma de alimentación, el guanaco ocupa hábitats con marcadas diferencias en estructura de la vegetación, relieve, clima y presencia de actividades humanas.

El rango histórico de distribución del guanaco era mucho más amplio que el actual. La cacería, destrucción de hábitat y el cambio climático contribuyeron a llevar a las manadas fuera de las zonas bajas y hacia las montañas (Eisenberg y Redford, 1999). El guanaco es una especie rara y con baja población en el Perú, el último censo nacional realizado por el CONACS en 1996 registró una población total de 3 810 individuos para todo el territorio nacional y 1 124 individuos para el departamento de Arequipa. En el año 2000, se realizó un censo poblacional en el departamento de Arequipa en donde se registró una disminución de la población de guanacos con un total de 1 045 individuos para todo el departamento y un total de 186 individuos para la provincia de Arequipa (incluidos los distritos de Yarabamba, Polobaya y Yanahuara) (Zúñiga, 2004). Las últimas evaluaciones por región efectuadas por el Grupo Especialista de Camélidos Sudamericanos (GECS) para las Listas Rojas de IUCN, detectan una serie de poblaciones que han disminuido drásticamente su tamaño y corren riesgo de desaparecer (CONACS, 2007). Los principales factores vinculados con la reducción de sus poblaciones, se relacionan con la alteración del hábitat, la competencia por introducción de ganado, la caza indiscriminada – legal e ilegal – y la carencia de planes de protección y manejo que aseguren su conservación (Montes *et al.*, 2000; Pacheco, 2002; Baldi *et al.*, 2006).

El guanaco en el Perú ha sido registrado en un rango que va desde el nivel del mar hasta los 3 500 a 3 800 metros de altitud. Su hábitat son las lomas costeras, las vertientes occidentales andinas y algunos valles secos interandinos. Durante el verano esta especie se desplaza hacia las vertientes altoandinas para aprovechar los abundantes pastos de la época. Zúñiga (Zúñiga, 2004) menciona la existencia del desplazamiento de guanacos desde la pampa Yarabamba - Arequipa hasta las lomas del distrito de la Punta Bombón cruzando las Pampas

de Cledesí (Zúñiga, 2004). En la actualidad, las rutas de migración se han cortado por las carreteras y los poblados, y sólo en contados lugares el guanaco puede hacer su migración estacional (Brack, 2003). Baldi y sus colaboradores (1997), sugieren que la presencia de refugios y de vías de escape constituye un recurso crítico para la supervivencia del guanaco. Además de ello, cualquier plan de protección de la especie debe de considerar la estacionalidad en sus desplazamientos y la amplitud de su hábitat así como la modificación del hábitat propicio para su distribución.

Los guanacos pueden encontrarse en tres diferentes grupos sociales: grupos familiares, las tropillas de machos y los machos solitarios. Los grupos familiares están compuestos por un único macho reproductor con varias hembras y sus crías. Cada familia ocupa un territorio defendido por el macho. Estas bandas familiares utilizan el mejor hábitat disponible y todos los miembros de la familia usan estercoleros comunales. Estos estercoleros pueden ser bastante grandes y servir como demarcadores de territorio. Por su parte, las tropillas de machos no son grupos estables en tamaño y composición y ocupan el hábitat periférico. Estas tropillas están compuestas por machos jóvenes; mientras que los machos solitarios son generalmente machos sexualmente maduros que no consiguieron formar una familia (Eisenberg y Redford, 1999). La estructura social del guanaco es muy variable entre un hábitat y otro, en algunas zonas los territorios son defendidos por años, mientras que en otros los animales migran estacionalmente (Eisenberg y Redford, 1999).

Los principales factores vinculados a la reducción de sus poblaciones, se relacionan con la alteración del hábitat, la competencia por introducción de ganado, la caza indiscriminada – legal e ilegal – y la carencia de planes de protección y manejo que aseguren su conservación (Montes et al., 2000; Pacheco, 2002; Baldi et al., 2006). Los parámetros críticos para su supervivencia son la presencia de refugio y vías de escape de los depredadores (Saba, 1987 citado en Baldi et al., 1997); además de ello cualquier plan de protección de la especie debe de considerar la estacionalidad en sus desplazamientos y la amplitud de su hábitat así como la modificación del hábitat propicio para su distribución.

El guanaco es una especie generalista que se alimenta mayormente de especies arbustivas y de cactáceas, no consumen mucha agua pudiendo soportar hasta cinco días sin requerirla. En densidades altas, el guanaco se comporta de manera muy territorial y en densidades más bajas, adopta patrones menos rígidos. El guanaco es un animal diurno, es activo hasta el atardecer y luego se refugia en áreas abrigadas. La principal actividad diurna del guanaco es la alimentación, la cual se intensifica al mediodía y en la tarde. La actividad de vigilancia



decrece a lo largo del día. Durante la noche se agrupa en sitios protegidos y en la mañana regresa a las zonas de forrajeo (Zúñiga, 2004).

La abundancia y distribución de guanacos en la quebrada Huayrondo y quebradas aledañas respondería a variables ecológicas y antrópicas. Se observaron indicios de la presencia de esta especie a lo largo de toda la quebrada, siendo la parte alta y media la más frecuentada. Las quebradas aledañas que desembocan en Huayrondo también presentaron rastros que evidencian la presencia del guanaco en esas zonas.

A continuación se describen los indicadores que constituyen evidencia de la presencia de esta especie en el área de estudio.

#### *Áreas de alimentación*

La quebrada Huayrondo presenta una vegetación que esta activa durante todo el año, en esta quebrada se pueden apreciar plantas arbóreas, arbustivas, herbáceas, cactáceas columnares y postradas. Las plantas arbóreas más representativas son la “yara” *Prosopis pallida* y el “molle” *Schinus molle*; mientras que entre las especies arbustivas están *Tecoma arequipensis*, *Ephedra americana*, *Ephedra breana*, *Tessaria integrifolia* *Senecio yurensis*, *Jatropha macrantha* entre otras, adicionalmente entre las cactáceas se encuentran: *Cumulopuntia spherica*, *Weberbauerocereus weberbaueri* y *Neoraimondia arequipensis*.

El guanaco, como se mencionó anteriormente, es una especie generalista que se alimenta fundamentalmente de especies herbáceas y arbustivas (e.g. poáceas, boragináceas, solanáceas, efedráceas, malváceas y asteráceas). Estudios realizados en Argentina por Candia y Dalmaso (1995) aseguran que el guanaco tiene preferencia por algunas especies de los géneros *Prosopis*, *Schinus*, *Ephedra* y *Senecio*. Asimismo se ha reportado que el guanaco se alimenta de cactáceas como *Corryocactus brevistylus* y *Weberbauerocerus weberbaueri*, debido a que se han encontrado cortezas de estas cactáceas que muestran huellas de haber sido mordidas parcialmente.

Por los resultados obtenidos y las observaciones realizadas, la quebrada Huayrondo (sobre todo la parte alta) se muestra como una de las áreas de alimentación que podrían estar usando los guanacos residentes de Cerro Verde.

#### *Revolcaderos*

Son lugares con escasa vegetación utilizados por los guanacos para limpiar su pelaje y aliviar molestias causadas por ectoparásitos y están conformados por depósitos de ceniza de

granulometría fina (Knight Piésold, 2006) (Fotografía 3.60). La ubicación exacta de los revolcaderos se encuentra en la Tabla 3.67; asimismo, en la Figura 3.25 se muestran los lugares donde se observaron estos. Se puede determinar el uso de los revolcaderos en base a sus características: ceniza volcánica removida y suelta con huellas frescas dentro y en los alrededores son características propias de un revolcadero que está en uso o activo; es así que durante la época seca se hallaron la mayor cantidad de revolcaderos activos, mientras que durante la época húmeda los revolcaderos observados no mostraron indicios de uso reciente.

#### *Bosteaderos*

Son lugares en donde los guanacos depositan sus heces. Se encontraron bosteaderos dispersos en algunas áreas de la parte alta de la quebrada Huayrondo (Fotografía 3.61). La ubicación de los bosteaderos hallados en la zona de estudio se presenta en la Tabla 3.67 y Figura 3.25. Al igual como se mencionó para los revolcaderos, se observaron bosteaderos frescos únicamente durante la época seca.

#### *Caminos*

Fue posible observar diversos caminos utilizados para el desplazamiento de los guanacos en las partes alta, media y baja de la quebrada Huayrondo. Estos caminos mostraban huellas recientes y antiguas del desplazamiento de la especie. Por la antigüedad de los caminos encontrados en la parte baja de la quebrada se puede afirmar que los guanacos no están frecuentando esa área, posiblemente debido a su cercanía con el río Chili y la población.

#### *Avistamientos*

La presencia del guanaco también fue constatada mediante un avistamiento durante la época húmeda, periodo en el cual se observó un individuo adulto en una de las laderas de la parte media de la quebrada; el avistamiento obtenido en la evaluación de la época seca correspondió a tres individuos, dos adultos y una cría, observados en la parte alta de la quebrada (Fotografías 3.63 a 3.67). Esto constata la actividad de la especie evidenciada previamente con el registro de huellas, revolcaderos y bosteaderos a lo largo de la toda la quebrada. Estudios realizados por Knight Piésold (2004) sugieren que la quebrada Huayrondo es parte de un área que incluye la quebrada Siete Vueltas y Cerro Negro como área de tránsito, pues dicha quebrada comunica con la pampa de Yarabamaba, quebrada Enlozada, parte alta de las quebradas Tinajones y San José y la quebrada Linga.

*Lycalopex culpaeus* “zorro andino”

Se obtuvieron registros de zorro andino en las dos épocas de muestreo. Estos registros se basaron en huellas, fotografías y fecas. La gran cantidad de huellas indica que la especie hace uso del área.

En Perú, el zorro andino es el más grande de las especies del género *Lycalopex*. Se distribuye a lo largo de los Andes en Ecuador, Perú, Chile y Argentina y se le encuentra en diversos tipos de hábitat, mayormente áridos y semiáridos. Es una especie que se mantiene activa tanto en el día como en la noche y en algunas áreas muestra movimientos estacionales en búsqueda de presas (Eisenberg y Redford, 1999). Se le considera como una especie omnívora que incluye en su dieta lagartijas, aves, roedores así como materia vegetal; en zonas aledañas al área de estudio se ha reportado que el mayor componente de su dieta es el roedor *Phyllotis limatus*. La diversidad de las presas que componen su espectro alimentario sugiere la alta capacidad de la especie para explotar los recursos de su ambiente (Cornejo y Jiménez, 2001).

*Thylamys pallidior* “comadreja marsupial común”

La distribución de las especies del género *Thylamys* incluye hábitats desérticos y pequeños valles de la costa así como valles andinos y matorrales arbustivos de la sierra en el centro y sur del Perú (Solari, 2002). Es una de las especies más pequeñas y con el rango de distribución más amplio para su género. Habita en desiertos, lomas, serranía, monte desértico arbustivo e incluso se le registra hasta la puna (Solari, 2002). Se distribuye en Argentina, Bolivia, Chile y la vertiente occidental de los Andes Peruanos. Tiene amplia distribución vertical entre los 2 400 a 3 800 metros de altitud en los Andes de Bolivia y Argentina y hasta cerca del nivel del mar en la costa del Perú (Solari, 2002).

La separación entre diferentes especies de *Thylamys* se ha basado en estudios moleculares, los cuales permitieron distinguir la presencia de *Thylamys pallidior* en el Perú cuando anteriormente sólo se reconocía la presencia de *Thylamys elegans* (Eisenberg y Redford, 1999; Pacheco, 2002). Actualmente la separación entre especies en Sudamérica es bien conocida con algunas superposiciones entre especies como *Thylamis. pallidior* y *Thylamis tatei* en la costa central del Perú. En Arequipa, *Thylamys pallidior* ha sido registrada previamente en diferentes localidades incluida la quebrada Huayrondo (Cornejo y Jiménez, 2001, Knight Piésold, 2004; MHN-UNSA, 2006; Walsh, 2007 y Zeballos *et al.*, 2000, 2001). Dentro de su distribución en Arequipa, únicamente las poblaciones de la Reserva de Salinas y Aguada Blanca y del Santuario Nacional Lagunas de Mejía se encuentran protegidas (Solari, 2002).

*Platalina genovensium* “murciélago longirostro peruano”

*Platalina genovensium* es una especie endémica del Perú (Pacheco, 2002, Eisenberg y Redford, 1999). Su distribución principalmente abarca territorio peruano (Pacheco, 2002, Eisenberg y Redford, 1999), sin embargo también ha sido reportada en Arica - Chile por Galaz, *et al.* en 1999.

Esta especie es polínivora y nectarívora, habita en cuevas y se alimenta de cactus (Eisenberg y Redford, 1999). *Platalina genovensium* es un polinizador importante para los cactus de Weberbauer (*Weberbauerocereus weberbaueri*) (Arakaki *et al.*, 2006), incluso más importante que los picaflores, insectos o la autopolinización (Sahley, 1996), esto le da un gran valor para los ecosistemas desérticos (Zeballos *et al.*, 2001). Estudios realizados por Sahley (1996) demuestran que llega a representar hasta el 70% de los agentes polinizadores de *Weberbauerocereus weberbaueri*. *Platalina genovensium*, también depende en gran medida de *Weberbauerocereus weberbaueri*, principalmente en épocas de sequía, pues esta planta produce flores y frutos durante la mayor parte del tiempo en forma continua. Durante la sequía de los años 1992 - 93, la población de *Platalina genovensium* disminuyó drásticamente y los individuos supervivientes llegaron a sostenerse casi exclusivamente gracias a *Weberbauerocereus weberbaueri* (Sahley, 1996).

La especie actualmente está amenazada por la cacería indiscriminada, producto de creencias populares que indican que su sangre es un buen remedio contra la epilepsia. En Arequipa ofrecen al murciélago longirostro peruano (individuos muertos) como parte de la medicina tradicional.

*Platalina genovensium* es considerada como una de las pocas especies endémicas para la llamada Unidad de Planificación Ecorregional Pacífico Ecuatorial (Tirira *et al.*, 2004) o la Región Neotropical. Su presencia ha sido anteriormente reportada para Arequipa por Zeballos *et al.* (2000, 2001), sin embargo, el conocimiento de la especie es limitado al igual que sucede con la mayoría de mamíferos que habitan zonas costeras y alto andinas. En los últimos años *Platalina genovensium* ha sido desplazada de zonas donde anteriormente se le consideraba como especie común, los factores que han incidido en este desplazamiento son la presión de caza con fines tradicionales (medicinales y artesanales) y la alteración de sus hábitats por actividades mineras y agrícolas (Zeballos *et al.*, 2001).

*Oncifelis colocolo* “gato de las pampas”

Si bien esta especie no fue registrada en el presente estudio, ha sido reportada en estudios realizados por Knight Piésold/AICED en el año 1997 y Knight Piésold en el 2004 en la zona

de evaluación y ha sido reportada en áreas cercanas a ésta por Zeballos *et al.* (2000, 2001) y Eisenberg y Redford (1999).

*Oncifelis colocolo* es considerada una especie polimórfica, se encuentra distribuida en los altos Andes desde Ecuador hasta la Patagonia en un rango que abarca desde los 2 000 metros e incluso supera los 5 000 metros de altitud (Eisenberg y Redford, 1999; Tirira, 2007). El gato de las pampas es un deambulador nocturno que se alimenta principalmente de pequeños mamíferos (Eisenberg y Redford, 1999); ha sido encontrado cerca de colonias de vizcachas, sin embargo entre las especies potenciales que intervienen en su dieta también deben considerarse roedores cricétidos como *Phyllotis limatus*.

### **3.3.2.6 Relaciones tróficas**

En el Gráfico 3.75 se presenta de manera simplificada la red trófica para los taxones identificados en quebrada Huayrondo.

Como productores primarios se ubican especies arbóreas como *Tecoma arequipensis* y *Prosopis pallida* “yara” que ocupan el hábitat de cauce de quebrada. También se observan especies arbustivas de hábitat de cauce y ladera; y las cactáceas de hábitat de ladera de quebrada donde la más abundante y común es *Weberbauerocereus weberbaueri*. En el caso del esquema simplificado formación de laderas - cauce seco de quebrada, especies como *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Prosopis pallida* y *Ephedra sp* presentan una importante posición en el ecosistema debido a la generación de insumos necesarios para la existencia de los niveles tróficos superiores. Los frutos y corteza de *Weberbauerocereus weberbaueri* son consumidos por herbívoros como el guanaco (*Lama guanicoe*) que aprovecha el agua y nutrientes almacenados en las partes suculentas de la cactácea, asimismo los frutos del arbusto *Ephedra sp.* son consumidos por el guanaco.

La “yara” produce las llamadas algarrobas o vainas de alto contenido nutricional que son aprovechados por aves y mamíferos, especialmente por el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*). Otros organismos como las dos especies de roedores registradas *Lagidium peruanum* y *Phyllotis limatus* consumen principalmente los frutos y granos de las especies arbóreas y arbustivas así como también incluyen insectos en su dieta. *Phyllotis limatus* es el único roedor cricétido de distribución natural en Huayrondo, siendo el principal mamífero consumidor de granos, frutos e insectos. El otro roedor presente es la vizcacha (*Lagidium peruanum*) y ocupa hábitats de ladera de quebrada, este roedor chinchillido es un consumidor importante de la materia vegetal que crece en las laderas de la quebrada e incluye líquenes en su dieta

(Zeballos *et al.*, 2000). Ambos roedores ocupan hábitats diferentes pudiendo existir superposición en el consumo de algunos recursos sin llegar a ser competidores excluyentes.

Donde si se observaría competencia excluyente es entre el asno *Equus asinus* y el guanaco *Lama guanicoe*; *Equus asinus* es una especie introducida y es un competidor directo con el guanaco ya que comparten un mismo nicho trófico explotando los mismos recursos, principalmente arbustos y hierbas.

Dentro de los consumidores secundarios, la mayoría de especies tanto aves, mamíferos y reptiles consumen materia vegetal como frutos, semillas y néctar y también incluyen insectos en su dieta. Especies como el murciélago longirostro peruano (*Platalina genovensium*) aprovechan tanto el néctar y partes florales como los frutos para alimentarse, siendo su más importante fuente de alimentos durante las épocas de sequía (Sahley, 1995); la relación que existe entre *Platalina genovensium* y *Weberbauerocereus weberbaueri* es un componente muy frágil de la red trófica de quebrada Huayrondo.

El grupo de consumidores terciarios incluye a aves y mamíferos. Dentro de las aves se consideran dos órdenes: Falconiformes (halcones) y Strigiformes (lechuzas). Dentro de los mamíferos se observan dos grupos, los cánidos y los felinos. En el grupo de consumidores terciarios se consideran tanto especies carroñeras, especies carnívoras, y especies omnívoras. La única especie carroñera registrada es el gallinazo (*Cathartes aura*), mientras que las especies netamente carnívoras son los halcones, lechuzas y felinos. El puma (*Puma concolor*) es el mayor depredador que se encuentra en quebrada Huayrondo, sin embargo su presencia no es permanente a diferencia de lo que se esperaría para el resto de depredadores que habitan la quebrada o en zonas aledañas. Por otro lado el único omnívoro natural de quebrada Huayrondo es el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) que consume tanto semillas, granos, frutos, roedores e insectos. La presencia de perro doméstico como especie exótica implica la competencia por recursos.

En el esquema simplificado de la red trófica de quebrada Huayrondo se aprecia que especies como *Tecoma arequipensis*, proveen de néctar e insectos a especies como *Rhodopis vesper*, *Conirostrum cinereum* y *Anairetes flavirostris*. Especies como *Zonotrichia capensis* tienen hábitos omnívoros, y en un nivel trófico mayor, se encuentra a depredadores como *Athene cunicularia* y *Falco sparverius*. El carroñero por excelencia en la zona es *Cathartes aura* que sobrevuela grandes distancias buscando animales muertos de los que se alimenta.

### **3.3.2.7 Especies con estatus especial de conservación**

#### **Decreto Supremo N° 034-2004-AG**

Ninguna de las especies de aves reportadas durante la evaluación se encuentra incluida en alguno de los estatus de conservación considerados por el Decreto Supremo N° 034-2004-AG.

De las especies de mamíferos determinadas en la zona de estudio, *Platalina genovensium* “murciélago longirostro peruano” se encuentra clasificada En Peligro Crítico (CR), *Lama guanicoe*, “guanaco” En Peligro (EN) y *Puma concolor* “puma” como Casi Amenazado (NT). De la herpetofauna reportada para la quebrada Huayrondo, la única especie que se encuentra protegida según el D.S. 034-2004-AG es *Microlophus tigris* y está considerada como Casi Amenazada (NT) (Tabla 3.68).

#### **IUCN**

De acuerdo con la UICN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), para el grupo de avifauna, ninguna de las especies registradas se encuentra bajo alguna categoría de conservación. En el caso de la mastozoofauna, la IUCN considera a *Platalina genovensium* en situación Vulnerable (VU), mientras que al *Puma concolor* lo cataloga como Casi Amenazado (NT). En relación a *Lama guanicoe*, la IUCN la cataloga como una especie en bajo riesgo (LR) (Tabla 3.68). Esta clasificación considera a la población de guanacos en toda su área de distribución natural, es decir a nivel de toda América Latina. En cuanto al gato de las pampas, la IUCN clasifica a la especie como casi amenazada (NT) (Tabla 3.68). Ninguna de las especies de reptiles registradas en el presente estudio se encuentra dentro de alguna categoría de la IUCN.

#### **CITES**

El convenio CITES (Convention on the International Trade in Endangered Species of Fauna and Flora) registra en su lista a 10 especies de aves, incluidas en el Apéndice II, entre ellas se encuentra *Athene cunicularia*, *Buteo polyosoma*, *Rhodopis vesper* y *Patagona gigas*. En el caso de los mamíferos, se ubican en el Apéndice II, *Puma concolor*, *Lycalopex culpaeus*, *Oncifelis colocolo* y *Lama guanicoe* (Tabla 3.68).

#### Especies endémicas

Se han registrado tres especies de aves en el criterio de endemismo: *Asthenes cactorum*, *Metallura phoebe* y *Sicalis raimondii* (Clements y Shany, 2001)

Para los mamíferos, *Platalina genovensium* es considerada una especie endémica del Perú (Pacheco, 2002, Eisenberg y Redford, 1999), sin embargo existen registros que confirman la presencia de la especie en el norte de Chile (Galaz *et al.*, 1999; Universidad de Chile, 1999)

Algo similar a lo que se observa para *Platalina genovensium* ocurre con *Lagidium peruanum*, especie considerada como endémica para Perú (Pacheco, 2002), sin embargo existen registros de la especie en Ecuador, Bolivia y Chile (Eisenberg y Redford, 1999; Werner *et al.*, 2006).

### EBAs

Según The Endemic Bird Areas of the World (EBAs), tres especies están registradas como endémicas para la EBA 052 (Perú-Chile Pacific slope) *Asthenes cactorum*, *Leptasthenura striata* y *Upucerthia albigula*. *Leptasthenura striata* está esencialmente restringida a esta EBA pero tiene poblaciones reproductivas con distribuciones demasiado grandes para estar consideradas como ave endémica. Adicionalmente, esta especie puede ser observada fuera del EBA.

### **3.3.2.8 Áreas naturales protegidas**

En las cercanías de la zona de estudio no existen Áreas Naturales Protegidas por el Estado (ANPE). El Área protegida más cercana, la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, se encuentra a un poco más de 100 km., siguiendo la carretera Cerro Verde – Arequipa (30 km.) y Arequipa – Salinas (73,5 km.). El Santuario Nacional Lagunas de Mejía se encuentra a una distancia similar, aproximadamente a 115 km. de la zona evaluada.

## **3.4 Ambiente de interés humano**

### **3.4.1 Paisaje**

A solicitud de SMCV, Knight Piésold realizó un estudio de línea base del paisaje en la quebrada Huayrondo. El alcance de este estudio incluye los trabajos de campo y el análisis e interpretación de la información recabada. Las evaluaciones de campo se realizaron tanto en la estación húmeda (marzo de 2007 y marzo de 2008) como en la estación seca (agosto de 2007) con la finalidad de caracterizar los principales atributos paisajísticos presentes en el área del proyecto.

El estudio incluye un análisis del paisaje desde dos enfoques: el primero de ellos desde el enfoque visual (paisaje visual), cuya consideración corresponde al enfoque de la estética o de la percepción e involucra una descripción de los componentes paisajísticos (elementos físicos, biológicos y culturales), así como la interacción espacial de estos elementos y las principales dinámicas que tengan dimensión paisajística. De modo complementario, y teniendo en cuenta



las operaciones contempladas en el área, se realizó un análisis de calidad visual y un análisis de fragilidad y capacidad de absorción del paisaje. El segundo enfoque se realiza considerando el paisaje total que identifica al paisaje con el medio, analizando los elementos del mismo (geomorfología, suelos, agua, vegetación, acciones humanas, etc.) con una visión ecológica o sistémica, en donde el interés del análisis se centra en la importancia del paisaje como indicador o fuente de información sintética del territorio. Este segundo enfoque se analiza con detalle en la síntesis ambiental de este capítulo.

### ***3.4.1.1 Evaluación del paisaje visual***

#### ***Área de estudio***

El área de estudio paisajístico queda delimitada desde la cabecera de la quebrada Huayrondo a partir de los sectores que no se encuentran perturbados por las operaciones actuales hasta la confluencia de la red de drenaje con el cauce del río Chili (Figura 3.26).

#### ***Zonas evaluadas***

Debido a que se registraron algunas diferencias paisajísticas en el área de estudio, y que para la aplicación del análisis visual se requieren unidades relativamente homogéneas (BLM, 1980), se procedió a una zonificación basada en criterios morfológicos y biológicos.

En la Figura 3.26 se muestra la zonificación realizada y a continuación se presenta la nomenclatura utilizada para tal zonificación y los lugares de evaluación que incluyen. Es necesario indicar que para fines de evaluación del paisaje se realizó una división diferente a la empleada en las evaluaciones biológicas debido a similitudes visuales. La parte alta de las evaluaciones del paisaje corresponde a la parte alta y media de las evaluaciones biológicas. La parte baja es la misma empleada en las evaluaciones biológicas.

#### Parte alta de quebrada Huayrondo (Cauce principal)

Área comprendida entre la cabecera de la quebrada en las inmediaciones de los sectores no afectados por las plataformas de lixiviación y los socavones abandonados ubicados en la margen derecha de la quebrada.

#### Parte alta de quebrada Huayrondo (Cauce oeste)

Área comprendida por redes de drenaje que parten desde los linderos de las plataformas de lixiviación en operación y la confluencia con el brazo principal de la quebrada Huayrondo.

Parte baja de la quebrada Huayrondo

Comprendida entre los socavones abandonados y la desembocadura de la quebrada en el río Chili, antes de la línea férrea.

Valle del río Chili

Esta zona incluye un pequeño sector ubicado en el monte ribereño o vegetación de orilla ubicada a ambos márgenes del río Chili, luego de la desembocadura de la quebrada Huayrondo.

**3.4.1.2 Caracterización de elementos paisajísticos**

El paisaje es la percepción humana de la naturaleza en un segmento geográfico que puede ser observado en determinado momento. Si bien esta percepción es distinta para diferentes observadores y momentos, ha demostrado su utilidad en el análisis ambiental y constituye un contexto válido para el análisis de los impactos que cierto proyecto puede producir en un contexto geográfico y temporal determinado.

De acuerdo con Canter (Canter, 1998), el paisaje es la morfología del terreno y su cubierta conformando una escena visualmente distante. La cubierta del terreno comprende el agua, la vegetación y los distintos desarrollos antrópicos, incluyendo entre ellos a las ciudades. El paisaje es una extensión del escenario natural visto por un ojo a una sola vista, o la suma total de las características que distinguen un área determinada de la superficie de la tierra de otras áreas. Estas características son el resultado no sólo de los agentes naturales sino también de la ocupación del hombre y del uso del suelo.

El paisaje también puede definirse como: “la parte perceptible de la tierra definida por la relación e interacción entre diversos factores: suelo, relieve, agua, clima, flora, fauna y el hombre; combinación de aspectos naturales, culturales, históricos, funcionales y visuales. El paisaje puede ser considerado como el reflejo de la actitud de la comunidad con respecto a su medio natural y de la forma en que actúa sobre el mismo” (UNEP, 1982).

Para caracterizar el paisaje en el área de estudio, se describieron e integraron los siguientes componentes paisajísticos:

- Elementos y procesos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos de relevancia en el paisaje.
- Elementos y procesos biológicos y ecológicos de dimensión paisajística, prestando especial atención a la cobertura vegetal.

- Elementos antrópicos, centrándose en los usos y aprovechamiento del suelo y en su grado de integración con el paisaje, núcleos urbanos, hábitat disperso, infraestructuras, elementos culturales, etc.

A continuación se describen estos elementos paisajísticos sistemáticamente agrupados en:

- Componentes naturales: conformado por los elementos físicos y biológicos.
- Actuación humana: obras culturales que destacan visualmente en el paisaje, como centros poblados, caminos u otra modificación del entorno por causa humana.
- Organización visual del espacio: Integra los órdenes anteriormente descritos, es decir evalúa y resume la interacción del orden de naturaleza y el orden de sociedades de modo que exprese el efecto visual de estas relaciones. Las relaciones entre las características visuales de los distintos componentes pueden describirse en términos de su contraste visual, dominancia visual e importancia relativa de las características visuales. Dentro de esta descripción visual se consideran las siguientes características:
  - Color: Propiedad de reflejar la luz con una particular intensidad y longitud de onda.
  - Forma: Es el volumen o figura de un objeto o de varios objetos que aparecen unificados visualmente.
  - Línea: Es el camino real o imaginario que percibe el observador cuando existen diferencias bruscas entre los elementos visuales (color, forma o textura) o cuando los objetos se presentan en una secuencia unidireccional.
  - Textura: Es la manifestación visual de la relación entre la luz y sombra motivada por las variaciones existentes en la superficie de un objeto.
  - Dimensión y escala: Es el tamaño o extensión de un elemento integrante del paisaje.
  - Configuración espacial o espacio: Es un elemento visual complejo que engloba el conjunto de cualidades del paisaje determinadas por la organización tridimensional de los objetos y los espacios libres o vacíos de la escena.
- Dinámicas: El paisaje puede mostrar indicios de las dinámicas resultantes de la interacción de estos elementos.

Luego de la descripción de los elementos a considerar, se caracteriza mediante éstos a cada zona presentada con anterioridad.

***Parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal)***

Entre las Fotografías 3.75 y 3.88 se presentan las vistas de la parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal) empleadas para el análisis. A continuación se presentan los elementos empleados para la caracterización.

Componentes naturales

El relieve de la cabecera está caracterizado por colinas estables de poca altura algo redondeados con alturas de 70 a 120 m en relación a los cauces aluviales. Conforme se descende en niveles altitudinales, las laderas presentan aspecto agreste y rocoso, cubierto por gravas, bolones y bloques. Los fondos de quebrada presentan cauces estrechos aluviales superficiales de régimen esporádico y/o seco, formados por aportes de sedimentos aluviales antiguos de drenaje dendrítico. Se presentan laderas deluviales con grava, bolones y bloques subredondeados a subangulosos. En menor proporción existen laderas eólicas aisladas.

Los suelos son escasos y se restringen a la acumulación de materiales aluviales en las zonas de menor pendiente. Las partes altas presentan afloramientos líticos y pocos lugares con suelos superficiales y muy poco desarrollados.

La vegetación está caracterizada por cactáceas columnares y vegetación arbustiva y herbácea con aspecto seco la mayor parte del año. Existe vegetación freatofítica en el fondo de quebrada con inclusiones de vegetación arbórea como la yara. También existe vegetación propia de ambientes más húmedos en retroceso. Existe agua superficial como consecuencia del corte del flujo de infiltraciones por una cortina cortafugas.

La cobertura de la vegetación cambia significativamente entre las épocas seca y húmeda, especialmente la arbustiva y herbácea de laderas (Fotografías 3.75 y 3.84). Desde algunos puntos del fondo de quebrada se tiene acceso visual al fondo escénico dominado por el nevado Chachani (Fotografías 3.87 y 3.88).

*Actuación humana*

Los elementos culturales están representados por los accesos hacia la presa y pozas de colección de drenajes, la presa propiamente dicha, dos líneas de transmisión eléctrica (138 y 220Kv), antenas de transmisión y otras de menor relevancia como estaciones de monitoreo de calidad de aire. No existen viviendas ni otra actividad humana aparte de la minera registrada en la zona.

*Organización visual del espacio*

A pesar de que la vegetación es del tipo xerofítico, existe una cobertura considerable de cactáceas columnares y vegetación arbustiva en comparación con las quebradas aledañas. Se estima que esta cobertura esté ligada a la presencia de bloques y bolones que crean núcleos de condensación de la humedad. Asimismo, la vegetación de fondo de quebrada es particular debido a la presencia de árboles, arbustos y hierbas ligados al material aluvial.

Los caminos de acceso afirmados existentes presentan numerosas curvas de volteo debido a las pendientes existentes. Estos caminos fueron construidos básicamente para acceder a la infraestructura existente como torres de alta tensión, torres de transmisión, pozas y presa de retención de drenajes y estaciones de monitoreo.

En la Tabla 3.69 se presentan las características visuales de esta zona. En el Cuadro 3.16 se presentan los resultados del análisis de organización visual.

**Cuadro 3.16**  
**Resultados del análisis de organización visual – parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal)**

<b>Resultados de características visuales</b>	<b>Descripción</b>
Contraste visual	No existen contrastes notorios de color en las laderas, en especial durante la época seca, sin embargo la vegetación de fondo de quebrada genera contraste. Durante la temporada húmeda la vegetación arbustiva de laderas genera contraste visual. La textura ofrece contraste, en especial el generado por las rocas sobre matriz de materiales finos. Desde algunos puntos del fondo de quebrada es posible acceder visualmente al nevado Chachani el cual genera contraste en comparación con el primer plano árido.
Dominancia visual	Las montañas áridas son dominantes sobre el paisaje, sin embargo la vegetación del fondo de quebrada tiene gran relevancia visual en gran parte de la quebrada.
Importancia relativa de las características visuales	La aridez de las montañas representa el rasgo más notorio entre los elementos. La vegetación del fondo de quebrada y la densidad de cactáceas y arbustos en laderas representan rasgos singulares en comparación con el entorno cercano.

### *Dinámicas*

La principal dinámica observada se relaciona con el modelamiento del relieve como consecuencia del transporte de materiales por el agua. A pesar de su escasez, el agua representa un importante agente transformador del relieve, hecho que se evidencia en la acumulación de material aluvial y lavado de laderas como consecuencia de precipitaciones inusuales. También es evidente la dinámica coluvial, representada por los bloques y bolones rocosos que ruedan desde las partes altas.

Es notorio también el retroceso de la vegetación de ambientes húmedos y freatorfitas como consecuencia del corte de la recarga artificial de agua proveniente de las operaciones de SMCV.

### ***Parte alta de la quebrada Huayrondo (red de drenaje oeste)***

Entre las Fotografías 3.89 y 3.90 se presentan las vistas de la parte alta de la quebrada Huayrondo (red de drenaje oeste) empleadas para el análisis. A continuación se presentan los elementos empleados para la caracterización.

### Componentes naturales

El relieve del área está caracterizado por colinas estables de poca altura algo redondeados con alturas de 70 a 120 m en relación a los cauces aluviales. Algunas laderas presentan acumulaciones superficiales de arenas eólicas aisladas. Esta red de drenaje presenta dos brazos mayores que confluyen con el cauce principal.

La cobertura del suelo es similar en ambos brazos, mientras las laderas poseen abundante material rocoso de diverso tamaño (litosoles), los fondos de quebrada presentan acumulación de material más fino de naturaleza aluvial.

El brazo norte de presenta una escasa cobertura vegetal en el fondo de quebrada, sin embargo el brazo sur presenta una cubierta vegetal más evidente. Las laderas presentan una cobertura de cactáceas columnares y vegetación de escaso porte bastante similares.

### Actuación humana

Los elementos culturales están representados por los accesos afirmados hacia la infraestructura minera propiamente dicha y auxiliar, pozas de colección de drenajes, dos líneas de transmisión eléctrica (138 y 220 kV) y las estructuras de lixiviación actualmente en operación.

Organización visual del espacio

De acuerdo con el orden espacial de los elementos paisajísticos, tanto el relieve, el suelo y los efectos antropogénicos han generado diferencias en las formaciones vegetales. De este modo, los cauces secos de quebrada presentan una vegetación rala compuesta principalmente por hierbas y arbustos estacionales, mientras que los elementos más conspicuos en las laderas están formados por cactáceas columnares. El brazo norte de la red de drenaje presenta una menor cobertura vegetal en comparación con el brazo sur. Estas diferencias se deben a la recarga del material aluvial con agua procedente de las operaciones mineras. Esta vegetación es predominantemente freatofítica y puede presentarse perennemente sin experimentar cambios notorios estacionales (en términos visuales) debidos al aporte hídrico.

Los caminos de acceso afirmados existentes presentan numerosas curvas de volteo debido a las pendientes existentes. Estos caminos fueron construidos básicamente para acceder a la infraestructura existente como torres de alta tensión, torres de transmisión, pozas y presa de retención de drenajes y estaciones de monitoreo.

En la Tabla 3.70 se presentan las características visuales de la parte alta de la quebrada Huayrondo. En el Cuadro 3.17 se presentan los resultados del análisis de organización visual.

**Cuadro 3.17**  
**Resultados del análisis de organización visual – parte alta de la quebrada Huayrondo**  
**(red de drenaje oeste)**

<b>Resultados de características visuales</b>	<b>Descripción</b>
Contraste visual	No existen contrastes notorios de color en las laderas, en especial durante la época seca, sin embargo la vegetación de fondo de quebrada genera contraste especialmente en el brazo sur de la red de drenaje. Durante la temporada húmeda la vegetación arbustiva de laderas genera algún contraste visual. La textura ofrece contraste, en especial el generado por las rocas sobre matriz de materiales finos. La presencia de agua en algunos puntos, que llega a aflorar a la superficie también constituye un elemento (aunque no dominante) de contraste.
Dominancia visual	Las montañas áridas son dominantes sobre el paisaje, sin embargo la vegetación del fondo de quebrada tiene gran relevancia visual en gran parte de la quebrada.
Importancia relativa de las características visuales	La aridez de las montañas representa el rasgo más notorio entre los elementos. La vegetación del fondo de quebrada inducida por la recarga del material aluvial con agua procedente de las operaciones representan rasgos singulares en comparación con el entorno cercano.

### *Dinámicas*

La principal dinámica observada se relaciona con el modelamiento del relieve como consecuencia del transporte de materiales por el agua. A pesar de su escasez, el agua representa un importante agente transformador del relieve, hecho que se evidencia en la acumulación de material aluvial y lavado de laderas como consecuencia de precipitaciones inusuales.

El crecimiento de vegetación freatofita en el brazo sur constituye una evidente dinámica generada por la recarga artificial del material aluvial.

### ***Parte baja de quebrada Huayrondo***

Entre las Fotografías 3.91 y 3.95 se presentan las vistas de la parte baja de la quebrada Huayrondo empleadas para el análisis. A continuación se presentan los elementos empleados para la caracterización.

#### Componentes naturales

El relieve de la parte baja de la quebrada está caracterizado por la presencia de laderas de fuerte pendiente y un fondo de quebrada estrecho. Al final de la quebrada, el cauce se ensancha para dar paso al cauce del río Chili. La vegetación es similar a la registrada en la parte alta pero más rala con menor relevancia visual del componente del fondo de quebrada. No existe agua superficial evidente. Las diferencias en la vegetación entre la época seca y húmeda es menos evidente que en la parte alta de la quebrada.

#### Actuación humana

Los elementos culturales están representados por socavones abandonados en el inicio del sector. Estos socavones artesanales datan de muchos años atrás y presentan escasa relevancia debido a que se encuentran disimulados por su posición en laderas. Sin embargo la presencia de material de desmonte rodado en las inmediaciones presenta mayor relevancia.

Otro elemento poco conspicuo está representado por un camino angosto de herradura que está muy fragmentado.

Al final de la quebrada se evidencia la explotación de canteras de extracción de material aluvial. Estas canteras no pertenecen a las operaciones de SMCV; son explotadas por terceros que extraen el material para construcción.



Las viviendas ubicadas en el fondo escénico detrás del río Chili presentan buena accesibilidad visual, y dependiendo de las condiciones atmosféricas, también los nevados y el volcán Misti que dominan el paisaje arequipeño.

#### Organización visual del espacio

Las características topográficas y las actuaciones humanas influyen la existencia de algunas diferencias en la vegetación de la parte alta y baja de la quebrada Huayrondo. Se estima que el manejo del agua subterránea haya generado alguna de estas diferencias en la vegetación del fondo de quebrada.

La presencia de extracción de minerales en forma artesanal en tiempos anteriores no es muy evidente debido a la escala de las labores y escasa accesibilidad. La extracción de agregados de construcción en la actualidad es muy evidente. Estas labores son de mayor envergadura debido al tipo de extracción y accesibilidad por su cercanía al valle, lo que permite el movimiento de volúmenes considerables de material.

En la Tabla 3.71 se presentan las características visuales de la parte baja de la quebrada Huayrondo. En el Cuadro 3.18 se presentan los resultados del análisis de organización visual.

**Cuadro 3.18**  
**Resultados del análisis de organización visual – parte baja de la quebrada Huayrondo**

<b>Resultados de características visuales</b>	<b>Descripción</b>
Contraste visual	Las diferencias estacionales entre la coloración de la vegetación y el entorno es menor en comparación con la parte alta, sin embargo en las cercanías de la desembocadura, el fondo escénico del valle crea un notorio contraste con la aridez de la quebrada.
Dominancia visual	Las montañas áridas son dominantes sobre el paisaje, sin embargo la vegetación del fondo de quebrada tiene alguna relevancia visual en gran parte de la quebrada. Al final de la quebrada el fondo escénico del valle tiene dominancia.
Importancia relativa de las características visuales	La aridez de la llanura y colinas circundantes representa el rasgo más notorio entre los elementos. Al final de la quebrada, el contraste aridez de las montañas/verdor del valle constituye la característica visual más importante.

### Dinámicas

Las dinámicas más importantes se relacionan con el poder erosivo del agua en el fondo de quebrada debido a las evidencias de arrastre de materiales y con las dinámicas humanas cerca de la desembocadura, en especial la extracción de materiales de las canteras. La estabilidad de las laderas puede verse comprometida como consecuencia de estas actividades, inclusive peligran infraestructuras humanas como torres de alta tensión (Fotografía 3.95).

### ***Valle del río Chili***

Entre las Fotografías 3.96 y 3.100 se presentan las vistas del valle del Chili empleadas para el análisis. A continuación se presentan los elementos empleados para la caracterización.

### Componentes naturales

El valle del río Chili comprende un paisaje típicamente fluvial con evidencias de variaciones del cauce como consecuencia de eventos de tormenta que deja al descubierto un lecho compuesto básicamente por cantos rodados.

La vegetación es típica del monte ribereño con vegetación arbórea, herbácea y arbustiva propia de estos ecosistemas. La presencia de agua superficial es el rasgo físico de mayor relevancia en el entorno.

### Actuación humana

Los elementos culturales más relevantes se relacionan con la actividad agrícola. Alrededor del monte ribereño existen numerosas parcelas dedicadas principalmente al cultivo de hortalizas. La actividad ganadera también está desarrollada aunque no tiene mucha relevancia paisajística. La vía férrea corta el cauce de la quebrada Huayrondo bordeando el monte ribereño y cruza el río Chili a través de un puente en las cercanías del centro poblado de Tingo Grande. Bordeando el límite entre las laderas áridas y la vegetación ribereña existe un canal de regadío conocido como canal La Estación. Asimismo, existen caminos afirmados que se cortan en el cauce del río Chili, los cuales conducen al sector de explotación de agregados de construcción en la desembocadura de la quebrada Huayrondo. Dichas actividades generan polvo que puede ser percibido a la distancia (Fotografía 3.100)

### Organización visual del espacio

Las características topográficas de la zona favorecen el establecimiento de las actividades humanas. Los rasgos físicos de mayor influencia en el desarrollo de actividades económicas son la presencia de agua y el relieve. La disponibilidad de agua permite el desarrollo de agricultura y ganadería en las terrazas aluviales formadas por el río. Asimismo, los desniveles

permiten el desarrollo de infraestructura de riego por gravedad. Las viviendas humanas se encuentran en las partes más altas de los márgenes, como en el caso de Tingo Grande en una pequeña colina de tal modo que no interfiere con la actividad agrícola en sectores de suelos más fértiles y representa un menor riesgo de inundación por crecida del río. La presencia de especies vegetales como molles, sauces, pájaro bobo, cortaderas, carrizos, entre otras, genera una oferta de hábitat a la fauna diferente a la encontrada en las laderas áridas

El acceso a los sectores de extracción de materiales en la desembocadura de la quebrada Huayrondo se hace a través del cauce del río. En la Tabla 3.72 se presentan las características visuales de esta zona. En el Cuadro 3.19 se presentan los resultados del análisis de organización visual.

**Cuadro 3.19**  
**Resultados del análisis de organización visual – valle del río Chili**

<b>Resultados de características visuales</b>	<b>Descripción</b>
Contraste visual	Existen contrastes notorios de color en particular el generado por el monte ribereño sobre las laderas.
Dominancia visual	Las montañas áridas son codominantes con la vegetación del valle (monte ribereño y campos de cultivo) sobre el paisaje.
Importancia relativa de las características visuales	A pesar de no ser un paisaje singular, pues se repite a lo largo del valle del Chili en las inmediaciones de Arequipa, el rasgo más notorio es el contraste generado por la presencia de agua superficial y vegetación ribereña en el valle sobre la aridez de las montañas circundantes.

#### Dinámicas

La principal dinámica observada es la fluvial que representa la principal fuente modificadora del entorno, tanto para la vegetación natural como para el establecimiento de actividades económicas y viviendas. La acumulación de material aluvial proveniente de las partes altas ha posibilitado el desarrollo de la agricultura al proveer suelos fértiles, sin embargo el potencial erosivo del río es importante, hecho que se evidencia en las orillas durante las temporadas de lluvias.

#### **3.4.1.3 Análisis de calidad visual**

Para realizar el análisis de calidad visual del paisaje se empleó el método de valoración aplicado por el United States Department of Agricultura (USDA) Forest Service y el Bureau

of Land Management (BLM) de Estados Unidos de Norteamérica. Este análisis consiste en la asignación de categorías de calidad visual basadas en los siguientes elementos:

- **Morfología:** valora la diversidad de relieves y los contrastes existentes
- **Vegetación:** valora la diversidad de formaciones vegetales y los contrastes existentes
- **Agua:** valora la presencia y dominancia del agua en el entorno
- **Color:** valora la diversidad de coloraciones y los contrastes existentes
- **Fondo escénico:** valora la influencia de paisajes adyacentes sobre el escenario evaluado
- **Rareza:** valora el grado de exclusividad del paisaje
- **Actuación humana:** valora el grado de afectación del paisaje como consecuencia de actividades humanas

A cada uno de estos elementos se les asigna una puntuación establecida de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla 3.73. Luego de asignar esta puntuación por elemento se realiza la suma total y se establece la siguiente clasificación en función de los resultados:

- Clase A: El paisaje es de calidad Alta; áreas con rasgos singulares y sobresalientes (de 19 a 33 puntos).
- Clase B: El paisaje es de calidad Media; áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color, línea y textura, pero que resultan comunes en la región estudiada, y no excepcionales (de 12 a 18 puntos).
- Clase C: El paisaje es de calidad Baja; áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura (de 0 a 11 puntos).

Para el cálculo de la calidad visual se emplearon las zonas presentadas para la caracterización de los elementos paisajísticos. En la Tabla 3.74 se presentan los resultados de la categorización de calidad visual para cada una de estas zonas, conteniendo además la valoración correspondiente para cada parámetro involucrado en el cálculo. En el Cuadro 3.20 se presenta el resumen de los resultados del análisis.

**Cuadro 3.20**  
**Resumen de los resultados de calidad visual**

<b>Zona</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Clase</b>	<b>Calidad del paisaje</b>
Parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal)	15	B	Calidad Media
Parte alta de la quebrada Huayrondo (red de drenaje oeste)	12	B	Calidad Media
Parte baja de la quebrada Huayrondo	10	B	Calidad Media
Valle del río Chili	21	A	Calidad Alta

De acuerdo con este procedimiento, sólo el monte ribereño del Chili presenta una calidad alta del paisaje. En cuanto a la red de drenaje oeste, presenta una calidad media afectada por las operaciones actuales (infraestructura), sin embargo estas mismas operaciones han generado una oferta de agua inusual para la aridez del entorno, lo cual a su vez posibilita un incremento en el contraste visual debido a la vegetación freatofítica. Es necesario indicar que algunos puntos del cauce principal (parte alta de la quebrada) presentan alguna complejidad de formas vegetales como cactáceas columnares en laderas y vegetación arbórea y/o freatofítica. Asimismo, desde algunos puntos de la parte alta se tiene accesibilidad visual al nevado Chachani, sin embargo la calidad en forma íntegra se afecta por la presencia de infraestructura humana.

El valle del Chili presenta una calidad alta en función del contraste generado por las laderas áridas y la vegetación del monte ribereño. La parte baja de la quebrada Huayrondo presenta una calidad media debido al menor contraste de la vegetación y a las perturbaciones humanas.

**3.4.1.4 Evaluación de la fragilidad visual**

Para determinar la fragilidad de cada una de las zonas evaluadas; es decir, el grado de deterioro que el paisaje experimentaría ante la ejecución de un plan, se empleó la metodología para la evaluación de la Capacidad de Absorción Visual (CAV Yeomans, 1986).

El resultado obtenido no expresa directamente la fragilidad visual, sino el término opuesto, la capacidad de absorción visual. La CAV está definida como la capacidad del paisaje para acoger actividades sin que se produzcan variaciones en su carácter visual. Su valoración se realiza a través de factores biofísicos similares a los considerados para determinar la calidad de las zonas. Estos factores se integran en la siguiente fórmula:

$$CAV= S * (E+R+D+C+V+FA)$$

Donde:

CAV= Capacidad de Absorción Visual

S= Pendiente

E= Erosionabilidad

R= Capacidad de regeneración de la vegetación

D= Diversidad de la vegetación

C= Contraste de color suelo-roca

V= Contraste suelo-vegetación

FA= Factor de antropización

La fórmula de Yeomans está definida para áreas naturales, motivo por el cual no considera el componente cultural. De acuerdo con otros estudios (Proyecto TRAMA, 2006) se ha introducido un nuevo factor denominado FA (Factor de Antropización) de modo que se representen mejor las zonas urbanas o con influencia antropogénica. Los valores asignados a los distintos parámetros se muestran en la Tabla 3.75. Luego de la asignación de valores a las zonas evaluadas se procede a su clasificación de acuerdo con el valor calculado de la suma de los distintos parámetros. La clasificación resultante es la siguiente:

- Clase I: El paisaje es MUY FRÁGIL, áreas de elevada pendiente y difícilmente regenerables (CAV de 5 a 15).
- Clase II: El paisaje es de FRAGILIDAD MEDIA, áreas con capacidad de regeneración potencial media (CAV de 16 a 29).
- Clase III: El paisaje es POCO FRÁGIL, áreas con perfiles con gran capacidad de regeneración (CAV de 30 a 45).

En la Tabla 3.76 se presentan los resultados de la categorización de capacidad de absorción visual para cada una de estas zonas, conteniendo además la valoración correspondiente para cada parámetro involucrado en el cálculo. En el Cuadro 3.21 se resumen los resultados del análisis.

**Cuadro 3.21**  
**Resumen de los resultados de capacidad de absorción visual**

<b>Zona</b>	<b>Capacidad de absorción visual (CAV)</b>	<b>Interpretación</b>
Parte alta de la quebrada Huayrondo (cauce principal)	18	Fragilidad media
Parte alta de la quebrada Huayrondo (red de drenaje oeste)	18	Fragilidad media
Parte baja de la quebrada Huayrondo	16	Fragilidad media
Valle del río Chili	36	Poco frágil

De acuerdo con el análisis presentado, las partes alta y baja de la quebrada Huayrondo presentan una fragilidad media debido principalmente a la presencia de pendientes elevadas y vegetación de laderas compuesta por cactáceas columnares de baja capacidad de regeneración por su lento crecimiento. El valle del río Chili presenta un paisaje poco frágil debido a las bajas pendientes, vegetación con buena capacidad de regeneración y grado de antropización.

#### **3.4.1.5 Análisis de accesibilidad visual**

Este análisis se realizó mediante la evaluación de cuencas visuales. La cuenca visual de un punto se define como la zona que es visible desde ese punto (Aguiló, 1981). Por extensión se puede ampliar este concepto a un conjunto de puntos próximos o que constituyen una unidad u objeto y considerar el mismo como la porción de territorio visto desde ellos o desde donde pueden ser vistos.

De acuerdo con Canter (Canter, 1998), una cuenca visual es el conjunto de todas las áreas superficiales que son visibles desde el punto de vista del observador. Se refiere particularmente a las áreas superficiales desde las que se ve un objeto o una ubicación especialmente críticos. Existen dos tipos de cuenca visual: la cuenca visual existente que es el área normalmente visible desde el punto de vista del observador, incluyendo el efecto sombra de la vegetación y de las estructuras intermedias; y la cuenca visual topográfica que es el área que sería visible desde el punto de vista del observador teniendo sólo en cuenta la morfología del terreno y sin considerar el efecto sombra de la vegetación y estructuras. En este caso particular se empleó la cuenca visual topográfica.

Para representar las cuencas visuales se empleó el método automático de rayos empleando la extensión 3D Analyst del programa ArcGIS 9.2. El proceso de búsqueda se organiza por medio de rayos, que se recorren desde el origen o punto de observación y barren el área de estudio. En cada rayo se marcan los puntos visibles y no visibles comparando la pendiente de

la recta que une cada punto en cuestión con el punto de observación, con las calculadas para puntos anteriores.

En la Figura 3.27 se presentan las cuencas visuales obtenidas utilizando como área de referencia a las instalaciones actuales del asiento minero Cerro Verde. En la Figura 3.28 se presentan las cuencas visuales obtenidas a partir del límite de las instalaciones proyectadas en la cabecera de la quebrada Huayrondo.

Cabe resaltar que para la descripción de la accesibilidad visual a la plataforma de lixiviación de Huayrondo desde todos los puntos de observación se consideró únicamente el área proyectada de ubicación de la infraestructura sin tener en cuenta el crecimiento de dicha instalación. Para la evaluación de impactos se considerará el volumen final de la infraestructura.

Para fines del estudio se emplearon puntos de observación específicos que cumplieron con los siguientes criterios:

- Puntos ubicados dentro de las cuencas visuales de las actuales instalaciones del asiento minero Cerro Verde,
- Puntos ubicados dentro de las cuencas visuales o en las cercanías de las mismas, a partir de los puntos de observación de los linderos de la infraestructura proyectada,
- Puntos de observación representativos, que reúnan como condición principal que se encuentren libres de obstáculos visuales hacia el área ocupada por el asiento minero Cerro Verde y/o,
- Miradores de importancia paisajística en Arequipa a pesar de no estar necesariamente dentro de las cuencas visuales

En las Figuras 3.27 y 3.28 también se presenta la ubicación de los puntos considerados. A continuación se presenta la descripción de los puntos evaluados y los resultados obtenidos:

#### Carmen Alto

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2445 m, en el centro poblado de Carmen Alto, distrito de Cayma. Sus coordenadas son N 8188227 y E 228987.

En este punto no existe visibilidad de ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde ni de las áreas destinadas a las futuras instalaciones.



De acuerdo con las Fotografías 3.101 y 3.102, los cerros Grande y San Ignacio impiden la visibilidad del área de emplazamiento de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal aproximada de 16,5 km. del punto.

Mirador de Carmen Alto

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2450 m, en el centro poblado de Carmen Alto, distrito de Cayma. Sus coordenadas son N 8188775 y E 229226. En este punto no existe visibilidad de ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde ni de las áreas destinadas a las futuras instalaciones.

De acuerdo con la Fotografía 3.103, los cerros Grande y San Ignacio impiden la visibilidad del área de emplazamiento de la plataforma de lixiviación proyectada que se encuentra a una distancia lineal de 17 km. del punto.

Mirador Chilina

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2557 m, en el centro poblado Villa El Mirador, distrito de Cayma. Sus coordenadas son N 8190600 y E 228741. En este punto no se observa ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde debido a que las viviendas actúan como barreras visuales (Fotografía 3.104), sin embargo, si existe accesibilidad visual de Cerro Negro y de las actuales plataformas de lixiviación del Asiento Minero Cerro Verde desde la avenida Arequipa. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal aproximada de 20 km.

De acuerdo con las Fotografías 3.105 y 3.106, no se tiene accesibilidad visual al área de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal de 17 km.

Bolognesi – Parte alta

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2634 m, en el centro poblado José Olaya, distrito de Cayma. Sus coordenadas son N 8192129 y E 228811. En este punto existe visibilidad de Cerro Negro y de las actuales plataformas de lixiviación del Asiento Minero Cerro Verde. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal aproximada de 23 km.

De acuerdo con las Fotografías 3.107 y 3.108, no se tiene accesibilidad visual al área de emplazamiento de la plataforma de lixiviación proyectada que se encuentra a una distancia lineal de 20 km. del punto de observación.

Alto Cayma

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2792 m, en el A.H. Sol de los Andes, distrito de Cayma, cercano a la Planta N° 2 de Sedapar. Sus coordenadas son N 8194220 y E 229773. En este punto existe visibilidad de Cerro Negro y de las actuales plataformas de lixiviación del Asiento Minero Cerro Verde. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal de 26 km.

De acuerdo con las Fotografías 3.109 y 3.110, se tiene acceso visual al área de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal de 23 km. del punto de observación.

ENACE Cayma

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2753 m, en el distrito de Cayma. Sus coordenadas son N 8194068 y E 229090. En este punto existe visibilidad de Cerro Negro y las actuales plataformas de lixiviación (PAD 4A) del Asiento Minero Cerro Verde. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal de 25 km.

De acuerdo con las Fotografías 3.111 y 3.112, se tiene accesibilidad visual del área de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal de 23 km. del punto de observación.

Aeropuerto Zamácola

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2595 m, en el distrito de Cerro Colorado, cercano a la pista de aterrizaje del Aeropuerto Rodríguez Ballón. Sus coordenadas son N 8192227 y E 227125. En este punto existe visibilidad de Cerro Negro, las actuales plataformas de lixiviación y los depósitos de desmonte del Asiento Minero Cerro Verde. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal de 23, 23,5 y 21 km. respectivamente.

De acuerdo con las Fotografías 3.113, 3.114 y 3.115, el cerro Grande impide la visibilidad del área de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal de 20 km. del punto de observación.

Cono Norte

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2595 m, en el A.H Eduardo de Piniella, altura de km. 11, camino a Yura. Sus coordenadas son N 8193400 y E 222772.

En este punto existe visibilidad de Cerro Negro y los actuales depósitos de desmonte y la planta concentradora del Asiento Minero Cerro Verde. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal de 24,5, 20 y 21 km. respectivamente.

De acuerdo con las Fotografías 3.116 y 3.117, el cerro Grande impide la visibilidad del área de emplazamiento de la futura plataforma de lixiviación que se encuentra a una distancia lineal de 22 km. del punto de observación.

#### San Luis de Selva Alegre

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2704 m, en el distrito de Selva Alegre. Sus coordenadas son N 8189283 y E 232918. En este punto existe visibilidad de las actuales plataformas de lixiviación y de Cerro Negro. Estas instalaciones se encuentran a una distancia lineal de 21,5 y 21 km. respectivamente.

De acuerdo con las Fotografías 3.118, 3.119 y 3.120, se observa que se tendrá visibilidad del área de la futura plataforma de Huayrondo, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 22 km. del punto de observación.

#### Villa Esperanza

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2569 m. Sus coordenadas son N 8187788 y E 232188. En este punto existe visibilidad de las actuales plataformas de lixiviación, las cuales se encuentran a una distancia lineal de 20 km.

De acuerdo con las Fotografías 3.121 y 3.122, los cerros San José y San Ignacio impiden la visibilidad del área de la futura plataforma de Huayrondo, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 17 km. del punto de observación.

#### Mariano Melgar

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2665 m, en el distrito de Mariano Melgar, cerca al cementerio. Sus coordenadas son N 8186150 y E 234374. En este punto no existe visibilidad de ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde.

De acuerdo con las Fotografías 3.123 y 3.124, el cerro San José impide la visibilidad del área de la futura plataforma de Huayrondo, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 16,5 km. del punto de observación.

Jesús

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2737 m. Sus coordenadas son N 8183838 y E 236386. En este punto no existe visibilidad de ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde.

De acuerdo con las Fotografías 3.125 y 3.126, el cerro San José impide la accesibilidad visual del área de la futura plataforma de Huayrondo, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 17 km.

Mirador Sachaca

Este punto se encuentra ubicado a una altitud de 2312 m. Sus coordenadas son N 8182535 y E 226014. En este punto no existe visibilidad de ninguna de las instalaciones actuales del Asiento Minero Cerro Verde.

De acuerdo con la Fotografía 3.127, el cerro Grande impide la visibilidad del área de la futura plataforma de Huayrondo, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 10 km.

Como conclusión del análisis, desde la mayor parte del casco urbano de Arequipa no se tiene accesibilidad visual al área de operaciones actuales ni el área de las proyectadas. Desde algunos puntos de la periferia se tiene accesibilidad visual a la infraestructura del asiento minero, en particular a las plataformas de lixiviación y parte de los botaderos, sin embargo debido a la gran distancia existente es muy difícil distinguirlos.

Asimismo, desde los miradores turísticos de la ciudad, como Sachaca, Carmen Alto y Chilina, no se tiene accesibilidad al área de operaciones actuales ni a las áreas involucradas con la futura infraestructura. Esta ausencia de accesibilidad se debe tanto a barreras culturales (viviendas, otra infraestructura) como a barreras visuales y orientación de los miradores.

### **3.4.2 Arqueología**

#### **3.4.2.1 Generalidades**

El objetivo principal de los estudios realizados fue identificar la posible existencia de restos arqueológicos en el área del proyecto y proponer las medidas necesarias para la protección del Patrimonio Cultural de la Nación, con la finalidad de preservar las posibles evidencias arqueológicas que pudieran encontrarse durante el proceso de investigación de campo.

Para el caso del presente proyecto se realizaron diversos estudios a fin de cubrir cuatro áreas distintas ubicadas en la cabecera de la quebrada Huayrondo, las mismas que constituyen el área de estudio del Proyecto PAD 4B (Figura 3.29). El primer estudio, “Proyecto de Evaluación Arqueológica sin excavaciones Huayrondo” (Anexo J), se ejecutó en el año 2007 y comprendió un área de 415,46 ha y un perímetro total de 8 787,22 m (Figura 3.29). Se encontraron cinco sitios arqueológicos y por ello se ejecutó posteriormente el “Proyecto de Evaluación Arqueológica con excavaciones restringidas PAD 4B Cerro Verde”. La aprobación del informe final en el que se indica la delimitación de las áreas de intangibilidad de cada uno de los cinco sitios hallados durante la prospección, se encuentra en agenda para octubre de 2008. Por tanto se considerará procedente el inicio del trámite para la obtención del CIRA.

El segundo estudio se denominó “Proyecto de Evaluación Arqueológica sin excavación ampliación Huayrondo” (Anexo J), que comprendió dos áreas de estudio: Área A (268,9 ha) con un perímetro de 7 302,68 m y Área B (1,04 ha) con un perímetro de 672,85 m. No se registró ningún tipo de evidencia arqueológica dentro de ninguna de las dos áreas mencionadas. El informe final de dicho estudio se aprobó con Resolución Directoral Nacional N° 986/INC de fecha 18 de julio de 2008 (Anexo J). La solicitud para la obtención del CIRA se presentó al INC el 13 de agosto de 2008 y se encuentra actualmente en trámite (Anexo J).

Finalmente, el tercer estudio denominado “Proyecto de Evaluación Arqueológica sin excavaciones extensión Huayrondo”, se ejecutó en un área total de 306,2713 ha con un perímetro de 9 195,58 m. Dicho trabajo se autorizó mediante Resolución Directoral Nacional N° 1260/INC de fecha 12 de setiembre de 2008 (Anexo J). El informe final de dicha evaluación se presentó al INC con fecha 7 de octubre de 2008, en el que se indica la inexistencia de restos arqueológicos en superficie (Anexo J).

De acuerdo con los resultados de la evaluación arqueológica, no existen restos arqueológicos en el área de emplazamiento de las instalaciones del Proyecto PAD 4B. Existen restos arqueológicos en áreas cercanas a la huella del proyecto, los cuales se representan en la Figura 3.29.

Todos los trabajos se ejecutaron en tres etapas: la primera corresponde a la recopilación de información bibliográfica existente, la segunda etapa corresponde al trabajo de reconocimiento arqueológico de las áreas de estudio y finalmente, como tercera etapa, se elaboró el informe arqueológico final.

### **3.4.2.2 Antecedentes**

Existe información de trabajos realizados en áreas cercanas, que ayudan a obtener antecedentes generales de la región. Así se tiene que para el periodo precerámico (10 000 – 2 000 años a.C.) en Arequipa se han registrado importantes evidencias en Puntillo (distrito de Yura), Huanaqueros (9 500 años a.C.) y quebrada Honda en Yarabamba y Quequeña, donde se han identificado campamentos de cazadores-recolectores que vivieron de los recursos de la región, específicamente de la caza de camélidos como el guanaco y la recolección de Algarrobos. Asimismo, los trabajos realizados por el Centro de Investigaciones Arqueológicas de Arequipa (CIARQ), lograron ubicar importantes campamentos tempranos en los alrededores de Yarabamba.

Otro sitio importante es Sumbay (6 000 años a.C.) donde las cuevas y abrigos presentan en sus paredes escenas de caza de camélidos y de suris o ñandúes.

En el año 2003, el arqueólogo Moisés Linares realizó el rescate arqueológico del sitio B-3, que se encontraba establecido en lo que es ahora el área del botadero oeste de SMCV. Se trataba de un campamento de cazadores de camélidos del arcaico Tardío (4 000 a.C.), donde se encontraron más de 50 fogatas asociadas a cenizas, restos de huesos de camélidos quemados y una gran variedad de puntas de proyectil de diferentes tipos.

La evolución de las sociedades de cazadores recolectores a sedentarios fue lenta (en general en toda el área andina). Dicho proceso duró miles de años, culminando con la domesticación de plantas (algodón, ají, maíz, papa, frijol, yuca), así también como de algunos animales como la llama, alpaca y cuy.

La aparición de la cerámica marca el inicio del periodo formativo en Arequipa, el cual ha sido identificado por el CIARQ como la fase Socabaya, que se identifica con la introducción del valle a una economía de agricultura no muy intensiva, de aldeas no muy extensas y de poca cohesión política. Asociado a estos sitios formativos se han hallado restos de algodón, maíz, papa y frijol.

Respecto al área específica de estudio, las evidencias arqueológicas encontradas se restringieron al sitio de la Rinconada en Socabaya, a orillas del Postrerío, ubicado a pocos kilómetros de la quebrada Huayrondo.

Entre los años 600 – 1 200 años d.C. en los Andes se desarrollaron dos culturas muy importantes: Tiwanaku y Wari. Tiwanaku tuvo su centro en el altiplano boliviano y el área circunlacustre del lago Titicaca, mientras que la cultura Wari se desarrolló en la región de Ayacucho.

A partir de estos polos culturales, ambas sociedades sostuvieron una serie de estrategias dirigidas a adquirir productos que no se producían en sus lugares de origen, entre ellas el movimiento de productos agrícolas cultivados en colonias distantes y otros productos de intercambio, que fueron trasladados mediante el empleo de caravanas de llamas.

En Arequipa, este movimiento de bienes también se encontró activo entre Socabaya y el actual distrito de Jacobo Hunter, donde poblaciones relacionadas con la cultura Tiwanaku habilitaron amplias terrazas agrícolas y establecieron numerosas aldeas ubicadas en las cimas de los cerros. Entre los sitios arqueológicos más importantes se encuentran Casapatac y Sonqopata.

Se habría tratado de colonias Tiwanaku procedentes del altiplano del Titicaca, que se establecieron entre los valles de Tambo y Chili, especialmente en el valle medio y bajo, como lo han demostrado los trabajos realizados en Tambo y Casapatac, Pillo, Sachaca, Independencia y otros en el valle del Chili y que se ha identificado en Arequipa como la fase Churajon.

Asimismo, a Uchumayo habrían llegado grupos de personas de la cultura Wari, transportando productos de los valles cálidos de Majes, Siguas y Vitor, para intercambiar productos del valle de Arequipa, como lo sugiere el sitio arqueológico “pampa de la estrella” o “Corralones”.

La caída política y religiosa de Wari y Tiwanaku ocurrió alrededor del año 1 000 d. C. en Arequipa.

Posteriormente, aparecieron dos reinos de poder regional: Churajon en la porción sur del departamento, que se convirtió en un desarrollo local con influencia Tiwanaku; y Chuquibamba, centrado en el valle del Colca, que es más parecido a la cultura Wari.

En el valle de Arequipa se encuentran evidencias de crecimiento de población e intensificación de la agricultura durante este periodo. Entre los sitios más importantes para este periodo se encuentran el de Pillo en Socabaya, Cerro Gordo o Colorado en Characato y Sonqomarca en Quequeña.

A este periodo corresponderían también los tres tipos de sitios identificados por Tam (1997) en el área de Huayrondo. Se trataría de ocupaciones del periodo Intermedio Tardío (900 – 1 470 años d.C.) identificado con el estilo Churajon (Cultura Regional Tardía) a los que se atribuye la categoría de “tipo rural”.

La importancia económica del valle de Arequipa por sus amplias áreas de cultivo, su ubicación entre la costa y la sierra alta y sus numerosas rutas, hicieron de ella un área de sumo interés para los Incas. Ellos movilizaron poblaciones de zonas distantes y establecieron poblados en diferentes zonas del valle. Churajón habría sido asimilado posteriormente al Tawantinsuyu. Entre los poblados incas más importantes del valle de arequipa se encuentran: Socabaya, Yanahuara y Yumina, donde se asentó un importante grupo de mitimaes orejones del Cuzco.

Durante la época Inca, la población de Arequipa y cada uno de sus curacazgos, contaba con chacras ubicadas en las zonas cálidas de los valles bajos para el cultivo de ají, frutas y algodón, así como también para la extracción de pescado, mariscos y cochayuyo. Un curacazgo importante fue el de Pocsi, por poseer grandes recuas de llamas, convirtiéndose así en uno de los principales productores de lana, la que era intercambiada con otros lugares junto a otros productos del valle, y que además estuvo asociado a una gran área de bancales.

Así pues, estos productos eran intercambiados con la producción del valle de Chili y de la puna mediante el sistema de control vertical de diversos pisos ecológicos.

Numerosos pueblos y terrazas agrícolas son testimonio de la ocupación inca en este valle. También organizaron una serie de tambos y de servidores en las rutas importantes hacia la sierra alta. Arequipa quedó integrada al estado Inca. A la llegada de los españoles, el valle de Arequipa era un oasis de producción agrícola, tanto como un nexo importante de intercambio.

Con respecto al área de estudio, en las cercanías se encontraban los ayllus de Polobaya, Yarabamba, Quequeña, Mollebaya, Socabaya y Huasacache.

La información etnohistórica sugiere que las quebradas del área de Cerro Verde cumplían la función de articulación entre el valle de Chili con las lomas y el litoral de Arequipa, así como con el valle de Tambo y el resto de la región sur.



### **3.4.2.3 Reconocimiento arqueológico**

#### ***Proyecto de evaluación arqueológica sin excavaciones Huayrondo***

Como parte del presente estudio, se han registrado en total cinco sitios arqueológicos en las cabeceras de la quebrada Huayrondo. Estos sitios evidencian generalmente restos de estructuras aisladas en mal estado de conservación y una pintura rupestre, al parecer de un camélido, con escasa presencia de restos líticos y fragmentos cerámicos en superficie.

La mayoría de estos sitios fueron registrados anteriormente en el año 1997 por el arqueólogo Manuel Tam. Únicamente el sitio Huayrondo 5 fue ubicado esta campaña de evaluación.

Los sitios encontrados pertenecen al periodo Arcaico Medio a Tardío (4 000 – 2 000 a.c.). Básicamente se trata de un conjunto de asentamientos que se establecen en ambas márgenes de la cabecera de la quebrada Huayrondo, debido a que ésta presentaba las condiciones necesarias para aprovechar tanto recursos de recolecta, como de caza. Aparentemente esta quebrada presentaba pequeñas fuentes de agua, componente clave para el asentamiento humano.

A continuación se realiza una descripción de los sitios encontrados dentro del área de estudio (poligonal de 415,46 ha), los mismos que se pueden apreciar en la Figura 3.29.

#### Sitio arqueológico Huayrondo 1 (H4 – quebrada Huayrondo)

Coordenadas UTM: 226 573 E – 8 172 210 N

Altitud: 2 560 metros

Este sitio se ubica en la margen izquierda de la quebrada Huayrondo, sobre la falda de un cerro de pendiente poco pronunciada. El área mencionada ha sido removida anteriormente, observándose un “aliviadero chancado terciario” que afecta el sitio (Fotografía 3.128).

Se identificaron dos estructuras unidas, una de planta circular (Fotografía 3.129) y la otra de planta ovalada con una medida total de 7 m x 3,5 m aproximadamente, edificadas con roca natural de origen volcánico. La técnica constructiva consiste en el empircado simple sin ningún tipo de unión. El área total del sitio es de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>. En la superficie del terreno no se halló ningún tipo de material cultural. El sitio probablemente tenga una filiación cultural del periodo Arcaico.

Hacia el lado noroeste del sitio se observa un muro informativo del Instituto Nacional de Cultura (INC), identificando el lugar como zona arqueológica intangible, denominándolo H4 -

quebrada Huayrondo, pero que no presenta hitos de delimitación (Fotografía 3.130). Este muro se encuentra dentro de la poligonal a 19 m del límite norte de la misma.

Sitio arqueológico Huayrondo 2 (H6 – quebrada Huayrondo)

Coordenadas UTM: 226 587 E – 8 172 467 N

Altitud: 2 547 metros

Este sitio se encuentra ubicado en la margen izquierda de la quebrada Huayrondo, en la falda de un cerro rocoso de origen volcánico con presencia de arena eólica. Dentro de esta área se pueden distinguir dos sectores.

En el primer sector se aprecia un abrigo rocoso causado por el deslizamiento de rocas de diverso tamaño desde la parte superior del cerro (Fotografía 3.131). Dentro de este abrigo rocoso se identificó arte pictórico, el cual trata de un dibujo principal representando un animal, probablemente un camélido sudamericano, con una medida aproximada de 0,14 cm de largo por 0,10 cm de ancho, de pigmentación roja. Tanto hacia la derecha como a la izquierda del dibujo principal hay presencia de otros dos dibujos incompletos por causa de la erosión de la roca, consistente en líneas ondulantes de pigmentación roja (Fotografía 3.132).

Hacia la parte baja de esta representación pictográfica, se encuentra la presencia de material cultural consistente en fragmentería de cerámica llana de color anaranjado (Fotografía 3.133).

A 150 m al noroeste de las pinturas rupestres encontradas, se identificó un segundo sector con tres estructuras bien definidas. La primera de planta elíptica con una medida aproximada de 4 m de largo por 1,50 m de ancho, una segunda de planta circular de 3 m de diámetro (Fotografía 3.134) y la tercera y última de planta semicircular, de 1,80 m de largo. Estas estructuras se encuentran construidas con rocas naturales de origen volcánico, construidas con la técnica de empircado simple sin ningún tipo de unión.

En la parte inferior de las estructuras se observa un corte de ladera que permite apreciar un perfil estratigráfico consistente en cuatro capas. La primera capa es de arena eólica, la segunda de limo, la tercera de ripio y la última de tierra de color negro, probablemente de origen volcánico. En este sector no se identificó evidencia cultural en superficie.

Tanto las pinturas rupestres como las estructuras identificadas en el primer y segundo sector respectivamente, forman una unidad de actividad humana, ligadas a la caza de camélidos

sudamericanos y al entorno natural y geográfico del área. El área total del sitio es de aproximadamente 300 m<sup>2</sup>.

Dentro de este sitio y en ambos sectores se han dispuesto dos muros informativos por el INC, identificando el área como zona arqueológica intangible (Fotografía 3.135).

Este sitio arqueológico se encuentra a 237 m de distancia fuera del límite norte de la poligonal.

Sitio arqueológico Huayrondo 3 (H3 y H5 - quebrada Huayrondo)

Coordenadas UTM: 226 659 E – 8 172 360 N

Altitud: 2 563 metros

Este sitio se encuentra ubicado en la margen derecha de la quebrada Huayrondo en la ladera de un cerro rocoso de origen volcánico de pendiente semi-pronunciada con presencia de arena eólica. Dentro de esta área se pueden distinguir dos sectores.

El primer sector se ubica en la parte inferior del cerro, donde se observa una estructura de planta circular de aproximadamente 3 m de diámetro (Fotografía 3.136). El elemento constructivo consiste en roca natural de origen volcánico, cuya técnica constructiva está hecha en base al empircado simple sin ningún tipo de unión.

El segundo sector se ubica 50 m cuesta arriba del primer sector, sobre la ladera del mismo cerro. En este sector se pudo apreciar una estructura arqueológica de planta elíptica con una medida aproximada de 4,50 m por 2,50 m (Fotografía 3.137). No se puede apreciar con nitidez la técnica constructiva, ya que se encuentra sumamente deteriorada. En la superficie del terreno no se halló ningún tipo de material cultural.

Hacia el lado sur del primer y segundo sector se observó una estructura moderna para un uso hidráulico, consistente en una presa y un canal construido para la actividad minera. El sitio se encuentra dentro de los límites de la poligonal, en el extremo noreste de la misma.

Debido a la gran cercanía entre estas estructuras, se ha podido identificar y señalar al sitio como uno solo, distinguiéndose en dos sectores bien definidos. Es decir, estas estructuras arqueológicas debieron pertenecer a un solo núcleo de actividad cultural, con una filiación hacia el periodo Arcaico. El área probablemente tenga una extensión aproximada de 10 000 m<sup>2</sup>.

Cabe mencionar que dentro del sitio y en ambos sectores se han dispuesto dos muros informativos del INC, declarando el área como zona arqueológica intangible (Fotografías 3.138 y 3.139). Es por ello que en un primer momento el área estaba conformada por dos sitios arqueológicos con denominaciones distintas, pero como se señaló anteriormente, debido a su distribución y a la asociación entre las estructuras mencionadas, la propuesta fue tomar al sitio como uno solo.

Sitio arqueológico Huayrondo 4 (H7 - quebrada Huayrondo)

Coordenadas UTM: 226 830 E – 8 172 650 N

Altitud: 2 563 metros

El sitio se encuentra ubicado en la margen derecha de la quebrada Huayrondo sobre la falda de un cerro rocoso de origen volcánico con presencia de arena eólica. Se puede apreciar una estructura con planta rectangular de aproximadamente 4 m x 3 m, constituida por rocas naturales (Fotografía 3.140). Solo están presentes las bases de la estructura por lo que no se puede apreciar la técnica constructiva.

Hacia el lado oeste y a 5 m de la estructura mencionada se observa la presencia de arena y tierra de color negruzco, pudiendo tratarse de carbón o tierra cenicienta producto de la actividad cultural y permanente en el área.

En la superficie del terreno se halló material cultural consistente en fragmentaria de cerámica con acabado superficial de color anaranjado (Fotografía 3.141), así como un piruro de cerámica de cocción oxidante (Fotografía 3.142). El sitio probablemente tenga una filiación cultural del periodo Arcaico y/o Formativo.

Hacia el lado este se observa un muro informativo del INC, declarando al lugar como zona arqueológica intangible, denominándolo H7 - quebrada Huayrondo (Fotografía 3.143). El área aproximada del sitio es de 600 m<sup>2</sup> aproximadamente y se encuentra dentro del área de estudio.

Sitio arqueológico Huayrondo 5

Coordenadas UTM: 226 860 E – 8 172 838 N

Altitud: 2 524 metros

Este sitio se encuentra ubicado en la margen derecha de la quebrada Huayrondo, sobre una ladera de cerro de pendiente semi-pronunciada. En el sitio se identificó una estructura de planta irregular debido al mal estado de conservación de sus cimientos (Fotografía 3.144). El

elemento constructivo consiste en rocas naturales y la técnica de construcción no se puede determinar debido a que sólo han quedado sus bases.

En la superficie del terreno se halló material cultural consistente en fragmentos de cerámica llana de color anaranjada, desechos líticos y una mano de mortero (Fotografía 3.145). Todas estas evidencias culturales se encuentran dispersas en un área de aproximadamente 800 m<sup>2</sup>, definiendo al sitio hacia el periodo Arcaico y/o Formativo.

El sitio Huayrondo 5 fue el único en donde no se encontró ningún tipo de letrero o muro informativo señalando al lugar como zona arqueológica intangible. El sitio arqueológico se encuentra ubicado dentro del área de estudio, en el extremo noreste de la poligonal.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los sitios arqueológicos encontrados:

**Cuadro 3.22**  
**Resumen de los sitios arqueológicos encontrados**

<b>Monumento arqueológico</b>	<b>Nombre - código</b>	<b>Ubicación con respecto a la poligonal</b>
Sitio arqueológico: Presencia de arquitectura (Arcaico)	Huayrondo 1 (H4 - quebrada Huayrondo)	Dentro de los límites de la poligonal.
Sitio arqueológico: Presencia de fragmentería cerámica, arte rupestre, arquitectura (Arcaico y/o Formativo)	Huayrondo 2 (H6 - quebrada Huayrondo)	Dentro de los límites de la poligonal.
Sitio arqueológico: Presencia de arquitectura (Arcaico)	Huayrondo 3 (H3 y H5- quebrada Huayrondo)	Dentro de los límites de la poligonal.
Sitio arqueológico: Presencia de fragmentería cerámica, arquitectura (Arcaico y/o Formativo)	Huayrondo 4 (H7 - quebrada Huayrondo)	Dentro de los límites de la poligonal.
Sitio arqueológico: Presencia de fragmentería cerámica, material lítico, arquitectura (Arcaico y/o Formativo)	Huayrondo 5	Dentro de los límites de la poligonal.

***Proyecto de evaluación arqueológica sin excavación ampliación Huayrondo***

El área de estudio comprende la presencia de cuatro pequeñas quebradas que dan a la quebrada principal, ninguna de las cuales tiene condiciones propicias para aprovechar algún tipo de recurso natural.

No se registró ningún tipo de evidencia arqueológica ni sitios arqueológicos dentro de ninguna de las dos áreas de estudio, sin embargo se debe mencionar que la poligonal de la ampliación Huayrondo colinda con sitios arqueológicos que ya han sido identificados por el anterior proyecto y el supervisor del INC Arequipa recomendó su delimitación para definir y declarar su área de intangibilidad.

***Proyecto de evaluación arqueológica sin excavaciones extensión Huayrondo***

El Proyecto de Evaluación Arqueológica (PEA) sin excavaciones Extensión Huayrondo, se ejecutó en un área total de 306,27 ha con un perímetro de 9 195,58 m (Figura 3.29). No se registró ningún tipo de evidencia arqueológica en superficie dentro de la poligonal de estudio. Sin embargo, se procedió con la descripción superficial de siete puntos escogidos al azar, descripción que se presenta en el Anexo J. Se trata básicamente de laderas de cerros, pequeñas quebradas y torrenteras que desembocan en la cabecera de la quebrada Huayrondo, sin embargo existen sitios arqueológicos colindantes que ya han sido debidamente señalizados y delimitados.

Al no existir evidencia de restos arqueológicos en el área, se concluye que corresponde la expedición del Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos por parte del INC, conclusión que ha sido corroborada por la supervisión de la arqueóloga Lic. Lucy Linares Delgado del INC Arequipa. El Informe Final se presentó al INC con fecha 7 de octubre de 2008, en el que se indica la inexistencia de restos arqueológicos en superficie (Anexo J).

***3.5 Síntesis ambiental***

La finalidad de una línea base ambiental no sólo es identificar “productos” o resultados de procesos físicos, biológicos e inclusive socioeconómicos. Así, en el medio físico generalmente se describen los tipos de suelos presentes en el área sin definir procesos edafogénicos; o se indica la presencia de rasgos morfológicos sin establecer una adecuada descripción de los fenómenos asociados de remoción de masas, erosión e intemperismo. Del mismo modo, en el caso de la descripción de componentes bióticos, se hace referencia a características como la disposición de formaciones vegetales sin explicar el nivel de sucesión ecológica; o se enuncian listados de especies sin tener en cuenta la información a nivel poblacional o comunitaria.

El ecosistema como tal es un sistema en donde no sólo los elementos son importantes sino también sus interacciones. Esta importancia de elementos e interacciones debe ser jerarquizada debido a que no todos los componentes estructurales y funcionales tienen el mismo valor. Por estos motivos, la presente sección pretende relacionar los resultados obtenidos a fin de lograr información sistematizada tanto de los productos o elementos físicos y biológicos que caracterizan el área, como de las posibles causas y/o procesos generadores de estos productos. Ello con el fin de contar con un insumo útil para la posterior gestión del proyecto, tanto en términos de estimación de impactos ambientales, como de sus medidas de control.

La síntesis ambiental se realizó utilizando diversas aproximaciones, empleándose el marco propuesto por la ecología del paisaje para integrar la información generada. Es necesario indicar que si bien en la sección anterior se trató el paisaje visual que caracteriza los efectos que produce el territorio en el observador, en esta sección, se analiza el paisaje total. En el caso del paisaje visual, el interés se centra en la importancia de lo que el observador es capaz de percibir del territorio, mientras que en el paisaje total el interés se centra en la importancia del paisaje como un indicador o fuente de información sintética del territorio.

En este sentido el paisaje total integra los elementos del medio, compuesto de unidades elementales o ecosistemas distintos, en configuraciones reconocibles que cubren la superficie del territorio y se concretan en un mosaico de usos de suelo, tipos de relieve, distribución del agua superficial, entre otros. Este paisaje responde a una estructura generadora heterogénea determinada fundamentalmente por la geomorfología y el clima, pero también por las perturbaciones, naturales o no, que se han ido sucediendo.

La dinámica paisajística depende de las relaciones entre las sociedades y su ambiente, creando estructuras cambiantes en el espacio y en el tiempo. La heterogeneidad espacio-temporal resultante controla numerosos movimientos y flujos de organismos, materia y energía. Por lo tanto, para comprender los mecanismos de mantenimiento de las especies y de perennidad de los flujos de agua o nutrientes, es fundamental tener en cuenta los determinantes del origen de la heterogeneidad en el medio. En este sentido, la ecología del paisaje integra el objeto de estudio, es decir el paisaje, sus determinantes (el medio y la sociedad) y sus efectos sobre los procesos ecológicos estudiados (Burel y Baudry, 2002).

Asimismo se traslaparon las redes de drenaje a los diferentes mapas temáticos generados. La finalidad de emplear las redes de drenaje y las divisorias de agua estuvo relacionada con el uso de la cuenca hidrográfica como complemento del estudio. La cuenca es a menudo una

buena unidad de planificación y manejo. De acuerdo con Zury (2004), la microcuenca es el área natural receptora de montaña donde fluyen las primeras aguas hacia colectores comunes de orden mayor y está circunscrita a un territorio limitado por la divisoria de aguas. En las laderas, los valles y en la microcuenca misma se dinamiza la actividad cotidiana de las comunidades humanas. Dixon *et al* (1994) menciona que es esencial desde el comienzo mismo del proceso de planificación determinar qué sistemas naturales serán afectados. Un proceso de “determinación del ámbito” puede ser utilizado para establecer límites apropiados: las fronteras geográficas, el horizonte temporal y la gama de temas, acciones, interrelaciones, alternativas e impactos que necesitan ser considerados.

En la Tabla 3.77 se presenta la matriz resultante de la interacción de los diferentes componentes ambientales. En esta matriz se cruza la información relevante de los diferentes componentes ambientales y se presenta de modo didáctico cuáles son las características del medio físico y biológico más importantes, pudiéndose establecer relaciones de causa efecto. De acuerdo con esta matriz, el clima característico del área evaluada corresponde a una zona con escasa precipitación, alta radiación solar, alta evaporación, escasa humedad ambiental, vientos de intensidad media durante el día y baja durante la noche. En síntesis este panorama muestra una fuerte aridez del área de estudio. Se estima que a lo largo de todos los sectores evaluados las condiciones sean similares. Asimismo es importante aclarar que existe una variación marcada de temperatura durante el día, pudiendo llegar a varios grados de diferencia, sin embargo la variación de la temperatura promedio es escasa a lo largo del año.

En relación a la calidad de aire, se ha observado en la zona dos fuentes de emisión, una natural y otra antropogénica. Los aportes de origen natural de material particulado se consideran significativos debido a la naturaleza del componente edáfico del área conformada por escasa cobertura vegetal, suelo con materiales medianos y finos depositados en casi toda su extensión. Asimismo, los materiales medianos y finos están compuestos por arena, arena franca y ceniza volcánica, los cuales están sujetos a la erosión eólica. Estas consideraciones junto a las características meteorológicas de la zona, como los altos niveles de radiación solar y baja precipitación favorecen a los fenómenos de dispersión. Mientras que las fuentes antropogénicas de material particulado identificadas en las zonas cercanas al proyecto están relacionadas con las operaciones actuales de SMCV (actividades involucradas en la explotación y procesamiento de mineral) y movimientos de tierras (canteras), realizados por terceros, al final de la quebrada Huayrondo.

El promedio de la concentración de material particulado PM<sub>10</sub> es alto en la estación Huayrondo (parte alta de la quebrada Huayrondo), este valor va disminuyendo conforme los



puntos de muestreo se encuentran más alejados del área de operaciones de la mina. Se hace evidente la existencia de un gradiente de concentración que muestra una influencia mínima de las operaciones mineras luego de 2 kilómetros a sotavento del asiento minero, debido principalmente a la buena capacidad de dispersión de material particulado en el área (gran turbulencia térmica durante el día) y la barrera natural que conforman el Cerro Llorón, Cerro Negro y montañas y colinas adyacentes. Asimismo, la concentración de los elementos metálicos y gases cumplen con el estándar correspondiente.

En cuanto al marco geológico existe un predominio de la roca ígnea intrusiva granodiorita Yarabamba, y en menor proporción granodiorita Tiabaya y el Gneis de Charcani. Los fondos de quebrada están ocupados por depósitos cuaternarios formados por depósitos aluviales. Sobre esta matriz geológica actuaron los agentes modeladores, transformando el relieve inicial por efecto del agua, gravedad, fragmentación térmica (dada la diferencia diaria de temperaturas) y en menor intensidad por el viento. Es necesario indicar que a pesar de las bajas precipitaciones registradas, el relieve expuesto es vulnerable a una tormenta inusual, pudiendo existir un movimiento puntual pero intenso de materiales por efecto de las escorrentías generadas. El efecto del clima sobre los relieves iniciales condiciona la presencia de una topografía predominantemente colinosa y montañosa con evidencia de transporte de materiales desde las partes altas y de mayor pendiente hacia los sumideros ubicados en el fondo de quebrada, compuesto principalmente por cauces aluviales.

Las características de los suelos expresan las condiciones ambientales mencionadas; de este modo suelos ubicados en laderas expuestas con escasa cobertura vegetal son someros, de escaso desarrollo, con baja cantidad de materia orgánica, abundantemente pedregosos y por lo general ocupando intersticios de la roca. Parte de laderas y cimas corresponden a afloramientos rocosos del material parental. Los suelos aluviales son más profundos debido a la acumulación de materiales finos como consecuencia del transporte por escorrentías. Estas características condicionan la escasa oferta de potencial para el desarrollo de actividades humanas como la ganadería y agricultura tanto en la parte alta como en la parte baja de la quebrada Huayrondo. La mayor parte de los suelos pertenecen a la categoría X o suelos de protección que corresponden a suelos eriazos sin aptitud de uso para fines agropecuarios. Algunos suelos de laderas presentan aptitud para pasturas considerando sólo al guanaco, especie adaptada a esta oferta de alimento. Los suelos aptos para cultivos se relacionan principalmente con los depósitos aluviales, sin embargo están limitados por la falta de agua.

El panorama en el valle del Chili es muy diferente, encontrándose suelos aptos para el desarrollo agrícola debido a las bajas pendientes, presencia de suelos desarrollados, entre

otras condiciones. Estos suelos corresponden a suelos aluviales transportados y depositados por el río desde las partes altas de la cuenca y quebradas aportantes.

Si bien es cierto la quebrada Huayrondo es seca durante la mayor parte del tiempo, una precipitación alta inusual puede generar la presencia de escorrentías que se presentan esporádicamente con un poder erosivo significativo, arrastrando suelos y material rocoso a través del fondo de la quebrada.

En cuanto a la calidad del agua del río Chili, en el cual desemboca la quebrada Huayrondo, se registró la contribución de descargas domésticas e industriales ajenas a las operaciones de SMCV. El contenido de coliformes totales y fecales indica la ausencia de tratamientos previos de las descargas de desagües domésticos al río aguas arriba de la confluencia de la quebrada Huayrondo con el río Chili. Asimismo, la presencia en cantidades inusuales de algunos metales indica la descarga de efluentes industriales ajenos a las operaciones de SMCV.

Las operaciones mineras históricas en Cerro Verde causaron cambios en el modelo de flujos del agua subterránea en la cabecera de la quebrada Huayrondo. Antes de la explotación minera, el flujo de agua subterránea en la quebrada Huayrondo estaba dividido en un sector noreste y otro suroeste. El flujo noreste se dirigía hacia la quebrada Huayrondo propiamente dicha descargando principalmente a un acuífero libre muy permeable pero somero. El acuífero aluvial estaba solamente saturado en las partes más bajas. El flujo de la parte suroeste se dirigía hacia una zona fracturada muy permeable la cual actuaba como un acuífero libre de alta permeabilidad. La zona fracturada está actualmente siendo minada y los niveles del agua han descendido.

Las operaciones de las plataformas de lixiviación y sus pozas, así como las de la Planta SX-EW, han generado domos locales de recarga por debajo de dichas instalaciones.

La calidad de las aguas subterráneas de la cabecera de la quebrada Huayrondo manifiesta una degradación por la presencia de elementos químicos de origen antropogénico. Esta afectación se registra hasta las inmediaciones de la Presa Huayrondo, sin embargo los resultados del monitoreo muestran que aguas abajo de la presa el contenido químico de las aguas subterráneas es similar al de condiciones hidrogeológicas naturales.

La vegetación que se desarrolla sobre las laderas de la quebrada Huayrondo presenta una estrecha relación con las condiciones climáticas, sustrato y disponibilidad de agua. La vegetación de laderas está típicamente compuesta por cactáceas columnares en donde el

elemento más conspicuo es el cactus de Weberbauer, planta de interés desde el punto de vista ecológico. Esta planta puede sostener poblaciones de diferentes animales hasta en las condiciones de extrema sequía como los guanacos que aprovechan sus frutos e inclusive sus filocladios o tallos para conseguir agua y forraje. Cabe mencionar que el guanaco es una especie protegida por el estado debido a su bajo estatus poblacional en el Perú. Asimismo ofrece recursos al murciélago longirostro peruano que se alimenta del néctar de sus flores. Esta especie de murciélago también se encuentra protegida por el estado peruano. Las cactáceas columnares están estrechamente relacionadas con el sustrato rocoso, y en particular en la quebrada Huayrondo con los bolones y bloques de granodiorita, los cuales proporcionan núcleos de condensación del agua. En las horas de menor temperatura, el agua contenida en el aire se condensa y escurre al suelo, siendo retenida por las raíces de las cactáceas y almacenadas en los tejidos, por lo que pueden soportar períodos largos sin precipitaciones.

La vegetación del fondo de quebrada presenta diferentes estrategias de captación de agua. Muchas de las plantas presentes obtienen el agua a través de la napa freática, como el caso de la yara, especie protegida por el estado, que profundiza sus raíces en busca de suelos húmedos. Estas plantas pueden generar estructura para plantas de menor porte que aprovechan las condiciones generadas como sombra y protección a los elementos climáticos como la desecación. En algunos sectores de la quebrada aun quedan vestigios de vegetación ligada a ambientes húmedos. Estas plantas se desarrollaron como consecuencia de la disponibilidad de agua en la zona, sin embargo en la actualidad este tipo de vegetación se encuentra en retroceso.

La vegetación del fondo de quebrada también ofrece especies vegetales “estructurales” para el refugio de especies “intersticiales” como la avifauna que aprovecha las condiciones particulares generadas como refugio y hábitat de alimentación y reproducción. Especies como el huarango arequipeño proporcionan alimento a nectarívoros como el picaflor gigante y el picaflor de oasis que complementan su dieta con proteína extraída de insectos. El guanaco y el zorro andino también aprovechan la vegetación de fondo de quebrada como hábitat de alimento y refugio. Es necesario indicar la importancia clave del ratón orejón dentro de la red trófica debido a que es la única especie de ratón en la zona, la cual provee de alimento a depredadores como el zorro y lechuzas. Otras piezas claves en la red trófica están representadas por las lagartijas del género *Microlophus*, abundantes en el área.

En la quebrada Huayrondo también es evidente la actividad minera artesanal, la misma que se manifiesta en instalaciones como socavones y pequeños depósitos de desmontes en las

laderas. Estos socavones constituyen el refugio de especies de aves y en particular del murciélago longirostro peruano.

Desde hace relativamente poco tiempo se viene ejerciendo por parte de terceros la extracción de agregados de construcción en la cercanía de la desembocadura de la quebrada Huayrondo al río Chili. Estas actividades han significado la pérdida de material aluvial del lecho.

### **3.6 Ambiente socioeconómico**

#### **3.6.1 Introducción**

La siguiente sección desarrolla el Estudio de Línea Base del entorno socioeconómico del área de emplazamiento del proyecto Plataforma de Lixiviación 4B (PAD 4B) elaborado por la empresa Social Capital Group (SCG). El estudio completo se presenta en el Anexo K.

#### **3.6.2 Objetivos**

Los objetivos de este estudio se detallan a continuación:

- Elaborar una línea base social, económica, cultural y política de las áreas de estudio del proyecto, que refleje la situación en la que se encuentran antes del desarrollo del proyecto;
- Proporcionar un conjunto de indicadores socioeconómicos que respondan a las exigencias de los estándares nacionales e internacionales y que permitan evaluar la situación de las poblaciones potencialmente impactadas, antes, durante y después del desarrollo del proyecto.

#### **3.6.3 Definición del área de estudio**

En la determinación de las áreas de estudio del componente socioeconómico se ha considerado la descripción del Proyecto Plataforma de Lixiviación 4B (PAD 4B), a partir de la cual se puede determinar el alcance de los principales componentes del proyecto. Igualmente, se considera como factor clave, en la determinación de las áreas de estudio, el tema de percepciones, ya que aunque las poblaciones no se vean influenciadas y/o afectadas de manera física siempre existe una percepción de cambio por la presencia de un factor exógeno que en este caso sería el nuevo PAD 4B.

##### **3.6.3.1 Áreas de estudio del proyecto**

Es importante señalar que no existen comunidades ni centros poblados dentro de la propiedad de SMCV, y hasta el momento la relación más directa de la población con alguna actividad y/o componente del proyecto se limita al paso de los vehículos que trasladan personal que

labora en la mina, así como los contratistas que brindan servicios de soporte a las operaciones.

De acuerdo a las especificaciones del diseño del PAD 4B, la posibilidad de que el material lixiviado derive a la quebrada Huayrondo es casi inexistente, por lo que el proyecto no tendría un impacto directo sobre alguna población específica. No obstante, ante cualquier eventualidad y/o contingencia se debe considerar la posibilidad de un impacto a las poblaciones ubicadas aguas abajo de la quebrada.

Tomando en consideración estos aspectos, y otros criterios como el tránsito de vehículos, las áreas en las que SMCV desarrolla las actividades propuestas en los Planes de Relaciones Comunitarias vigentes, el canon minero y una posible percepción de riesgo ante la presencia del PAD 4B, se cree conveniente la determinación de dos áreas de estudio: el Área de Estudio General y el Área de Estudio en Detalle.

### ***Área de estudio general***

El Área de Estudio General (AEG) está conformado por cuatro distritos: Tiabaya, Uchumayo, Yarabamba y Jacobo Hunter (Figura 3.30) El AEG incluye aquellas áreas donde se prevé la existencia de una percepción de efectos ambientales originados por el Proyecto PAD 4B.

Estos distritos fueron considerados como parte del AEG según los siguientes criterios:

- Ubicación del PAD 4B,
- Tránsito vehicular,
- Ingresos por Canon Minero,
- Acercamiento de SMCV hacia las poblaciones, y
- Percepción de efectos ambientales.

### ***Área de estudio en detalle***

El Área de Estudio en Detalle (AED) lo conforma la Unidad Agropecuaria Chusicani y los pobladores de la margen izquierda del río Chili, en la zona de quebrada Huayrondo, ambos ubicados en el distrito de Tiabaya (Figura 3.31). Dichas áreas fueron consideradas de interés en este estudio, ya que Chusicani se encuentra próximo al río Chili y quebrada Huayrondo, al PAD 4B. Tal como se mencionó en el ítem 4.1 no se prevé filtraciones hacia las aguas subterráneas y superficiales; sin embargo, estas áreas son consideradas de interés ante la posibilidad de alguna eventualidad y/o contingencia.

Igualmente, se consideran estos dos sectores como parte del AED por el criterio de percepción de riesgos, puesto que aunque sea poco probable la ocurrencia de un evento, la población puede percibirse de igual forma en una situación de riesgo por la presencia del PAD 4B.

Se registró un total de 184 personas en el AED que conforman 38 hogares. De estos hogares 24 residen permanentemente en el área. Las restantes 14 familias poseen parcelas en AED y trabajan en dicha área aunque no residen en forma permanente en ella. Éstas familias son las llamadas “no residentes” en algunas secciones del informe.

#### **3.6.4 Metodología**

El diseño de la investigación consideró la definición de dos áreas de estudio: Área de Estudio General (AEG) y Área de Estudio en Detalle (AED). Esta situación determinó los instrumentos cualitativos y cuantitativos requeridos para el acopio de la información necesaria.

En el Área de Estudio General (AEG) la recopilación de la información primaria cualitativa se realizó mediante entrevistas semiestructuradas a autoridades, funcionarios y representantes de las municipalidades e instituciones locales del AEG y de las organizaciones gremiales; así como la observación participante.

Asimismo, se han consultado diversas fuentes de información secundaria, como documentos producidos por el Gobierno Regional, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) - Arequipa, Dirección Regional de Información Agraria (DIA) - Arequipa. También se consultó a la Gerencia Regional de Salud (GRS), gobiernos locales, los centros de salud, las Organizaciones No Gubernamentales de Desarrollo (ONG), la Policía Nacional del Perú (PNP), el Censo Nacional del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Sistema Agrícola Informativo (SISAGRI), la encuesta nacional de hogares de diversos años, censos escolares 2004-2006, el Sistema Integrado de Administración Financiera del Sector Público (SIAF-SP), además, se revisaron diferentes páginas web (Anexo K).

La elaboración de la Línea Base del Área de Estudio en Detalle (AED), que abarca la unidad agropecuaria de Chusicani y la quebrada de Huayrondo (distrito de Tiabaya), fue realizada mediante el acopio de información primaria cuantitativa y cualitativa.

Se utilizaron diferentes instrumentos de acopio de información tales como: la aplicación de un censo de hogares al AED y entrevistas semiestructuradas a líderes de opinión (Tabla 3.78).

Por último, también se realizó la observación directa de cada área de trabajo del AEG, un registro fotográfico de los mismos y un mapeo con datos georeferenciados de las viviendas existentes en el AED.

#### **3.6.4.1 Trabajo de campo**

El trabajo de campo se realizó entre el 3 y el 13 de junio del 2008. Las actividades desarrolladas se llevaron a cabo previa coordinación con la Gerencia de Relaciones Comunitarias de SMCV.

El objetivo principal del trabajo de campo fue el levantamiento de información primaria, cuantitativa y cualitativa, sobre las condiciones socioeconómicas y percepciones de la población ubicada en el área de estudio del Proyecto PAD 4B. La información cuantitativa se obtuvo a partir del Censo de Hogares del AED, la información cualitativa se obtuvo, principalmente, a partir de las entrevistas a los stakeholders de las áreas de estudio.

#### **3.6.4.2 Instrumentos metodológicos**

##### ***Información Cuantitativa***

###### Censo de Hogares del AED

###### *Objetivos*

El objetivo principal del censo de hogares fue obtener información cuantitativa de los hogares sobre las siguientes áreas: características de la vivienda, equipamiento del hogar, salud, educación, empleo, la actividad económica de los hogares de acuerdo al tipo de actividad, la estructura del ingreso, organización social y percepciones sobre contaminación. Esta información es necesaria para construir indicadores que permitan conocer la situación socioeconómica del AED con el fin último de preparar la línea base social del EIA. Asimismo, esta información generada servirá de fuente de información a instituciones públicas y privadas para la formulación de políticas.

###### *Población objetivo*

El estudio consideró a todas las viviendas (cobertura censal) asentadas en la desembocadura de la quebrada Huayrondo y la Unidad Agropecuaria de Chusicani. El estudio tuvo como población objetivo a los grupos poblaciones siguientes:

- Los hogares asentados en la margen izquierda del río Chili en la zona de quebrada Huayrondo y la Unidad Agropecuaria de Chusicani, a partir del marco censal de viviendas elaborado para fines del presente estudio, el cual registraba 24 hogares. Cabe señalar que éstos 24 hogares residen permanentemente en ésta área (residentes).

- Los 14 explotadores agrícolas independientes o propietarios que trabajan en la zona de estudio pero que no residen en ella (son los llamados “no residentes” en algunas secciones del informe).

#### *Unidad de análisis*

Nuestra unidad de análisis es el hogar, el cual está constituido por: 1) los integrantes del hogar familiar, y 2) las personas que no son miembros del hogar familiar, pero que estuvieron presentes en el hogar los últimos 30 días.

#### *Informantes*

- Jefe del Hogar;
- Ama de casa;
- Personas de 18 años y más.

#### *Periodo de Ejecución*

Se efectuó entre los días 3 y 13 de junio del 2008.

#### *Procesamiento y análisis*

El procesamiento y análisis de la información, así como la redacción del informe de línea base social, estuvo a cargo de especialistas de SCG.

El procesamiento de la información abarcó las etapas de digitación, verificación de la consistencia de los datos, recodificación y la elaboración de las tablas y gráficos de salida. Para la digitación se contó con un grupo de profesionales supervisados por un especialista en el tema.

Para aquellas preguntas de carácter abierto consideradas en la encuesta, fue necesario hacer previamente una codificación, dado que la mayor parte del análisis se realiza con el software estadístico STATA v. 10. La tabulación se presenta en términos de frecuencias relativas o porcentuales, aunque la mayoría de los resultados se muestran en forma de gráficos, dada la utilidad de expresar visualmente los valores numéricos que aparecen en los cuadros, ya que los simplifica y los hace más atractivos en la lectura.

En el análisis de los resultados se identificó los elementos básicos de la información para examinarlos en profundidad, explicitando las propiedades, notas y rasgos de las variables de estudio que se derivan de los cuadros y gráficos. Esto resume el análisis de los diversos temas que han contenido los instrumentos cuantitativos aplicados.



### ***Información cualitativa***

Se incluyeron los siguientes instrumentos:

- Entrevistas a Profundidad a informantes clave sobre percepciones de la situación social y económica, con la finalidad de complementar y enriquecer la información recolectada de fuentes secundarias. Para realizar las entrevistas a los stakeholders, se seleccionaron a aquellas personas con amplios conocimientos de los sectores bajo estudio: autoridades de la administración pública, responsables del centro de salud, profesores de centros educativos secundarios, primarios e iniciales, representantes de la comisaría, etc.
- Observación Participante de las localidades existentes, las actividades de comercialización, las redes y lazos importantes tanto de comercialización como culturales (técnica de observación para conocer directamente la información que poseen los sujetos de estudio sobre su propia realidad).
- Acopio de información institucional (considerada como fuente secundaria).

#### Informantes clave

Para la elaboración de la línea base social se llevaron a cabo treinta y siete (37) entrevistas a diversos stakeholders dentro de la dinámica socioeconómica del AEG y del AED, con la finalidad de definir la estructura social, situación socioeconómica, necesidades y datos demográficos básicos a nivel de anexos y distritos en el Área de Estudio. Dichas entrevistas se dieron sin inconvenientes y lograron cubrir un abanico amplio de stakeholders involucrados. El total de stakeholders entrevistados se muestra en la Tabla 3.79. Se hizo uso del software ATLAS.ti para poder optimizar el uso de la información cualitativa.

#### Procesamiento de información

Todas las entrevistas fueron transcritas para luego ser revisadas individualmente para editar cualquier vicio verbal de parte de los entrevistadores: muletillas, redundancia, etc. Las participaciones de los entrevistados fueron respetadas en su totalidad para no cambiar el sentido de sus respuestas.

Llevada a cabo dicha revisión, se inició el procesamiento de información con el software cualitativo ATLAS.ti, el cual permite extraer todas las citas relevantes para el estudio sin perder riqueza de información, ya que se lee y codifica cada entrevista en su totalidad. Se crearon cuarenta y dos (42) códigos de análisis de acuerdo a las temáticas trabajadas en la LBS. En el proceso mismo de codificación, se crearon cuatro (4) nuevos códigos, por lo que al final se contó con cuarenta y seis (46) códigos de análisis, un alto número de códigos que

expresa la complejidad del trabajo dada la gran cantidad de información recogida en las entrevistas.

Se completó la codificación de todas las entrevistas y se pasó a revisar todas las citas extraídas para depurar las menos relevantes o redundantes y corregir cualquier error de codificación. Por último, se obtuvieron cuatro productos distintos con el ATLAS.ti que permiten al grupo de especialistas de SCG la rápida ubicación y fácil lectura de las citas de su interés.

### ***3.6.5 Diagnóstico socioeconómico del área de estudio general***

#### ***3.6.5.1 Dinámica económica local***

##### ***Estructura productiva***

###### Agricultura

La producción agrícola en el AEG se destaca por la presencia del ajo, la cebolla, el apio, la alcachofa, la cebolla china y el rabanito. En el valle del Chili, la primera campaña es de enero a julio y hay una segunda campaña de julio a diciembre. Esta última es la campaña chica en donde se necesita menos cantidad de recursos hídricos.

Tiabaya, en particular, es reconocida por la producción de cebolla y ajo. Tradicionalmente, su producción ha abastecido a diferentes mercados externos e internos, incluyendo el de Lima. Durante los años 60 solo se producía una variedad tradicional de cebolla, posteriormente, en los 80, se empezó a cultivar una variedad americana que se mezcló con la variedad tradicional. De acuerdo a las estadísticas agropecuarias proporcionadas por el Ministerio de Agricultura en Tiabaya la producción promedio de cebollas durante el 2006 fue de 1 576 toneladas. Se cosecharon en promedio 32 hectáreas de éste cultivo. El rendimiento promedio fue de 33 508 kilos por hectárea. La producción de ajos fue de 21,75 toneladas cosechados en algo más de 2 hectáreas.

Los Gráficos 3.76, 3.77 y 3.78 muestran los rendimientos (kilos por hectárea) de los principales cultivos en el AEG desde 1997 al 2007. Para el caso de la cebolla se muestra una tendencia creciente en todos los distritos que conforman el AEG. Aunque se muestran mayores rendimientos en el caso de Tiabaya. El promedio general del rendimiento de la cebolla en todo el AEG es de 32 826 kilos por hectárea. Los rendimientos del ajo también se incrementaron en el período analizado aunque a una tasa mucho menor. Sin embargo, a partir del 2007 el rendimiento crece considerablemente a niveles superiores a los 15 000 kilos por hectárea. Con respecto al apio no se muestra una tendencia clara, los valores para el caso de Tiabaya oscilan alrededor de los 12 000 kilos por hectárea. En Jacobo Hunter los

rendimientos del apio son menores oscilando la productividad en los 9 000 kilos por hectárea.

#### *Producción y comercialización*

La producción agrícola en el AEG se destaca por la presencia del ajo, la cebolla, el apio, la alcachofa, el perejil, el culantro, la arveja, la papa, el maíz, la cebolla china y el rabanito. En el valle del Chili, la primera campaña es de enero a julio y hay una segunda campaña de julio a diciembre. Esta última es la campaña chica en donde se necesita menos cantidad de recursos hídricos.

Tiabaya, en particular, es reconocida por la producción de cebolla y ajo. Tradicionalmente, su producción ha abastecido a diferentes mercados externos e internos, incluyendo el de Lima. Durante los años 60 solo se producía una variedad tradicional de cebolla, posteriormente, en los 80, se empezó a cultivar una variedad americana que se mezcló con la variedad tradicional.

La venta de la producción agrícola del AEG se realiza en los mercados más cercanos de la ciudad de Arequipa: San Camilo y Avelino Cáceres. En Lima, el ajo y la cebolla del AEG son comercializados principalmente en el mercado central. Otros puntos de venta son los mercados de Juliaca, Cusco, y Puno.

Los intermediarios pagan en promedio tres nuevos soles por un saco grande de cebollas, hecho que los agricultores de Tiabaya no ven con agrado. La falta de organización de los agricultores es atribuida como un problema en el establecimiento de precios más justos.

Sin embargo, sí existen importantes gremios agropecuarios en el AEG, como las asociaciones agropecuarias de Yarabamba (AGROYARA) y Tiabaya (ADATA). Dichas asociaciones están orientadas a la producción agrícola, crianza de animales menores, ganado vacuno y subproductos pecuarios como la leche.

#### *Agroindustria*

Existe en la región una cartera de productos agropecuarios que pueden ser transformados con ventajas para su colocación en los mercados regionales, nacionales e internacionales. Entre ellos se cuentan: las especies de camélidos andinos, la leche, la aceituna, el maíz morado, la lúcuma, la tuna, plantas colorantes y aromáticas, la cebolla, las menestras, el frijol, la quinua, la kiwicha y diversos frutales. La extensión del área agrícola, así como la calidad y diversidad de suelos, permiten afirmar que estos productos pueden producirse a gran escala y aumentar su valor agregado para su colocación en los mercados nacionales e internacionales, generando

circuitos que revitalicen la inversión, el empleo y el consumo regional.

### Ganadería

En los distritos del AEG, esta actividad se practica masivamente debido a la presencia de pastos naturales y extensiones agrícolas.

### Finanzas públicas

Los ingresos totales de las municipalidades distritales del AEG durante el año 2007 se aprecian en la Tabla 3.80. De acuerdo a estos resultados, el distrito que cuenta con mayores ingresos es Tiabaya. El mayor componente de sus ingresos lo constituyó el rubro “Ingresos corrientes”, el cual representó el 61.1% de los ingresos totales para el año en mención. En el resto de distritos también se observa la mayor participación de los ingresos corrientes, a excepción de Jacobo Hunter en donde el rubro “Transferencias” representó un importante 38,2%. Por otro lado, el rubro “Financiamiento” también es un componente de suma importancia en la estructura de los ingresos totales del Gobierno local de Tiabaya. No obstante, cabe mencionar que todo este financiamiento fue obtenido por el rubro “saldo de balance”, es decir, por los recursos de canon transferidos en años anteriores no ejecutados en sus correspondientes años.

Las fuentes de los ingresos se muestran de forma detallada en la Tabla 3.81. Es de destacar la importancia del canon y sobrecanon, las regalías, las participaciones y las rentas de aduanas como las fuentes más importantes. Este resultado muestra la gran dependencia de los distritos del AEG de las transferencias realizadas desde el Gobierno Central. Adicionalmente, muestra la reducida capacidad distrital para generar ingresos propios, dado que el rubro “impuestos” es bastante reducido en términos relativos.

La Tabla 3.82 muestra que las transferencias del Gobierno Central hacia el Gobierno Distrital de Tiabaya por concepto de canon se han incrementado progresivamente en el periodo 2007-2008. Así, de un monto total de S/. 5.5 millones de nuevos soles transferido en el 2007 se pasó a un monto de S/. 10.2 millones de nuevos soles en el año 2008, que representa un crecimiento de casi el 100%.

### Gastos

Como se puede apreciar en la Tabla 3.83, el gasto total de los cuatro municipios analizados en el 2007 ascendió a S/. 11.2 millones de nuevos soles, de los cuales el 59,2% correspondió al gasto corriente y el 39,9% a gasto de capital. Los gastos de capital son Considerando los recursos por canon minero, hidroenergético, petrolero, pesquero, forestal y

gasífero explicados casi en su totalidad (98,4%) por el gasto de inversión, debido a que más del 50% del presupuesto de las municipalidades en mención corresponde al canon, el cual, según lo establecido por el marco normativo actual, debe destinarse exclusivamente a financiar proyectos de inversión pública.

### **3.6.5.2 Dinámica poblacional**

El objetivo primordial de abordar el tema demográfico guarda relación con el establecimiento de las bases para la identificación de la población presente en el área de estudio, su distribución en el territorio y sus principales características.

El estudio de la realidad demográfica en el ámbito del AEG es relevante en la medida que nos permite conocer las tendencias de cambio en la evolución de la población, así como tener una aproximación a los procesos coyunturales más amplios en los que operan dichos cambios. Si el análisis de la dinámica poblacional se hace de manera articulada con los asuntos económicos, sociales y territoriales, contribuirá a justificar y establecer los lineamientos de los planes y las políticas orientadas al desarrollo y a la búsqueda del bienestar de la población.

El desarrollo de este tema se ha enfocado en el estudio de la población y de las dinámicas demográficas, ocupándose de aspectos tales como la evolución demográfica con relación al número total de habitantes, así como la distribución de la población según el área de residencia (urbano/rural). Asimismo, se aborda la estructura de la población en categorías clasificadas de acuerdo a variables como sexo y edad. Por otro lado, se ha considerado la dinámica demográfica a partir de los indicadores de tendencia de migración, natalidad y mortalidad.

Las principales fuentes de información utilizadas para la elaboración de esta sección han sido: los Censos Nacionales de Población y Vivienda del INEI de 1993 y del 2005; los resultados preliminares del censo del 2007, así como las Proyecciones Departamentales de la Población elaboradas por la misma institución; el Anuario Estadístico del Instituto Cuánto del 2007, así como otros documentos elaborados por instituciones que trabajan en la región y páginas web relacionadas. La información relativa a los censos previos al de 1993 se obtuvo en la página web del Instituto Nacional de Estadística e Informática. En el proceso de recojo de información se observaron algunas debilidades, principalmente respecto a la cantidad y diversidad de información disponible, pues en muchos casos no se cuenta con datos válidos o no existen los canales adecuados para acceder a la información producida a nivel distrital a lo largo del tiempo.

### ***Evolución demográfica***

Según el INEI, la dinámica demográfica se expresa en función del crecimiento o el decrecimiento de la población. Para el caso de la Provincia de Arequipa, este proceso coincide con el observado a nivel nacional, donde el ritmo de crecimiento es elevado. Contrario a lo observado a nivel regional, muchas de las provincias de Arequipa han presentado un comportamiento variado en la dinámica demográfica ya que se han dado periodos tanto de crecimiento como de decrecimiento. Sin embargo, el caso de la provincia de Arequipa es particular en este sentido, puesto que a lo largo de los años ha presentado una tasa de crecimiento por encima de la tasa observada en la región.

El registro poblacional más antiguo de la provincia de Arequipa al que se tuvo acceso fue el Datos censo de 1876, que muestra una población de 59 696 habitantes. En ese entonces, distritos como Jacobo Hunter y Yarabamba no estaban conformados aún, motivo por el cual no se dispone de información a ese nivel de detalle. Los distritos de Tiabaya y Uchumayo contaban con 3 010 y 1 050 habitantes, respectivamente. Entonces, de acuerdo al censo nacional del 2005, la población de ambos distritos se ha visto incrementada en 5 y 9,8 veces, respectivamente.

Según el censo de 1940, la provincia de Arequipa era la más poblada de la región al concentrar un total de 128 809 habitantes (49% del total regional). Para el año 1961, la población de la provincia de Arequipa se había incrementado 1,7 veces, alcanzando la cifra de 222 377 personas. Entre 1981 y 1993 también hubo un incremento poblacional de 1,35 veces, mientras que la situación se volvió a repetir en el año 2005 cuando se registró un incremento de 1,3 veces respecto al año 1993.

En el Censo Nacional del 2005, la provincia de Arequipa registró un total de 861 746 habitantes, cifra que representa el 3,3% de la población total a nivel nacional y que la coloca como la tercera provincia más poblada del Perú (Gráfico 3.79).

Al interior del AEG, el área con menor incremento poblacional entre los censos de 1940 y 1972 fue el área rural, de modo que distritos como Tiabaya y Uchumayo crecieron menos que el resto. En el periodo intercensal comprendido entre 1972 y 1993 se presenta un incremento mayor de la población y se crea el distrito de Jacobo Hunter.

La tendencia de crecimiento poblacional en el AEG se ha mantenido a partir del año 1993. Una revisión a la evolución demográfica que ha presentado la provincia de Arequipa, y el AEG en particular, nos da cuenta de un crecimiento acelerado. Según datos del censo de

1993, la provincia de Arequipa contaba con una población total de 676 790 personas. Los distritos que conforman el AEG representaban el 9 % de la población total de la provincia. Para el año 2005, la población de la provincia de Arequipa alcanzaba los 861 746 habitantes, mientras que la población del AEG era de 72 759 habitantes (equivalente al 8,4% de la provincia). Entre el año 1993 y el año 2005 la población de la provincia se ha incrementado en 1,3 veces, mientras que la población del AEG lo ha hecho 1,2 veces.

Tanto en 1993 como en 2005, el grueso de la población del AEG se concentraba en el distrito de Jacobo Hunter con 39 180 habitantes en 1993 y 46 216 habitantes en 2005, representando el 64,2% y el 63,5% de la población total del AEG, respectivamente. Si se considera que la fundación de Jacobo Hunter data de principios de la década del 90, se puede afirmar que dicho distrito ha tenido un crecimiento acelerado, hecho que está relacionado con un incremento poblacional en las áreas periféricas de la provincia de Arequipa como resultado de flujos migratorios (Gráfico 3.80).

Las estimaciones de población para la región de Arequipa contemplan un crecimiento del 4,5% para el año 2010. Esta tendencia de crecimiento puede verse reflejada en los próximos años tanto en la provincia de Arequipa como en los distritos que conforman el AEG.

### ***Población total***

#### Densidad poblacional

La densidad poblacional es el indicador que relaciona el total de la población con una superficie territorial. Normalmente se usa la expresión número de habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km<sup>2</sup>).

Al interior de la provincia de Arequipa, el distrito que presenta mayor densidad poblacional es Arequipa. Respecto al AEG, los distritos de Uchumayo y Yarabamba tienen una densidad poblacional de 39,14 hab/km<sup>2</sup> y 2,18 hab/km<sup>2</sup>, situándose por debajo del indicador observado para el caso de la provincia (91,42 hab/km<sup>2</sup>). Los distritos de Jacobo Hunter y Tiabaya presentan una densidad poblacional mayor: 2 845,21 hab/km<sup>2</sup> y 627,10 hab/km<sup>2</sup> respectivamente. Estos datos están relacionados con el crecimiento acelerado, principalmente en Jacobo Hunter, y con la migración del campo a la ciudad, proceso que no solo redundó en la densidad poblacional sino también en la condición de domicilio, que con los años va tornándose más urbano que rural (Cuadro 3.23).

**Cuadro 3.23**  
**Densidad poblacional año 2005 - Provincia de Arequipa y AEG**

Lugar		Extensión (km <sup>2</sup> )	Población	Densidad Poblacional (Hab/km <sup>2</sup> )
Provincia	Arequipa	9 682,02	873 965	91,42
AEG Distritos	Jacobo Hunter	20,37	57 228	2 845,21
	Tiabaya	31,62	19 470	627,1
	Uchumayo	227	8 826	39,14
	Yarabamba	492,2	1 061	2,18

#### Composición de la población por sexo

Las tendencias en las tasas de natalidad y mortalidad y la composición de la población por sexo y grupo etario nos permite determinar los cambios en la estructura poblacional; lo que tiene un impacto sobre la demanda de servicios básicos y da cuenta del grado de desarrollo de un país o región así como de la calidad de vida.

La distribución por sexo en la región y en la provincia de Arequipa no ha mostrado variaciones significativas y se ha mantenido alrededor del 50% para hombres y mujeres. Una revisión del crecimiento poblacional de la provincia de acuerdo al género nos muestra una ligera reducción del porcentaje de hombres respecto al de mujeres a partir del año 1981. A diferencia de periodos anteriores, el porcentaje de mujeres ha tendido a ser mayor que el porcentaje de hombres (Tabla 3.84).

Al interior de AEG los valores relacionados a la población por sexo han mantenido relación con los porcentajes mostrados a nivel de la provincia. En la actualidad, en base a la información obtenida en el censo del 2005, se observa que la Provincia Arequipa presenta un 49,2% de población masculina y el restante 50,8% de población femenina. El Gráfico 3.81 muestra que la distribución de la población por sexo en la provincia Arequipa y en el AEG se mantiene estable con valores que bordean el 50% como se mencionó líneas arriba. La excepción en el caso del AEG la representa el Distrito Yarabamba donde más del 54% de población es masculina.

Otro indicador útil para analizar la distribución de la población de acuerdo al sexo es el Índice de masculinidad. Este índice es la razón de varones entre mujeres en una determinada población o sub-población. A nivel de la provincia de Arequipa, los índices de masculinidad tienden a ser menores a 100 debido, fundamentalmente, a la inmigración femenina. Al



interior del AEG, el índice de masculinidad es mayor en la zonas rurales que en las zonas urbanas y resulta ser significativamente mayor en el distrito de Yarabamba dada la naturaleza rural del mismo.

Esta diferencia entre la zona urbana y rural se explica porque en las zonas rurales las tareas agrícolas y ganaderas son las dominantes y suelen realizarse principalmente por mano de obra masculina. Este panorama cambia para el caso urbano donde la situación es más compleja, ya que el índice de masculinidad se ve afectado por factores variados, tales como la longevidad (generalmente mayor en las mujeres), la proporción de población dedicada a servicios domésticos y la migración diferencial desde zonas rurales. Ello tiende a favorecer el predominio demográfico de la mujer en dichas áreas.

En la Tabla 3.85 se consigna la información relacionada al índice de masculinidad de la provincia de Arequipa y el AEG de acuerdo a los censos de 1993 y 2005.

#### Composición de la población por grupos de edad

Respecto a la composición de población por grupos de edad, se han considerado tres grandes grupos: 1) los menores de 15 años, 2) el grupo entre 15 y 64 años, los cuales forman se encuentran en edad productiva, y 3) la población de 65 años a más.

Tal como ha ocurrido en el Perú en los últimos 50 años, la provincia de Arequipa ha mostrado un descenso en la importancia relativa de la población menor de quince años. En términos de evolución poblacional, se observa que en el año 1940 la provincia de Arequipa tenía un 40.6% de población menor de 15 años, cifra que decreció al 33.1% en el año 1993.

Por otro lado, el grupo de edad correspondiente a los 15-64 años se ha incrementado de 55% a 61.8% entre 1940 y 1993. Situación similar se observa en la población mayor de 65 años que ha incrementado de 4.4% a 5.1%. Este último dato da cuenta de una tendencia al envejecimiento de la población.

La forma de la pirámide poblacional de la provincia de Arequipa (Gráfico 3.82) indica un descenso de la natalidad en los últimos años y un previsible envejecimiento de la población. La forma de esta pirámide coincide con la de países en desarrollo: se evidencia el control de la natalidad y una mortalidad relativamente controlada. La disminución poblacional en el grupo de menores de 20 años responde al decrecimiento de la tasa de natalidad como resultado de la aplicación de métodos de planificación familiar a partir de 1990.

Por otro lado, se observa una tendencia de crecimiento paulatino y regular en la población mayor de 60 años. Esto puede indicar un cambio en la esperanza de vida de los habitantes, así como un mayor acceso a los servicios de salud, los mismos que experimentarán cambios en los patrones de oferta y demanda a mediano plazo debido a la concentración poblacional en los rangos de edad intermedios.

Las características observadas en la pirámide poblacional de la provincia, que coincide con la pirámide poblacional del AEG, refiere la existencia de una población que se encuentra en la segunda fase del proceso de transición demográfica de expansiva a constrictiva. Se debe entender por transición demográfica un ciclo expansivo que coincide con el descenso de las tasas de mortalidad y natalidad. La transición demográfica comprende tres momentos: primero, desciende la mortalidad, que es el momento en el que se da inicio a la transición demográfica; segundo, disminuye la natalidad; y por último, las tasas de natalidad y mortalidad se sitúan en sus niveles mínimos, momento en que se da fin a la transición demográfica.

Los datos concernientes a los grupos de edad y sexo de acuerdo a cada distrito se presentan en la Tabla 3.86. En ella se observa que la mayor proporción de población en los distritos de Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo corresponde al grupo de 20 a 24 años. La población de este grupo de edad en estos tres distritos va decreciendo, tanto para los rangos de edad superiores como para los inferiores. Esta situación es distinta en el caso de Yarabamba, donde la concentración poblacional se ubica en el rango de 25 a 29 años. En este distrito la distribución poblacional no tiene un patrón claro de crecimiento o decrecimiento sino hasta el rango de 55 a 59 años, momento en el cual la población va decreciendo. En los grupos etarios de menor edad la distribución poblacional de Yarabamba tiende a ser bastante irregular.

A fin de graficar la pirámide poblacional para el AEG, se ha agrupado la información referente a los cuatro distritos que la conforman. (Gráfico 3.83)

Siendo coincidente la forma que presenta la pirámide poblacional del AEG con la pirámide poblacional de la provincia de Arequipa, se observa que el AEG resulta ser reflejo de la situación plasmada líneas arriba para el caso provincial. En síntesis, la población del AEG es una población que presenta una concentración de población en las edades intermedias y un decrecimiento de la población infantil como resultado de la reducción de la natalidad.

### **Componentes demográficos**

Los indicadores de dinámica demográfica nos ayudan a observar tendencias en el crecimiento o decrecimiento de la población sobre la base de algunos indicadores principales, tales como migración y emigración o nacimientos y defunciones ocurridos en cierto año en una población determinada.

#### Fecundidad

Como se describió líneas arriba, tanto la región como la provincia de Arequipa se encuentran en un claro proceso de transición demográfica (expansiva-constrictiva). Este hecho redundando en una tendencia decreciente de la natalidad en la zona y en una consecuente variación en la pirámide poblacional.

Los cambios experimentados en la provincia de Arequipa al respecto guardan relación con el proceso de urbanización, el cual no solo ha generado que la población se concentre en las ciudades sino que ha traído consigo una modernización de los estilos de vida y cambios en los patrones culturales.

La urbanización ha coincidido con el incremento de actividades comerciales y de servicios en los que las mujeres participan más que antes. De igual forma, el acceso de las mujeres a la educación ha traído consigo, en muchos casos, una mayor capacidad de decisión y mayor control sobre la reproducción. En consecuencia, se observa que a nivel del AEG y de la provincia de Arequipa, la urbanización, la educación y la modernización han jugado un papel importante en los patrones de reproducción, situación extensiva para el caso regional y nacional.

Los cambios que se observan respecto a la fecundidad no implican la disminución del número de nacimientos sino que las mujeres tengan menos hijos que en el pasado. El número de nacimientos no varía puesto que la población femenina en edad fértil se incrementa, lo que tiende a disminuir es la cantidad de hijos que tiene cada mujer.

Dada la estrecha relación que guarda la urbanización con la disminución de la fecundidad, la tasa global de natalidad suele ser mayor en los espacios rurales, como ejemplo se observa en 1993 en la región de Arequipa, donde la tasa global de fecundidad en la zona urbana era de 2,6 mientras que para el área rural era de 4,1. Esta diferencia está relacionada con la concentración urbana y con la cúspide de fertilidad que se observa en estos espacios. La cúspide de fertilidad para el área urbana (25 a 29 años) suele situarse en un grupo de edad mayor a la rural, donde el mayor nivel de fertilidad se encuentra entre las mujeres de 20 a 24

años.

Las características de la fecundidad en el AEG se muestran en las siguientes tres tablas, las cuales están elaboradas en base a información disponible de los años 2006 y 2007. Cabe resaltar que en la información que se presenta a continuación se ha trabajado en relación con el distrito de residencia habitual de la madre porque, en ocasiones, los partos no se atienden en los servicios de salud disponibles en cada uno de los distritos, o el lugar de inscripción de los recién nacidos tampoco se lleva a cabo al interior del AEG.

En lo que se refiere a la cantidad de nacidos vivos, las cifras al interior de AEG guardan relación con el tamaño y la cantidad de población residente en los distritos. Para el año 2007, se registraron un total de 1 082 nacimientos, de los cuales el 63,6% fue de madres residentes en Jacobo Hunter y solo el 0,7% de madres residentes en Yarabamba. Como se muestra en el siguiente cuadro, a nivel global del AEG, el 54.4% de nacimientos fue de hombres y el 45.6% de mujeres.

**Cuadro 3.24**  
**Nacidos vivos por sexo y distrito de residencia de la madre (año 2007) en el AEG**

<b>Distrito</b>	<b>Hombre</b>		<b>Mujer</b>		<b>Total</b>	
Jacobo Hunter	380,00	0,55	308,00	0,45	688,00	0,64
Tiabaya	129,00	0,54	112,00	0,47	241,00	0,22
Uchumayo	76,00	0,52	69,00	0,48	145,00	0,13
Yarabamba	4,00	0,50	4,00	0,50	8,00	0,01
<b>Total</b>	<b>589,00</b>	<b>0,54</b>	<b>493,00</b>	<b>0,46</b>	<b>1082,00</b>	<b>1,00</b>

Al comparar los datos del 2007 y el 2006, se puede notar ligeras variaciones en lo que se refiere al sexo de los recién nacidos: en el año 2006, el 52% de niños que nacieron fueron mujeres, mientras que en el 2007 esta cifra se redujo al 45,6%. A nivel del AEG, se observa un descenso en el número de nacimientos (1 148 en el 2006 y 1 082 en el 2007). Las cifras que se observan en este periodo anual hablan de una tendencia decreciente de la natalidad en la zona, hecho que guarda relación con factores antes expuestos como la urbanización, los métodos de planificación familiar y la diversificación de actividades económicas femeninas. Si se desagregan los datos al interior del AEG, se puede ver que solo en los casos de Tiabaya y Yarabamba hubo un ligero incremento de los nacimientos entre el 2006 y el 2007.

La edad promedio de las madres que han tenido hijos en el año 2006 está por lo general entre los 20 y 29 años. A nivel del AEG, el 51.7% de las madres tenían entre 20 y 29 años. Solo en el caso de Yarabamba el mayor porcentaje está representado por las madres mayores de 30 y menores de 39 años (71,4%), mientras que solo hay un 4.2% de madres en el AEG que tienen entre 40 y 49 años. Los casos de madres adolescentes (menores de 20 años) representan el 10,3% de los casos en el AEG (Cuadro 3.25)

**Cuadro 3.25**  
**Nacidos vivos por grupos de edad y distrito de residencia habitual de la madre (año 2006) en el AEG**

<b>Distrito</b>	<b>Menos de 20</b>		<b>20 - 29 años</b>		<b>30 - 39 años</b>		<b>40 - 49 años</b>		<b>Total</b>
Jacobo Hunter	63	8,4%	408	54,3%	250	33,2%	31	4,1%	752
Tiabaya	33	14,9%	108	48,6%	73	32,9%	8	3,6%	222
Uchumayo	21	12,6%	77	46,1%	59	35,3%	10	6,0%	167
Yarabamba	1	14,3%	1	14,3%	5	71,4%	0	0,0%	7
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>10,3%</b>	<b>594</b>	<b>51,7%</b>	<b>387</b>	<b>33,7%</b>	<b>49</b>	<b>4,3%</b>	<b>1 148</b>

La información referente a los nacimientos en el AEG revela que la mayoría de las madres alcanzaron el nivel educativo secundario. Sin embargo, a partir de éste resultado no se puede concluir que existe una relación entre maternidad y el nivel educativo. En Tiabaya y Uchumayo el porcentaje de madres con educación secundaria supera el 59% mientras que solo en Yarabamba se registra que 4 (57,1%) de las 7 madres tenían nivel educativo superior (Cuadro 3.26).

**Cuadro 3.26**  
**Nacidos vivos por nivel educativo y distrito de residencia habitual de la madre (año 2006) en el AEG**

<b>Distrito</b>	<b>Sin nivel</b>		<b>Primaria</b>		<b>Secundaria</b>		<b>Superior Incompleta</b>		<b>Superior</b>		<b>Total</b>
Jacobo Hunter	6	0,8%	71	9,4%	403	53,6%	93	12,4%	179	23,8%	752
Tiabaya	6	2,7%	29	13,1%	132	59,5%	18	8,1%	37	16,7%	222
Uchumayo	2	1,2%	19	11,4%	99	59,3%	16	9,6%	31	18,6%	167
Yarabamba	0	0,0%	1	14,3%	1	14,3%	1	14,3%	4	57,1%	7
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>1,2%</b>	<b>120</b>	<b>10,5%</b>	<b>635</b>	<b>55,3%</b>	<b>128</b>	<b>11,1%</b>	<b>251</b>	<b>21,9%</b>	<b>1 148</b>

Se observa que la cantidad de nacidos vivos en el AEG guarda estrecha relación con la cantidad de población residente en cada distrito. Por otro lado, la edad promedio de las madres está entre los 20 y 29 años y el nivel de educación promedio es el secundario. A nivel

del AEG, se ha observado una disminución en el número de nacimientos entre el 2006 y el 2007, hecho que guarda relación con los factores expuestos en esta sección.

### Mortalidad

Las diferentes tendencias de mortalidad en distintos ámbitos políticos administrativos pueden explicarse por diversos factores como: las condiciones de vida y el nivel de desarrollo.

En la región de Arequipa se presentan desequilibrios que guardan relación con la concentración poblacional y las actividades económicas, en tanto estas últimas derivan en la concentración y en el mayor acceso a ciertos servicios básicos. La situación es distinta de acuerdo al área geográfica y suele ser más compleja en las áreas rurales donde el acceso a servicios es difícil y su economía de subsistencia no provee los medios necesarios para mejorar las condiciones de vida y convierte en latente el riesgo de que los niveles de mortalidad se acrecienten.

Respecto a los indicadores de mortalidad, los más conocidos son: la tasa bruta de mortalidad, la tasa de mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacer. En la región de Arequipa la tasa de mortalidad presenta un significativo descenso. Según datos de 1975, había 17 defunciones por cada 1 000 habitantes, mientras que en 1993 esta cifra se había reducido a 8 x 1 000. Según estimaciones hechas para el periodo del 2010 al 2015, la cantidad de defunciones decrecerá a 6 por cada 1 000 habitantes.

La tasa de mortalidad infantil se estima a partir de la cantidad de defunciones de niños menores de un año por cada mil nacidos vivos. La estimación de la mortalidad infantil es importante puesto que existe relación entre la satisfacción de necesidades básicas, las condiciones socioeconómicas de las familias y la aparición de enfermedades en los primeros meses de vida. La tendencia decreciente que presentan los índices de mortalidad infantil en la región de Arequipa guarda relación con las políticas de vacunaciones e inmunizaciones.

Según los datos del Ministerio de Salud, durante el año 2007 se han registrado un total de 3 680 defunciones en la provincia de Arequipa. Al interior del AEG se registraron un total de 263 defunciones, cifra que representa el 7,1% del total provincial. La cantidad de defunciones en el distrito Jacobo Hunter representan el 59,7% del total del AEG, mientras que las defunciones en Yarabamba solo representan el 3%.

De acuerdo con el Cuadro 3.27, la estructura de la mortalidad en el AEG durante el 2007 indica que la mayor concentración de muertes se registró tanto en el grupo etario de 60 años a más, como en el grupo de 20 a 59 años.

**Cuadro 3.27**  
**Número de muertes registradas según grupos etarios (año 2007) en el AEG**

<b>Grupos etarios</b>	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
Total	152	55	43	8
Menores de 10	4	6	3	
10-19 años	5	1	1	
20-59 años	38	13	15	4
60 a más años	103	35	24	4

#### *Mortalidad en el grupo etario de 60 años de edad a más*

Las causas de muerte en el AEG son de diversa índole. En la población mayor de 60 años, se observa que entre las diez primeras causas de muerte se registran: bronconeumonía, neumonía, cirrosis hepática y diferentes tipos de cáncer.

Durante el año 2007, en el distrito de Jacobo Hunter las diez primeras causas de muerte en personas mayores de 60 años representaron 42 de los 103 casos reportados; en Tiabaya representaron 21 de las 35 muertes registradas en el mencionado grupo; en Uchumayo concentraron 19 de los 35 casos registrados, y en Yarabamba, solo cuatro causas de muerte agruparon todos los casos registrados.

#### *Mortalidad en el grupo etario de 20 a 59 años de edad*

En el AEG, dentro del grupo etario de 20 a 59 años, las dos primeras causas de muerte son: el accidente de tránsito y la causa externa no especificada. Durante el año 2007, en dicho grupo etario, las diez primeras causas de muerte concentraron 17 de las 38 defunciones registradas en el distrito de Jacobo Hunter, mientras que en los distritos de Tiabaya, Uchumayo y Yarabamba estas causas concentraron cerca de la totalidad de los casos registrados (Tabla 3.87).

#### Migraciones

La migración es un factor que ayuda a explicar las tasas de crecimiento así como las tasas de natalidad y mortalidad existentes. Por otro lado, la migración se asocia con la disposición de servicios básicos, las oportunidades de educación y de empleo que ofrecen los lugares de

origen y de destino, lo cual explica la migración creciente del sector rural al sector urbano.

Arequipa ha experimentado en las últimas décadas un crecimiento significativo de las áreas urbanas como resultado de procesos migratorios. Si bien los principales lugares de procedencia de los migrantes han sido las regiones de Cusco, Puno y Lima, las principales corrientes migratorias se han dado y se dan al interior de la región de Arequipa, principalmente entre la provincia de Arequipa y el resto de provincias. Por lo general, las zonas más urbanizadas son focos de atracción de migración en función a los niveles de servicios y expectativas de empleo que tienen. La provincia de Arequipa atrae a más del 60% de los emigrantes por provincia.

Al interior del AEG, el distrito de Jacobo Hunter, dado su carácter mayoritariamente urbano, presenta mayor crecimiento poblacional debido fundamentalmente a la emigración proveniente de otros distritos o provincias. El nivel de ruralidad de los otros distritos que conforman el AEG les impide constituirse o no los coloca como focos de migración al interior de la provincia, al menos no al nivel que se observa para el caso de la provincia de Arequipa. En cambio, estos distritos sí son puntos a partir de los cuales se genera la emigración que acarrea cambios en la estructura poblacional que se observa en las zonas urbanas y rurales de Arequipa. En términos generales, la emigración presenta una tendencia hacia ciudades costeras (el 70% de los emigrantes arequipeños se dirige a ciudades de la costa).

### **3.6.5.3 Organización territorial**

#### ***Jerarquía urbana***

Según el censo de 2005, en el AEG el 94,8% de la población vive en zonas urbanas, de este total el 67% corresponde a Jacobo Hunter el cual es considerado por el INEI como un distrito netamente urbano. El segundo distrito con mayor población urbana es Tiabaya, albergando aproximadamente al 21% del total de la población urbana del AEG. A diferencia de estos distritos Yarabamba registra 0,5% del total, la menor proporción de población urbana en el AEG (Cuadro 3.28).



**Cuadro 3.28**  
**Población urbano – rural según distrito (año 2005) en el AEG**

Población		Tiabaya	Uchumayo	Yarabamba	Jacobo Hunter	Total AEG
Urbana	n	14 171	8 232	362	46 216	68 981
	%	94,2	80,3	29,1	100	94,8
Rural	n	872	2 023	883	-	3 778
	%	5,8	19,7	70,9	-	5,2
Total	n	15 043	10 255	1 245	46 216	72 759
% pob urbana del AEG		20,5	11,9	0,5	67	100

Por lo general las viviendas se concentran en áreas urbanas, según el censo de 2005 alrededor del 93% de las viviendas ocupadas del AEG está establecido en zonas urbanas. Precisamente los distritos con mayor proporción de viviendas en zonas urbanas son los que concentran el mayor número de viviendas. En el Cuadro 3.29 se muestra la proporción de viviendas urbanas y rurales del AEG.

**Cuadro 3.29**  
**Número de viviendas ocupadas según área urbano – rural (año 2005) en el AEG**

Distrito	% Urbano	% Rural	N° Viviendas
Tiabaya	91,2	8,8	3 723
Uchumayo	78,7	21,3	3 140
Yarabamba	26,1	73,9	383
Jacobo Hunter	100	-	9 807
<b>Total AEG</b>	<b>93,1</b>	<b>6,4</b>	<b>15 903</b>

Los distritos del AEG se organizan territorialmente en centro poblados, de acuerdo al censo 2005 del INEI el distrito con mayor número de centros poblados es Uchumayo. En el caso de Jacobo Hunter el censo registra para el distrito un único centro poblado que corresponde a la capital distrital del mismo nombre, lo cual se debe a que el distrito forma una sola área urbana. En el Cuadro 3.30 se muestra el número de centros poblados según área urbano-rural.

**Cuadro 3.30**  
**Número de centros poblados según área**  
**urbano – rural (año 2005) en el AEG**

<b>Distrito</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Tiabaya	3	7	10
Uchumayo	4	29	33
Yarabamba	2	22	24
Jacobo Hunter	1	-	1

Se observa que las áreas rurales concentran el mayor número de centros poblados, sin embargo es importante señalar que la mayor parte de centro poblados en zonas rurales tienen entre una y diez viviendas aproximadamente. Los centros poblados urbanos son los que tienen más de 100 viviendas registradas en el censo 2005, los centros poblados que concentran a más de 1 000 viviendas por lo general son las capitales de distrito estableciéndose como los de mayor jerarquía en la zona (Tabla 3.88).

De acuerdo a la información proporcionada por las autoridades municipales durante el trabajo de campo realizado por SCG y la información del censo 2005 del INEI se identificaron los centros poblados más importantes en el área de estudio en general, los cuales se muestran a continuación en la Tabla 3.89.

En el distrito de Tiabaya, los centros poblados de mayor jerarquía con la capital del mismo nombre y el pueblo joven San José. Según las autoridades municipales de Tiabaya, el distrito se organiza en 14 centros poblados, sin considerar la capital del distrito, los cuales se distribuyen en 8 pueblos jóvenes, 4 pueblos tradicionales, un asentamiento humano y El Cural que es un sector que pertenece a la ciudad de Tiabaya. En el caso de Uchumayo los principales centros poblados son Congata y Cerro Verde, seguido de la capital Yarabamba, estos centros poblados concentran aproximadamente el 78,7% de las viviendas del distrito. En Yarabamba el 66% de las viviendas se distribuyen en los centros poblados de Yarabamba, El Cerro, San Antonio y Sogay.

### ***Red vial, transporte y principales terminales***

#### Red vial y transporte

La principal vía de acceso terrestre a la ciudad de Arequipa desde Lima es la Carretera Panamericana Sur, hasta el km 1 009. El trayecto de la ciudad de Lima a Arequipa tiene una duración aproximada de 14 horas en bus. También se puede acceder a la ciudad de Arequipa por vía aérea, hay vuelos diarios disponibles desde las ciudades de Lima (1 hora),

Cusco (30 minutos), Juliaca (20 minutos) y Tacna (30 minutos).

La red vial en la región Arequipa está compuesta por tres categorías de redes, la red nacional, la regional y la vecinal. De acuerdo a estas tres categorías la red vial en la provincia de Arequipa está compuesta por tres niveles de rutas, las nacionales, regionales y vecinales. El tipo de superficie de estas tres categorías de rutas son: asfaltada, afirmada, sin afirmar y trocha carrozable.

Las principales vías de acceso a las capitales distritales del AEG son asfaltadas y las conecta con la ciudad de Arequipa. El acceso al distrito de Tiabaya es por la ruta regional que atraviesa los distritos de Yanahuara y Sachaca. El principal acceso al distrito de Jacobo Hunter es por una ruta vecinal de superficie asfaltada. La vía que conecta a Uchumayo con el centro de Arequipa tiene categoría de ruta nacional. Finalmente, el acceso al distrito de Yarabamba es por una vía vecinal de superficie asfaltada. En el Cuadro 3.31 se presenta una lista de las principales rutas de la red vial que interconectan los distritos del AEG.

**Cuadro 3.31**  
**Principales rutas de la red vial (año 2006) del AEG**

<b>Ruta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Superficie</b>	<b>Distritos</b>
Nacional	EMP.R1S (REPARTICIÓN)-UCHUMAYO-AREQUIPA-PATY-L.VIAL (PUNO)	Asfaltado	Uchumayo
Regional	EMP.R30A-TIABAYA-EMP.R30A AREQUIPA	Asfaltado	Tiabaya - Jacobo Hunter - Sachaca
Vecinal	EMP.R30A (UCHUMAYO)-EMP.R106	Asfaltado	Uchumayo
Vecinal	EMP.R567-M. EL RECATÉ-M CORICANCHA	Asfaltado	Yarabamba
Vecinal	EMP.R106-HUAYCO-EMP.R108	Asfaltado	Tiabaya - Uchumayo

Según el Plan Director de Arequipa Metropolitana 2002-2015 existen deficiencias en el sistema vial, lo que impide consolidar un territorio equilibrado, dinámico y competitivo. Asimismo, menciona que las pocas vías existentes deben cumplir distintas funciones y soportar la presión vehicular de niveles nacionales, regionales, y locales. Parte del diagnóstico de dicho informe señala que la vía interregional constituida por la variante de Uchumayo, vía que se conecta con la Panamericana Sur, presenta deficiencias en ciertas secciones por falta de mantenimiento y capacidad de soporte.

El distrito más alejado de la ciudad de Arequipa es Yarabamba, el cual se ubica a 23 km del centro de la ciudad. Mientras que Jacobo Hunter se encuentra a 6 km de distancia, siendo casi imperceptible la separación entre el distrito y el centro de Arequipa. De igual forma, el distrito de Tiabaya se encuentra muy próximo a la ciudad, el trayecto entre ambas capitales se realiza en un lapso de 15 minutos. En el Cuadro 3.32 se detallan las distancias y la duración de los trayectos entre las capitales distritales y la ciudad de Arequipa.

**Cuadro 3.32**  
**Distancia y tiempo entre las capitales distritales**  
**del AEG y la ciudad de Arequipa**

<b>Distrito</b>	<b>Capital distrital</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Movilidad*</b>	<b>Ruta</b>
Tiabaya	Tiabaya	8.0	00h15'	Todo tipo de movilidad	Arequipa-Tiabaya
Uchumayo	Uchumayo	17.0	0h30'	Todo tipo de movilidad	Arequipa-Uchumayo
Yarabamba	Yarabamba	23.0	1h05'	Todo tipo de movilidad	Arequipa-Paucarpata-Ciudad Satelite-Sabandia-Yarabamba
Jacobo Hunter	Jacobo Hunter	6.0	00h05'	Todo tipo de movilidad	Arequipa-Jacobo Hunter

El sistema de transporte público para el área metropolitana de la ciudad de Arequipa está organizado en 205 empresas repartidas en nueve circuitos. Los principales problemas del transporte urbano están relacionados con el transporte público el cual cuenta con poca capacidad para satisfacer las necesidades de la población, resultando deficiente el transporte en forma masiva, y también el uso de unidades en malas condiciones que a su vez generan polución ambiental.

#### Principales terminales

El terminal aéreo más cercano al AEG es el aeropuerto internacional de Arequipa, Rodríguez Ballón. El aeropuerto se ubica a 12 km al noroeste del centro de la ciudad de Arequipa.

Los terminales de transporte terrestre en el AEG se localizan principalmente en el distrito de Jacobo Hunter. El distrito cuenta con el servicio de terrapuerto y terminal terrestre. Según el MTC, en el año 2006 se registraron cerca de 41 empresas de transporte público interprovincial para pasajeros. Entre las principales empresas de transporte están: CIVA, CIAL, T.E.P.S.A, Cruz del Sur, Ormeño, Expreso San Román, TEXSUR.

### ***Uso del suelo***

Parte de la Campiña Arequipeña se sitúa en los distritos que conforman el AEG a excepción de Yarabamba, no obstante en dicho distrito también existen tierras agrícolas. El distrito que cuenta con mayor área agrícola de la campiña en su territorio es Tiabaya, que según el Plan Director de Arequipa al año 2001 aproximadamente 1 128.67 ha de la campiña arequipeña se extendían en la jurisdicción de dicho distrito. En el caso de Jacobo Hunter, las tierras agrícolas se encuentran alrededor del núcleo urbano. Para ese mismo año, 1 295 ha de la campiña se situaban en el distrito de Uchumayo. Respecto a Yarabamba, se tiene que al año 2005 cerca del 46,9% del suelo estaba destinado para pastos de cultivo, el 32,3% a tierras en descanso, el 15,1% cultivos con riego y el 3,3% son terrenos eriazos.

La Campiña Arequipeña es una gran extensión de terrenos que tienen por finalidad la productividad agrícola de las tierras. Arequipa cuenta con 9 326 ha de área agrícolas, siendo nueve los distritos que abarcan en su jurisdicción el área denominada la Campiña, entre ellos Sachaca, Tiabaya, Jacobo Hunter, Sabandía, Paucarpata, Cerro Colorado, Uchumayo, Characato y Cayma.

La zona de la Campiña comprendida en los distritos de Tiabaya, Uchumayo, Hunter y Socabaya no presenta andenerías, por el contrario constituyen grandes extensiones de tierras agrícolas que se localizan en torno a los pueblos tradicionales o rurales. Algunas de estas tierras fueron eriazos y han sido integradas a la actividad agrícola. La mayor parte de los cultivos en esta zona son de tallo corto, lo que los hace vulnerables ante la contaminación por riego con aguas contaminadas del río Chili, predominando los cultivos de cebolla, ajo, arvejas y hortalizas. El valle corre de norte a sur desde Cayma hasta Uchumayo, las propiedades de los terrenos son de tipo minifundistas tratándose de parcelas medianas y pequeñas.

El uso del suelo en los distritos del AEG es principalmente agrícola y residencial, las actividades comerciales suelen estar más presentes en el centro de la ciudad de Arequipa. La actividad industrial está dispersa en la ciudad con tendencia a ubicarse en el Parque Industrial, sin embargo ciertas actividades industriales están ubicadas en la periferia (Variante de

Uchumayo y las ladrilleras camino a Yarabamba, entre otros).

Existe una preocupación por parte de las autoridades en conservar la campiña arequipeña, sin embargo no todos los municipios cuentan con un plan de ordenamiento territorial que sirva como herramienta de gestión. En la actualidad, las autoridades de Yarabamba están elaborando un plan de urbanismo debido a los problemas de invasión de zonas aledañas como Socabaya, Quequeña, Mollebaya, Characato y del Cono Norte. Este plan tiene como principal objetivo el conservar el medio ecológico del distrito.

El municipio de Tiabaya no cuenta actualmente con un plan de ordenamiento territorial, es importante mencionar que en este distrito el crecimiento urbano se desarrolló en zonas inhóspitas creándose pueblos jóvenes en los cerros que rodean el centro de Tiabaya. En estos momentos la principal actividad del municipio es la implementación de obras en infraestructura para satisfacer las necesidades básicas de su población.

En Uchumayo las autoridades señalan que el distrito es extenso y no se encuentra densamente poblado, sin embargo la problemática consiste en que gran parte del territorio de Uchumayo se encuentra bajo denuncias mineras y no existen zonas para la expansión urbana. De acuerdo con las autoridades municipales es de mucha importancia desarrollar un plan de ordenamiento territorial ya que la población está creciendo de forma no planificada generando desorden y problemas en la calidad de vida de la población.

### ***Patrones de asentamiento urbano***

#### Características de las viviendas

##### *Tipo de vivienda y régimen de tenencia*

En el AEG, el distrito con mayor número de viviendas es Jacobo Hunter, el cual registró alrededor de 10 985 viviendas en el censo 2005. Por el contrario, Yarabamba registró un total de 646 viviendas.

Durante el periodo intercensal 1993-2005 el número de viviendas se incrementó en el AEG, en los distritos de Uchumayo y Yarabamba el incremento fue de aproximadamente 55% y en Tiabaya y Jacobo Hunter se registraron incrementos de 28% y 38%, respectivamente. En el periodo intercensal de 1981-1993, el incremento de viviendas en el AEG fue de mayor alcance, en el caso de los distritos de Tiabaya y Uchumayo se registró un incremento de aproximadamente el 100%, y en Yarabamba el número de viviendas se duplicó en dicho periodo. A nivel provincial se presenta la misma tendencia, entre 1981 y 1993 las viviendas se incrementaron en 50% y entre 1993 y 2005 en 70%.

En el Gráfico 3.84 se observa la evolución del número de viviendas para el periodo 1981-2005.

De acuerdo a los resultados del Censo 2005 el tipo de vivienda predominante, en los distritos que conforman el AEG, es la casa independiente presentando un valor promedio en la zona de 98%. Es importante señalar que son pocos los casos de viviendas improvisadas, no superando el 1,2% de los casos, así como también son inusuales las viviendas denominadas como chozas o cabañas, a excepción del distrito Uchumayo en el cual se identificaron alrededor de 123 viviendas (3,9%), que se localizan principalmente en las zonas rurales del distrito. El área de estudio en general presenta condiciones similares a la provincia. En Arequipa el 90% de las viviendas son casas particulares, es importante señalar que en las áreas urbanas el 3,3% de las viviendas corresponden a departamentos en edificio, lo que implica que el crecimiento urbano comienza a ser en ciertas zonas vertical debido a la escasez de zonas para crecer, principalmente en Arequipa Metropolitana.

Respecto al régimen de tenencia en el AEG se observa que la mayoría de las viviendas son declaradas como “propia totalmente pagada”, 68,1% de los casos. A nivel provincial la tenencia de la vivienda es similar (60% de las viviendas son propias). Cabe destacar que en los distritos de Tiabaya y Yarabamba se presenta el mayor número de casos, 71% y 70% respectivamente. Por otro lado, en el distrito de Uchumayo se puede observar que el 22% de las viviendas son propias pagándolas a plazos.

#### *Materiales de construcción predominantes*

Según el INEI, la pobreza es una condición en la cual una o más personas tienen un nivel de bienestar inferior al mínimo socialmente aceptado. En primera instancia se asocia la pobreza con la incapacidad de las personas para satisfacer sus necesidades básicas de alimentación. Sin embargo, tomando un concepto más amplio de pobreza se consideran indicadores como la salud, condiciones de la vivienda, educación, empleo, ingresos, gastos y aspectos más extensos como la identidad, los derechos humanos, entre otros.

Por ello es que la pobreza puede manifestarse como una situación de subconsumo, desnutrición, bajo nivel educativo, insuficiencia de ingresos y también por inadecuadas condiciones habitacionales.

De acuerdo a este significado de pobreza, resulta de interés analizar las características físicas de las viviendas de la población en el área de estudio para conocer las condiciones de vida de la población. Para determinar el estado de las viviendas se presentarán las principales

características de las viviendas, tales como el material predominante de las paredes, techo o piso, así como también el acceso a los servicios básicos de electricidad, agua potable y alcantarillado.

Según los resultados del censo de población y vivienda de 2005, los materiales predominantes de las paredes exteriores de las viviendas del AEG son en orden de importancia el ladrillo o cemento (78% de los casos) y la piedra o sillar con cal o cemento (18% de los casos). Es importante señalar que el ladrillo o cemento tienen mayor incidencia en las áreas urbanas y por consiguiente la piedra o sillar se encuentra mayormente en las áreas rurales. El distrito que presenta el mayor número de casos con paredes exteriores de ladrillo o cemento es Uchumayo, con 84,5% de las viviendas, por el contrario el distrito de Yarabamba presenta un menor nivel de consolidación de las viviendas alcanzando solo un 42%, por tratarse de un distrito con mayor número de áreas rurales. En la Tabla 3.90 se presentan los materiales de construcción predominantes en el AEG.

Respecto al material de los techos de las viviendas en el AEG, los resultados del censo de 2005 indican que los materiales predominantes en la zona son en orden de importancia el concreto armado (78% de los casos) y la piedra con calamina (20,8% de los casos). En general, las zonas urbanas presentan mayor número de viviendas con techos a base de concreto armado, y son las áreas rurales en donde existen más casos de viviendas con techos de calamina. El mayor número de casos con material de concreto armado se presenta en el distrito de Jacobo Hunter (81,2%), mientras que Yarabamba es el distrito con menor presencia de techos a base de concreto prevaleciendo, en las zonas rurales, los techos a base de piedra con calamina (58,2%). Este material no resistente indica un nivel de edificación de las viviendas menos consolidado respecto de los demás distritos del área de estudio.

Otra de las características de la vivienda a estudiar es el material de los pisos, según el censo de 2005, el material predominante de los pisos en el AEG es el cemento (76% de los casos) lo que demuestra que gran parte de esta población se encuentra en condiciones habitacionales apropiadas. Sin embargo, aún existen casos de viviendas que tienen pisos de tierra (15,2%), éste es un indicador de carencia, es importante señalar que los hogares que habitan en viviendas improvisadas o inadecuadas es más propensa a contraer enfermedades, principalmente de tipo respiratorio.

Es en las zonas rurales en donde se identificaron el mayor número de casos de viviendas con pisos de tierra, 24% de casos, mientras que del total de viviendas en las zonas urbanas del área de estudio solo el 14% presenta dicha característica. Comparando la situación de cada



uno de los distritos del área de estudio se observa que Yarabamba y Tiabaya presentan el mayor porcentaje de viviendas con pisos de tierra, 25,1% y 24,4% respectivamente, mientras que los distritos de Uchumayo y Jacobo Hunter presentan el menor número de casos. (Tabla 3.90).

Al comparar los materiales de construcción de las viviendas en el AEG con los materiales utilizados a nivel provincial se observa que son similares, por lo que presentan un nivel de edificación similar. Por lo general, según el censo de 2005, las viviendas en la provincia de Arequipa tienen paredes de ladrillo (81%), techos de concreto armado (79%) o de calamina (19%) y pisos de cemento (66%) o tierra (10%). El distrito de Yarabamba presenta una realidad marcadamente distinta a la realidad provincial, mientras que los distritos de Jacobo Hunter y Tiabaya se asemejan más. Conforme los distritos se alejan de la ciudad de Arequipa las condiciones de las viviendas van desmejorando.

La evolución de las condiciones habitacionales en los distritos del área de estudio muestra una tendencia positiva, es decir que en el periodo intercensal de 1981 a 2005 el porcentaje de viviendas con materiales de construcción más sólidos y resistentes tanto de paredes, techos y pisos incrementó significativamente.

Se observa en el Cuadro 3.33 que en dicho periodo las viviendas en el área de estudio han mejorado la calidad de los materiales de construcción, utilizando cada vez más el ladrillo o cemento para las paredes, el concreto para los techos y el cemento para los pisos. El distrito de Yarabamba muestra una fuerte evolución respecto a la edificación de sus viviendas, cabe resaltar que dicha mejora se evidenció principalmente en las zonas rurales del distrito.

**Cuadro 3.33**  
**Evolución de la calidad de vivienda (años 1981- 2005) en el AEG**

Material de construcción		Uchumayo			Tiabaya			Yarabamba			Jacobo Hunter	
		1981 (%)	1993 (%)	2005 (%)	1981 (%)	1993 (%)	2005 (%)	1981 (%)	1993 (%)	2005 (%)	1993 (%)	2005 (%)
Paredes exteriores	Ladrillo o bloque de cemento	43,1	63,2	79,7	32,6	48,7	63,2	25,4	19,4	63,2	66,8	84,5
Techos	Concreto armado	43,4	57	78,1	34,4	50	71,4	15,5	17,3	71,4	57,3	81,2
Pisos	Cemento	31,5	54,2	65,6	31,5	54,2	65,6	15,5	28,4	65,6	64	79,4

### Agua y saneamiento

El acceso al agua potable y al servicio de saneamiento forma parte de las necesidades humanas básicas de la población. Así como se señaló que uno de los indicadores para la medición de la pobreza era el número de viviendas inadecuadas por sus materiales, también es importante tomar en consideración la falta de servicios higiénicos y el acceso al agua potable en la medición de la pobreza. Es importante mencionar que la mejora de las condiciones de acceso a estos servicios forma parte de los alcances de los Objetivos de Desarrollo del Milenio asumidos por las Naciones Unidas.

### *Abastecimiento de agua potable*

El servicio de agua potable en Arequipa está a cargo de la empresa SEDAPAR, empresa pública reconocida por SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).

Esta empresa viene operando en la zona desde el año 1961 y tiene a su cargo la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado en la región Arequipa.

Los sistemas integrales de agua potable cuentan con seis fuentes de captación directa superficial y subterránea. En el caso de la ciudad de Arequipa el sistema de captación es a través de dos sistemas: La Tomilla, que capta el recurso hídrico del río Chili de forma indirecta por el canal Zamácola, y la Bedoya. En total existen ocho sistemas de abastecimiento entre los cuales están: Tiabaya (aguas subterráneas), Uchumayo (aguas superficiales), Alata (aguas superficiales) Sabandía (aguas subterráneas), Sachaca (aguas subterráneas), Charcani (aguas subterráneas), Tomilla (agua superficial) y Bedoya (aguas subterráneas).

El acceso al servicio de agua potable es principalmente mediante la red pública (87% de las viviendas del AEG), a excepción del distrito de Yarabamba que no cuenta con este servicio y la población, tanto urbana como rural, se abastece principalmente por agua de pozo (76,2% de las viviendas), la cual no recibe ningún tratamiento previo al abastecimiento.

Es importante destacar que la segunda fuente de agua para la población, principalmente en las áreas rurales, es el agua de río, manantial y/o acequia. Se observa un mayor uso de esta fuente de agua en los distritos de Tiabaya y Uchumayo, en donde el 40,7% y 33,3% de los hogares en zonas rurales respectivamente declararon ésta como la fuente principal de abastecimiento.

El distrito con mayor número de viviendas con abastecimiento de agua mediante la red pública (dentro y fuera de la vivienda) es Jacobo Hunter, alcanzando una cobertura de 94,7%. Los resultados del censo 2005 se presentan en la Tabla 3.91.

A nivel provincial, los resultados del mismo censo registraron que el 82,4% de las viviendas tienen conexión a la red pública. El distrito de Jacobo Hunter presenta una mayor cobertura del servicio de agua potable respecto a la provincia de Arequipa. Por el contrario, el distrito de Yarabamba presenta una realidad opuesta a la provincia debido a la inexistencia de una red pública.

De acuerdo a los resultados de censos anteriores, el acceso al servicio de agua por red pública incrementó significativamente en el AEG durante el periodo 1981-2005, a excepción del distrito de Yarabamba que no cuenta con este servicio. Se observa que la cobertura al año 2005 supera el 60% de la población. Estos resultados en cierta forma reflejan un proceso de desarrollo en la zona así como también el interés por parte de las autoridades y de la población misma en satisfacer las necesidades básicas. Esta misma tendencia se observa a nivel provincial, en donde la cobertura del servicio de agua potable incrementó en 14% entre 1981 y 2005. Es importante señalar que durante el período de 1993 y 2005 las áreas rurales logran tener acceso al servicio de agua potable.

Es notable la mejora en el acceso al servicio de agua por red pública en el AEG, sin embargo aún existe la posibilidad de optimizar el servicio para que más pobladores puedan cubrir sus necesidades básicas.

Asimismo, el Asesor del Municipio de Uchumayo señaló al respecto, que el saneamiento es uno de los principales problemas de Uchumayo y existe una gran preocupación por parte de las autoridades y de la población por la contaminación del agua debido al uso de los fertilizantes en los terrenos de cultivo, afectando el agua para consumo humano.

En el caso de Yarabamba, la situación es distinta que en Uchumayo, ya que no cuentan con acceso al servicio y existe una escasez del recurso.

En el caso específico de Tingo Grande, centro poblado perteneciente al distrito de Jacobo Hunter, la población tiene como principal fuente de agua el Lago Tingo (manantial 1 y 2 de la zona denominada La Parada, que se encuentra a un costado del río Chili), mediante un sistema de tuberías. Sin embargo existe la preocupación de los pobladores por la escasez del recurso agua, ya que el manantial del cual se abastecen puede secarse. Por otro lado no

cuentan con otra fuente de abastecimiento ya que el agua de la acequia no es apropiada para el consumo humano. Es importante señalar que no cuentan con un sistema de alcantarillado.

#### *Acceso a la red de alcantarillado*

El servicio de eliminación de excretas es muy importante para preservar el medio ambiente y evitar la propagación de enfermedades, por ello es necesario tener conocimiento de la cobertura del servicio de alcantarillado (desagüe) en el AEG. De acuerdo con los resultados del censo 2005, la cobertura del servicio de alcantarillado en la zona es insuficiente, principalmente en las zonas rurales. El 78% de las viviendas en el AEG tiene acceso a la red de servicio pública para la eliminación de las excretas, lo que indica que casi la cuarta parte de las viviendas no cuenta con dicha conexión, alrededor del 12% de éstas viviendas tienen pozo ciego o letrina y el 8,5% no cuenta con servicio alguno.

La escasa cobertura se observa primordialmente en los distritos de Tiabaya y Yarabamba, contando con dicho servicios el 46,3% y 10,2% de las viviendas respectivamente. Para el caso de Tiabaya las viviendas que no tienen acceso a este servicio, por lo general cuentan con pozo ciego o letrina para la eliminación de las excretas (36,8% de las viviendas). En el distrito de Yarabamba la situación es más delicada debido a que el 72% de las viviendas no tienen acceso a ningún servicio para la eliminación de excretas, tan solo el 16,4% cuenta con pozo ciego o letrina.

Por el contrario, los distritos de Jacobo Hunter y Uchumayo presentan mejores condiciones de servicio, contando con coberturas de 93% y 68,5% respectivamente, sin embargo en Uchumayo una cuarta parte de las viviendas aún no cuentan con este servicio utilizando el pozo ciego o letrina para eliminar las excretas. Los resultados del censo 2005 se muestran en la Tabla 3.91.

En el análisis de la evolución de la cobertura del servicio de alcantarillado en el área de estudio se observa una tendencia positiva, es decir que el porcentaje de viviendas con acceso al servicio se ha incrementado en el periodo de 1981 a 2005, específicamente en los distritos de Jacobo Hunter, Uchumayo y Tiabaya. En el caso de Yarabamba el servicio de alcantarillado no ha sido implementado en su totalidad, entre 1993 y 2005 se ha logrado instalar el sistema de alcantarillado únicamente a 39 viviendas del distrito.

*Residuos sólidos*

En Arequipa metropolitana existen alrededor de ocho botaderos localizados en las zonas periféricas, ninguno se localiza en el AEG, en donde se realiza la disposición final de los residuos sólidos, sin embargo éstos residuos no son tratados y están dispuestos a cielo abierto. Las entidades encargadas de la disposición de residuos sólidos son las municipalidades (provincial y distrital), no obstante debido a la falta de recursos económicos y la deficiente cobertura del servicio principalmente en las zonas periféricas la disposición de los desechos domésticos se realiza en ocasiones en el cauce de los ríos, entre otros lugares.

La mala disposición de los residuos sólidos es una de las causas de la contaminación del suelo en Arequipa Metropolitana. El 45% de la basura doméstica se compone de papeles y cartones, seguido de material particulado, tierra, ceniza y desechos de construcciones. En tercer lugar están los materiales plásticos que representan el 8,5% de la basura, le siguen los desechos metálicos ocupando el 7,8%, y los textiles con 5,2%, finalmente los materiales vidriados con 4%. El resto de basura está compuesta por material orgánico como desechos de comida, residuos vegetales, etc.

El volumen de basura producida en Arequipa Metropolitana se estima en 625,2 t/día, de las cuales el 17,7% provienen del distrito de Cercado, seguido de J.LB y Rivero con 15,3% y Cerro Colorado con 12,3 %. Se estima que el distrito de Jacobo Hunter tenga una producción de residuos sólidos de 35 t/día (5,6%), Tiabaya de 10,1 t/día (1,6%) y Uchumayo de 5 t/día (0,8%). En el Cuadro 3.34 se muestra la generación diaria estimada de residuos sólidos según el PIGARS 2004.

**Cuadro 3.34**  
**Generación diaria estimada de residuos sólidos (año 2005) en el AEG**

<b>Distrito</b>	<b>Población</b>	<b>Producción per capita kg/hab/día</b>	<b>Generación estimada de residuos sólidos (t/d)</b>
Tiabaya	15 043	0,2	4,5
Uchumayo	10 255	0,6	6,3
Jacobo Hunter	46 216	0,5	27,7

En Uchumayo el tema de residuos sólidos forma parte de la problemática principal del distrito, según los colaboradores de la ONG Yachay Wasi quienes actualmente realizan labores en dicho distrito.

El problema de la disposición de los residuos sólidos está muy vinculado con la calidad del agua, esto representa un riesgo para la salud de la población de Uchumayo. Sin embargo, la falta de saneamiento y en especial de recojo de residuos sólidos es un problema que está presente en todo el AED, se puede apreciar la preocupación de las demás autoridades respecto al recojo de los residuos sólidos y el servicio de agua y desagüe.

### Energía eléctrica

La energía eléctrica forma parte de las necesidades básicas humanas para el desarrollo de las actividades diarias de la población.

En Arequipa la empresa encargada de prestar el servicio de energía eléctrica es la Sociedad Eléctrica de Arequipa Ltda. (SEAL), es una empresa pública. El sistema de abastecimiento está constituido por una Central Térmica de Chilina y la Central Hidráulica Charcani I, II, III, IV, V. La energía se deriva a seis Centros de Transformación y se distribuye a la ciudad de Arequipa y a los distritos del área metropolitana por subestaciones. El consumo de energía en el área metropolitana se calcula aproximadamente en 90 MGW. El suministro que recibe SEAL de EGASA se calcula en 120-130 MGW.

En el área de estudio se puede observar que la cobertura del servicio es bastante amplia, alcanzando un 93,4% de viviendas con conexión eléctrica. Sin embargo, es importante destacar que Yarabamba es el distrito del área de estudio que cuenta con la menor cobertura, tan solo el 53,8% de las viviendas tienen electricidad, en el resto de viviendas (39,7%) se usa la vela como el principal tipo de alumbrado, el mayor nivel de carencia del servicio se presenta en la población de las áreas rurales del distrito en donde alrededor del 45% de las viviendas rurales se alumbran con vela. En la Tabla 3.92 se muestra los resultados del censo 2005 para el área de estudio en general.

Al analizar la evolución de la cobertura del alumbrado eléctrico en los distritos del área de estudio, se observa un incremento del servicio en los últimos 26 años. De acuerdo a los resultados de los tres últimos censos la situación ha mejorado notablemente, principalmente en los distritos de Tiabaya y Uchumayo, los cuales incrementaron su cobertura en 40% y 33% respectivamente.

Según el censo 2005, en la provincia de Arequipa la cobertura del servicio eléctrico abastece al 92% de las viviendas. Los distritos del AEG que tienen una cobertura similar son Tiabaya y Jacobo Hunter, mientras que Uchumayo y principalmente Yarabamba cuentan con menor cobertura respecto a la provincia. Al igual que en el AEG la cobertura del servicio eléctrico se

incrementó en toda la provincia, aproximadamente un 19% entre 1981 y 2005. En el periodo intercensal 1993 y 2005 el servicio se extendió principalmente en las zonas rurales, este fenómeno se observa tanto a nivel provincial como en el AEG, registrándose un incremento a nivel provincial de 43% en dicho periodo intercensal.

#### Hacinamiento

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el hacinamiento “expresa la densidad de ocupación de los espacios de la vivienda. La condición de hacinamiento resulta de relacionar el número de personas que vive en una vivienda con el número total de habitaciones que tiene dicha vivienda, sin contar el baño, cocina ni pasadizo. Se determina que existe hacinamiento cuando residen más de tres personas por cuarto”. El Índice de Hacinamiento muestra un nivel de carencia en lo referente a las condiciones de privacidad que debe prevalecer en el hogar.

De acuerdo con el censo 2005 aproximadamente una cuarta parte de los hogares del área de estudio habita viviendas con condiciones de hacinamiento. Se observa en el Cuadro 3.35 que Tiabaya es el distrito que presenta el mayor porcentaje de hogares (27,5%) en condiciones de hacinamiento.

**Cuadro 3.35**  
**Hogares en viviendas con hacinamiento según**  
**áreas urbano – rural (año 2005) en el AEG**

Distrito	Urbano			Rural			Total		
	n	%	Total de hogares	n	%	Total de hogares	n	%	Total de hogares
Tiabaya	776	26,9	2 884	68	36,4	187	845	27,5	3 071
Uchumayo	469	25,2	1 860	94	21,9	430	561	24,5	2 290
Yarabamba	23	26,4	87	51	24,9	205	74	25,3	292
Jacobo Hunter	1 805	21,1	8 554	-	-	-	1 805	21,1	8 554
<b>AEG</b>	<b>3 073</b>	<b>23</b>	<b>13 385</b>	<b>213</b>	<b>25,9</b>	<b>822</b>	<b>3 285</b>	<b>23,1</b>	<b>14 207</b>

#### Calidad de la vivienda

El análisis de la calidad de las viviendas requiere de la integración de los indicadores estudiados en las secciones anteriores tales como la carencia de servicios básicos, el material de construcción de las viviendas, acceso a la energía eléctrica y las condiciones de hacinamiento de las viviendas. Se observa, según los resultados del Cuadro 3.36, que las

condiciones habitacionales en el distrito de Jacobo Hunter son mejores a las de los demás distritos del área de estudio. El principal problema que afronta la población en los distritos del área de estudio es la falta de acceso al servicio de agua y desagüe.

**Cuadro 3.36**  
**Indicadores de calidad de vivienda (año 2005) en el AEG**

Indicadores de calidad de vivienda	Distritos			
	Tiabaya	Uchumayo	Yarabamba	Jacobo Hunter
% de viviendas sin servicios de agua por red pública	21,4	20	100	5,3
% de viviendas sin agua ni alcantarillado (desagüe)	54,2	33,2	100	7,8
% de viviendas sin luz eléctrica	8,2	12	42,6	4
% de viviendas con piso de	24,4	13	25,1	12,4
% de viviendas en condiciones de hacinamiento	27,5	24,5	25,3	21,1
<b>Número de viviendas</b>	<b>3 257</b>	<b>2 456</b>	<b>383</b>	<b>9 807</b>

Los indicadores muestran que el distrito de Yarabamba presenta una realidad opuesta a los demás distritos del AEG. Los servicios básicos como el agua y el desagüe son casi inexistentes en el distrito y las condiciones de habitabilidad son deficientes.

Es importante mencionar que los resultados del AEG muestran aún la carencia de los servicios básicos y de infraestructura pública y privada, existen aún muchos hogares que no tienen acceso, no solo en el distrito de Yarabamba, sino también en Tiabaya y Uchumayo. Lo que demuestra que las condiciones de vida de la población aún pueden mejorar en estos distritos pudiendo alcanzar los niveles de vida de Jacobo Hunter, e inclusive de la misma ciudad de Arequipa.

La calidad de las viviendas en el AEG podría mejorar mediante la implementación de diversos proyectos de infraestructura de servicios básicos, según el médico encargado de la Posta de Salud de Uchumayo es importante realizar obras de electrificación y de purificación del agua, ya que con dichas obras se podría mejorar la calidad de vida de los habitantes.

De igual forma el Alcalde de Tiabaya considera como uno de los principales retos para mejorar la calidad de vida de la población implementar obras de saneamiento.



En Yarabamba el médico encargado de la posta de salud considera que las obras más importantes a realizar en el distrito están vinculadas al saneamiento, para brindar servicio de agua potable y desagüe, sin olvidar el recojo de basura.

### ***Servicios de comunicaciones***

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el AEG existe infraestructura de servicio móvil y de telefonía fija. De acuerdo con la información de infraestructura de telecomunicaciones existen redes de telefonía móviles en los distritos de Tiabaya, Jacobo Hunter y Uchumayo. Sin embargo, la señal en el distrito de Uchumayo es deficiente.

El servicio de telefonía fija está presente en toda el AEG, los distritos cuentan con telefonía fija y domiciliaria.

Al no contar con información a nivel distrital se considera pertinente presentar la evolución del número de conexiones de telefonía pública y móvil, e Internet de la región Arequipa

En el periodo de 1998 a 2008 se registra un incremento del servicio de telefonía fija de 67% en la región Arequipa.

En cuanto al servicio de telefonía fija pública el incremento en la región Arequipa en el periodo de 1998-2005 fue de 157%. A marzo del presente año la región Arequipa cuenta con 7 202 líneas de telefonía pública en servicio, del total de líneas el 96% corresponden a la empresa Telefónica del Perú.

El servicio de telefonía móvil presenta el mayor incremento de cobertura a nivel regional, entre el año 2002 y marzo de 2008 el número de abonados en telefonía móvil se incrementó siete veces. Cabe resaltar que la compañía Telefónica del Perú, de acuerdo a los datos del 2005, abarca el 66% del mercado de telefonía móvil en la región.

Respecto al servicio de Internet, está presente en los distritos de Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo, en el caso del distrito de Yarabamba la conexión a Internet es mediante la línea telefónica, no existen redes exclusivas. En cuanto a la región de Arequipa, las instalaciones del servicio de Internet incrementaron su número en seis veces entre 2003 y 2005, principalmente en entre el año 2003 y 2004.

### **3.6.5.4 Condiciones de vida de la población**

#### **Salud**

##### Condicionantes en salud

Las condiciones de la vivienda son reconocidas como una de las principales determinantes de la salud humana. En particular, la precariedad de la vivienda afecta a la población más pobre y vulnerable, como los niños menores de 5 años, las personas que padecen enfermedades crónicas como el VIH/SIDA, los discapacitados y los adultos mayores porque pasan la mayor parte del tiempo en la vivienda. Alrededor de un cuarto de la carga global de infecciones respiratorias agudas bajas, diarrea, infecciones intestinales, y malnutrición son atribuibles a las condiciones de la vivienda.

##### *Piso de tierra*

La tenencia de piso de tierra es un factor de riesgo para adquirir enfermedades gastrointestinales, cutáneas y alérgicas.

En general, dentro del AEG, 3 de cada 20 viviendas tienen piso de tierra. Esta proporción se incrementa en el área rural a 5 de cada 20 viviendas aproximadamente (Tabla 3.90).

##### *Abastecimiento de agua y eliminación de excretas*

La falta de acceso al agua potable es una grave amenaza para la salud pública. Debido a que el agua utilizada para el consumo humano de otras fuentes diferentes al de red pública tales como: camión cisterna, pozo, río, acequia o manantial, muchas veces está contaminada con desechos animales, humanos o industriales y otros contaminantes, es que se presentan graves consecuencias para la salud.

Dentro del AEG, alrededor del 10% de las viviendas tienen acceso al agua de consumo humano a través de camión cisterna, pozo, río, acequia o manantial. El área rural presenta mayor riesgo de enfermedades gastrointestinales, debido a que el 71% de las viviendas no tiene acceso al agua potable (Tabla 3.91).

Contar con un sistema de eliminación de excretas ha contribuido a reducir el riesgo de transmisión de enfermedades. La falta de sistemas de desagüe para la eliminación de excretas en las comunidades disminuye la calidad de vida de la población. La deposición de excretas al aire libre afecta a toda la comunidad donde se realiza esta práctica. Por último, la instalación domiciliaria es la forma más eficiente de reducción de transmisión de enfermedades.

En el AEG, 21% de las viviendas no tienen sistemas adecuados de eliminación de excretas, esta situación empeora drásticamente en el área rural, debido a que más de las  $\frac{3}{4}$  partes de las viviendas poseen sistemas precarios como pozos ciegos o simplemente no cuentan con el servicio (Tabla 3.91).

#### *Hacinamiento*

En el AEG, 23% de los hogares presentan hacinamiento. Este hecho está asociado a la mala ventilación de las viviendas, lo que facilita la transmisión de enfermedades al aparato respiratorio. La mayor proporción de población afectada por enfermedades del aparato respiratorio son los menores de 5 años y la población de la tercera edad, los cuales registran mayores horas de permanencia dentro de la vivienda.

#### Oferta de servicios de salud

El sistema de servicios de salud está conformado por dos subsistemas: el público y el privado. Dentro del subsistema público se encuentra al MINSA, EsSalud y a las Fuerzas Armadas y Policiales. El subsistema privado está conformado por consultorios, clínicas y algunas ONG que se concentran principalmente en las áreas urbanas de grandes ciudades.

El MINSA atiende principalmente a la población pobre que no cuenta con Seguro Social de Salud (EsSalud). EsSalud atiende a trabajadores del sector formal. Las Fuerzas Armadas y Policiales solo atienden a sus trabajadores y familiares directos. Los establecimientos de ambas instituciones, es decir EsSalud y Fuerzas Armadas y Policiales, se encuentran principalmente en áreas urbanas.

Dentro del AEG, el principal proveedor de servicios de salud es el MINSA, el cual concentra a la totalidad de centros de salud y a 11 de los 12 puestos de salud dentro del área. (Cuadro 3.37).

**Cuadro 3.37**  
**Tipo de establecimiento según MINSA y EsSALUD en el AEG**

Distritos	Tipo de establecimiento según MINSA y EsSALUD					
	Hospitales		Centro de Salud		Puesto de Salud	
	MINSA	EsSALUD	MINSA	EsSALUD	MINSA	EsSALUD
Jacobo Hunter	0	0	1	0	6	1
Tiabaya	0	0	1	0	0	0
Uchumayo	0	0	0	0	3	0
Yarabamba	0	0	0	0	2	0

De los 14 establecimientos de salud que se encuentran en los distritos del AEG, 10 están ubicados en el área urbana de estos distritos.

Del total de establecimientos de salud 11 de ellos ofertan servicios de atención médica integral ambulatoria con énfasis en la promoción de la salud.

*Recursos humanos*

De acuerdo a la Norma Técnica de establecimientos de Salud del MINSA, para la puesta en marcha de los servicios de salud se requiere como mínimo los siguientes profesionales: médico, enfermera, obstetrix y odontólogo; adicionalmente se requieren de técnicos de enfermería o auxiliares, y en los casos donde los establecimientos de salud fueran de mayor complejidad se requerirán químicos farmacéuticos y/o asistentes sociales.

Durante el año 2007, los establecimientos de salud del MINSA del AEG contaron con 85 profesionales de la salud, con 49 técnicos y auxiliares y 11 otros profesionales como químico farmacéuticos y/ o asistentes sociales. (Cuadro 3.38). Cabe mencionar que la Posta Médica de EsSalud ubicada en el Distrito de Jacobo Hunter, funcionó con 6 profesionales de la salud de los cuales 3 eran médicos y el resto odontólogos, desconociéndose el número de otros profesionales, técnicos auxiliares que colaboran en la puesta en marcha del servicio brindado.

**Cuadro 3.38**  
**Distribución de recursos humanos en establecimientos de salud**  
**MINSA por distrito del AEG**

Distritos	Profesionales		Técnicos y		Otros	
	N	%	N	%	N	%
Total	85	58,62	49	33,79	11	7,59
Jacobo Hunter	57	58,16	31	31,63	10	10,2
Tiabaya	12	52,17	10	43,48	1	4,35
Uchumayo	11	64,71	6	35,29	0	0
Yarabamba	5	71,43	2	28,57	0	0

De acuerdo a los profesionales de la salud del MINSA con los que cuenta el AEG, es importante evaluar cuál es la disponibilidad del recurso para brindar atención en los servicios de salud que se ofertan.

En el año 2007, se pudo observar que la Provincia de Arequipa contaba con un ratio de 7 médicos para la atención de 10 000 habitantes, mientras que en el AEG este ratio de profesionales se reducía a menos de la mitad en los distritos de Uchumayo, Tiabaya y Jacobo Hunter. Similar de disponibilidad de profesionales se observa en el caso de las enfermeras. (Cuadro 3.39).

**Cuadro 3.39**  
**Ratio de disponibilidad de recursos humanos en el sector salud**  
**(año 2007) Provincia de Arequipa y AEG**

Provincia - distritos	Recursos Humanos en el sector Salud				Población asignada	MEF asignadas
	Médicos	Enfermeras	Odontólogos	Obstetricas		
Arequipa	7,33	8,84	1,5	20,22	906 029	15 778
Jacobo	3,56	3,56	1,46	0,89	47 784	13 554
Tiabaya	3,24	1,95	0,65	0,48	15 419	4 195
Uchumayo	2,76	3,68	1,84	0,32	10 863	3 085
Yarabamba	15,27	15,27	0	3,02	1 310	331

La disponibilidad de odontólogos para brindar el servicio, en la provincia de Arequipa fue de 1,50 por cada 10 000 habitantes. Este ratio presenta similar comportamiento en Jacobo Hunter y Uchumayo, mientras que en el distrito de Tiabaya se cuenta con un ratio menor a un odontólogo para atender a 10 000 habitantes. Cabe resaltar que de acuerdo a la Norma Técnica de Categorías de Establecimientos de Salud, en el distrito de Yarabamba no se

requeriría de odontólogos (Cuadro 3.39).

Todos los establecimientos de salud ubicados dentro del AEG, requieren al menos de una obstetrix; sin embargo, solo en la provincia de Arequipa se observa una alta concentración de este tipo de profesional: 20,2 por cada 1 000 mujeres en edad fértil (MEF). Dentro del AEG, la disponibilidad de obstetrices va disminuyendo conforme aumenta la distancia a la ciudad de Arequipa. Así en Jacobo Hunter la disponibilidad es de 0,89 obstetrices por cada 1 000 MEF, mientras que en Uchumayo la disponibilidad es de 0,32 obstetrices por cada 1 000 MEF. Cabe resaltar que el distrito de Yarabamba tiene asignada solo 331 MEF para ser atendidas, siendo éste el motivo del resultado del indicador (Cuadro 3.39).

Por último, la Posta Médica de EsSalud en Jacobo Hunter cuenta con tres médicos y tres odontólogos por cada 10 000 asegurados.

#### *Equipamiento*

En el AEG, los establecimientos de salud están clasificados como de primer nivel de atención, por lo que entre ellos se encuentran diferentes categorías de establecimientos tales como: Puestos de Salud, Puestos de Salud con médico, Centros de Salud sin internamiento y Centro de Salud con internamiento.

De acuerdo a la información disponible, en el AEG solo el Centro de Salud Javier Llosa – Hunter cuenta con internamiento, el cual requiere de centro obstétrico y área de hospitalización.

Actualmente, el centro obstétrico del Centro de Salud Javier Llosa - Hunter cuenta con tres camas de dilatación y ninguna cama expulsiva para el momento del parto. Dentro del área de hospitalización cuenta con 10 camas hospitalarias. Al ser este Centro de Salud, un establecimiento de referencia de la microrred Hunter, es necesario mencionar la tasa de utilización de camas hospitalarias por 1 000 habitantes. Con respecto a las camas de dilatación, ubicadas en el centro obstétrico, se dispone de 3 camas por 1 000 gestantes de la microrred, mientras que la disponibilidad de las camas hospitalarias es de 0,2 camas por cada 1 000 habitantes de la microrred.

#### Morbilidad

El análisis de la morbilidad, nos permite conocer la estructura que tiene la enfermedad dentro de la población analizada. La data procede de la página web de la Gerencia Regional de Salud de Arequipa y corresponde únicamente a los establecimientos de salud del MINSa.

*Consulta externa por grupos etarios*

En el Cuadro 3.40, se aprecia que los grupos etarios que acuden en mayor proporción a los establecimientos de salud del AEG son los menores de 10 años y los de 20 a 59 años.

**Cuadro 3.40**  
**Demanda por servicios de salud (año 2007) en el AEG**

<b>Distritos</b>	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
Total	72 068	5 669	9 299	3 746
Menores de 10 años	47,8	60,7	56,3	43,5
10-19 años (%)	14,1	14,5	15,5	16,8
20-59 años (%)	32,7	20,2	24,4	29,9
60 a más años (%)	5,4	4,6	3,8	9,8

Alrededor del 60% de los menores de 10 años, residentes en los distritos de Tiabaya y Uchumayo, han acudido a los establecimientos de salud debido principalmente a alguna enfermedad de la infancia, mientras que en Jacobo Hunter y Yarabamba la demanda por servicios salud curativos en este grupo de edad fue de 47,80% y 43,54% respectivamente.

Entre 20,23% y 32,70% de la población de 20 a 59 años de los distritos de Tiabaya y Jacobo Hunter demanda servicios de salud curativos. Dentro de este grupo poblacional, se registra una diferencia de género a favor de las mujeres, las cuales demandaron servicios de salud curativos en un rango que varió entre 63,82% y 76,76% en los distritos de Tiabaya y Yarabamba respectivamente.

*Morbilidad general*

A través de los Gráficos de Pareto se puede observar que en el AEG, el principal motivo de consulta fueron las enfermedades de las vías respiratorias superiores, las cuales representan entre el 22% y 43% de las consultas en los distritos de Jacobo Hunter y Tiabaya respectivamente (Gráfico 3.85 y Gráfico 3.86). Las graficas de Pareto se han utilizado para seleccionar los principales motivos de consulta registrados en los establecimientos de salud del MINSA y que representan el mayor número consultas externas.

En los distritos de Uchumayo, Jacobo Hunter, y Yarabamba la segunda enfermedad en orden de frecuencia fueron aquellas asociadas a la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de las maxilares, las mismas que representaron el 13%, 15% y 24% respectivamente (Gráficos 3.85, 3.87 y 3.88).

En tercer lugar, continúan las enfermedades infecciosas intestinales (A00 – A09), las cuales representan entre 6,0% y 8,0% en los distritos de Yarabamba y Jacobo Hunter respectivamente (Gráficos 3.85 y 3.88).

El resto de las 10 primeras causas representan en forma acumulada entre 17% y 20% de la prevalencia.

Si consideramos de modo global las 10 primeras causas de enfermedad, éstas abarcan entre 65,19% y 79,13% de las consultas externas realizadas durante el año 2006 en los establecimientos de salud de los distritos del AEG.

#### *Morbilidad en menores de 10 años de edad*

Al igual que en la población en general, las infecciones respiratorias agudas de las vías respiratorias (J00-J06) son la primera causa de enfermedad en los niños menores de 10 años. En el AEG, la prevalencia de este tipo de enfermedad varió entre 32% y 51% en los distritos de Jacobo Hunter y Yarabamba, respectivamente.

El segundo lugar en orden de frecuencia, divide al AEG en dos grupos. En el primer grupo encontramos a los distritos de Yarabamba y Uchumayo, donde se reportaron a las enfermedades en la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares (k00- k14) como la segunda causa de enfermedad con 22% y 10%, respectivamente. Mientras que en el segundo grupo se encuentran a los distritos de Tiabaya y Jacobo Hunter donde se registraron en segundo lugar de importancia a las enfermedades infecciosas intestinales (A00 – A09) con 12 y 13% de la prevalencia respectivamente.

En los distritos de Yarabamba y Uchumayo se encuentra dentro entre las seis primeras causas de enfermedad a la desnutrición (E40 – E46). Debemos recordar que este tipo de enfermedad se encuentra asociada durante los primeros meses de vida a las condiciones propias de los niños, como el peso al nacer, el inicio de la alimentación complementaria; mientras que a medida que los niños crecen, las condiciones sociales alrededor de ellos son las que influyen en la aparición de la desnutrición.

Por último las seis principales enfermedades registradas en los distritos del AEG alcanzan entre el 71,15% y 82,46% de la población infantil que realizó consulta durante el año 2006.



### Acceso a los servicios de salud

Una forma de aproximación a la determinación del grado de eficiencia de los servicios de salud que brinda el MINSA es verificar la cobertura del servicio con respecto a la población asignada, medir la cobertura de vacunación y conocer el volumen del parto institucional.

### Cobertura de los servicios

Según la Gerencia Regional de Salud Arequipa, en los establecimientos de salud del AEG que operaron durante el año 2007, los grupos poblacionales que acudieron en mayor proporción fueron los menores de 4 años y las personas de 20 a 64 años (Tabla 3.93).

El Programa de Crecimiento y Desarrollo requiere la periódica asistencia de los menores de 5 años para garantizar el control del desarrollo físico y psicológico del niño. La adherencia a este programa se manifiesta a través del número de visitas que realiza este grupo poblacional a los establecimientos de salud, que varían entre 4,20 y 9,21 visitas por año a los diferentes establecimientos de salud del AEG.

Con respecto al grupo poblacional de 20 a 64 años, la asistencia podría estar aumentando debido que en este grupo están incluidas las mujeres en edad fértil que requieren control prenatal, por lo que las visitas a los establecimientos de salud de este grupo poblacional varía entre 3,41 y 5,55 visitas por año (Tabla 3.94).

Con respecto a la cobertura que el MINSA reporta alcanzar, con relación a la población de referencia, se puede mencionar que tanto el Centro de Salud Javier Llosa - Hunter, así como el Puesto de Salud UPIS Paisajista logran cubrir a la totalidad de su población.

Cabe resaltar que el Centro de Salud Javier Llosa - Hunter es un centro de referencia de la Microrred Hunter, es decir que todos los establecimientos de menor complejidad envían a los pacientes a este centro. Este sería uno de los motivos por los que este Centro de Salud logra alcanzar a la totalidad de su población asignada.

El Puesto de Salud de Yarabamba logra cubrir al 89,31% de la población asignada. Finalmente los restantes 11 establecimientos de salud ubicados en el AEG lograron cubrir entre el 27,53% y 49,58% de la población asignada (Tabla 3.94). Es de resaltar la relativa inaccesibilidad geográfica del distrito de Yarabamba a la ciudad de Arequipa (23 km.), así como el reducido número de pobladores que tiene asignado el Puesto de Salud (1 310 personas). Estos dos factores podrían estar favoreciendo los resultados de cobertura alcanzado por el Puesto de Salud de Yarabamba.

### *Cobertura vacunación*

A partir de la información brindada por la Gerencia Regional de Salud de Arequipa, se puede apreciar que en la Provincia de Arequipa, alrededor del 90% de los niños menores de un año, fueron protegidos por las diferentes vacunas que se manejaban dentro del esquema de vacunación vigente en el 2006.

Dentro del AEG, solo en los distritos de Tiabaya y Uchumayo se logran coberturas importantes de vacunación en relación al resto de distritos evaluados.

La menor cobertura de vacunación se registra en el distrito de Yarabamba. Una posible explicación a esta bajo nivel de acceso a la salud preventiva podría estar explicada principalmente por la falta de abastecimiento de los insumos.

### *Parto Institucional*

La promoción del parto institucional, es uno de los medios para reducir la mortalidad materna y es un indicador del acceso a los servicios de salud.

Según la Gerencia Regional de Servicios de Salud de Arequipa, 98,14 % de los nacimientos fueron atendidos en establecimientos de salud tales como: Hospitales, Clínicas, Centros de Salud, Puestos de Salud y consultorios. La ocurrencia del parto en un establecimiento de salud posibilita que este sea atendido por un profesional. En la provincia de Arequipa el 99% de los partos fueron atendidos por profesionales de la salud.

En los distritos del AEG se registran altos porcentajes tanto de parto institucional así como la atención brindada por profesionales durante el parto.

Cabe resaltar que en el distrito de Yarabamba se atendieron solo dos partos durante el año 2004.

### ***Educación***

Según la Constitución Política de 1993, la educación tiene como finalidad el desarrollo integral de la persona, por lo que promueve el conocimiento, el aprendizaje y la practica de las humanidades, la ciencia, la técnica, las artes, la educación física y el deporte. Prepara para la vida y el trabajo y fomenta la solidaridad. Adicionalmente, la Constitución declara que la educación inicial, primaria y secundaria es obligatoria y de carácter gratuito en las instituciones del Estado, y la enseñanza que imparten las instituciones educativas debe sujetarse a los principios constitucionales.

El Acuerdo Nacional pone énfasis en que el Estado se compromete a garantizar el acceso universal e irrestricto a una educación integral, pública, gratuita y de calidad, que promueva la equidad entre hombres y mujeres, afiance los valores democráticos y prepare ciudadanos y ciudadanas para su incorporación activa a la vida social.

Entre los años 2004 y 2005, la Región Arequipa diseñó su Proyecto Educativo Regional (PER), cuya visión es la siguiente: “En la región Arequipa, al año 2021 tenemos una educación de calidad con equidad y participación comprometida, que permite el desarrollo integral sostenido de la persona y de la región con perspectiva nacional globalizada articulada con lo productivo”.

Para evaluar cuánto se ha alcanzado los objetivos planteados desde el Estado y cuánta brecha existe en cuanto a lo propuesto, se ha analizado el estado actual del sistema educativo en el AEG en base a los indicadores educativos propuestos por el Ministerio de Educación. Los indicadores son:

- Indicadores de Contexto
- Indicadores de Recursos
- Indicadores de Procesos
- Indicadores de Resultados
- Indicadores de Impacto

#### Indicadores de contexto

Se refieren a aquellas características que influyen en los resultados del sistema en el sentido que definen la demanda de servicios educativos, como es el caso del tamaño de la población en edad escolar. También se refiere al dinero que dispone el país para proveer el servicio y los recursos destinados efectivamente para su provisión.

#### *Contexto demográfico:*

A través de los censos poblacionales de 1993 y 2005 se puede evaluar la demanda potencial de educación.

Entre el periodo intercensal 1993-2005, se observa un cambio en la dinámica del crecimiento poblacional (expansiva – constrictiva) lo que ha determinado que la demanda potencial en general por educación haya decrecido, a excepción del distrito de Uchumayo. Así, con respecto al grupo etario de 3 a 5 años de edad, que demandaría servicios de educación inicial, se puede observar que en todos los distritos del área de estudio general (AEG), se ha

registrado un decrecimiento poblacional que varió entre -4.97% y -26.32%.

Con respecto al grupo etario de 6 a 11 años, que demandaría servicios de educación primaria, se puede observar que solo el distrito de Uchumayo ha registrado un crecimiento poblacional en el periodo intercensal superior al registrado por la provincia de Arequipa, (7.44% vs 6.61%).

En el grupo poblacional de 12 a 16 años, que demandaría servicios de educación secundaria, se observó que en los distritos de Uchumayo y Yarabamba se registraron crecimientos poblacionales de 14,41% y 26,66% respectivamente por encima de los registrado en la provincia de Arequipa, 1,54%. Cabe resaltar que los incrementos en términos absolutos en ambos distritos fueron de 127 y 24 habitantes respectivamente (Tabla 3.95)

#### *Contexto económico del Sector Educación*

Los distritos de Jacobo Hunter y Tiabaya pertenecen a la Unidad de Gestión Educativa Local – Arequipa Norte, mientras que los distritos de Uchumayo y Yarabamba conforman la Unidad de Gestión Educativa Local – Arequipa Sur.

La UGEL – Arequipa Norte incluye a 8 distritos de la provincia de Arequipa, mientras que a la UGEL – Arequipa Sur le corresponden 16 distritos de la provincia.

Utilizando la información proveniente del Sistema Integrado de Administración Financiera de Sector Público SIAF-SP, se ha establecido el gasto realizado en Nuevos Soles Corrientes, tanto por la UGEL Arequipa Norte como Arequipa Sur, durante el periodo 2004- 2007.

#### **Gasto en Educación**

Durante los años 2004-2007, se observa un crecimiento sostenido en el gasto del Gobierno Regional de Arequipa. Sin embargo, el porcentaje de gasto para Educación y Cultura ha decrecido ligeramente tanto en la Ugel Arequipa Norte como en la Ugel Arequipa Sur en 1,6% y 1,5% respectivamente.

A nivel de Ugel Arequipa Norte se registró un incremento en la ejecución presupuestal de 18,03 millones de Nuevos Soles durante el periodo 2004-2007. Durante el mismo período el gasto efectuado en el rubro educación y cultura varió 5,38%.

Por otro lado la Ugel Arequipa Sur registró un incremento de 12,95 millones de Nuevos Soles y conllevó a un incremento relativo en el gasto de educación y cultura de 4,12%. Adicionalmente cabe resaltar, que la ejecución presupuestal en educación y cultura de la Ugel Arequipa Norte ha sido sostenidamente mayor a la realizada por la Ugel Arequipa Sur.

### **Gasto por Alumno**

El gasto por alumno en las Unidades de Gestión Educativa Local es de carácter plano es decir se asigna igual suma de dinero a cada uno de los sujetos que participan del sistema educativo. Sin embargo si se presenta una asignación diferenciada de acuerdo al nivel educativo.

Al observar la evolución del gasto para los años 2006-2007, en el Cuadro 3.41, se aprecia que en ambas Ugel ha disminuido la inversión mensual por alumno enrolado en el nivel inicial y se ha incrementado el gasto alumno-mes tanto para el nivel primario como secundario.

**Cuadro 3.41**  
**Gasto público (nuevos soles) en educación por alumno**  
**según nivel de instrucción (años 2006-2007)**

Nivel	Ugel Arequipa		Ugel Arequipa	
	Norte		Sur	
	2006	2007	2006	2007
Inicial	190,44	150,1	126,68	93,01
Primaria	150,27	190,08	99,12	135,9
Secundaria	171,38	203,17	125,57	174,1

### *Contexto sociocultural*

#### **Desnutrición Crónica**

El estado nutricional de los niños que se encuentran enrolados en el sistema educativo condiciona la capacidad de aprendizaje y, en esa medida, el logro de las habilidades previstas por el sistema educativo.

Los censos nacionales de talla en escolares muestran que la desnutrición crónica en escolares de 6 a 9 años, ha disminuido en 18 puntos porcentuales en la provincia de Arequipa. La misma situación se registra en los distritos del AEG. Sin embargo, al observar los resultados del Censo Escolar 2005, podemos concluir que a medida que los distritos se encuentran a mayor distancia del centro de la ciudad de Arequipa, la prevalencia de desnutrición crónica se incrementa. Así Jacobo Hunter registra 6% de desnutrición crónica en escolares mientras que Yrabamba reporta 17% (Gráfico 3.89).

### Indicadores de recursos

Los recursos son los insumos materiales, humanos, financieros y asistenciales con los que dispone el sistema, estos influyen en los resultados en términos de cobertura y logro educativo.

#### *Recursos humanos*

##### **Tamaño de las secciones**

Un número elevado de alumnos por sección puede obstaculizar el proceso de enseñanza y aprendizaje, pues a mayor cantidad de alumnos es menor el tiempo disponible por el docente para una atención personalizada o para la revisión y corrección de tareas.

De acuerdo a la norma establecida por el Ministerio de Educación, en el Nivel de educación inicial se debería tener un máximo de 25 alumnos por aula mientras que en el nivel de primaria y secundaria de menores la relación alumno-profesor no deberá ser mayor de 30 alumnos por sección.

Los resultados de los censos escolares 2004-2006 muestran que en el nivel de educación inicial de gestión pública se cumple la norma solo en el distrito de Yarabamba. La máxima carga de alumnos por sección en este distrito ocurrió en el año 2006 con 16,5 alumnos.

En lo que respecta al nivel educativo de primaria y secundaria de menores, podemos observar que en ambos niveles no se ha llegado a cubrir la carga establecida por el Ministerio de Educación. Lo cual brinda una mayor calidad al proceso de enseñanza (Tabla 3.96)

##### **Porcentaje de docentes titulados**

En nuestro país, la Ley General de Educación establece que la calificación requerida para el ejercicio de la docencia en la educación básica es el título pedagógico correspondiente.

Los docentes sin título pedagógico pueden ser profesionales con títulos no pedagógicos, estudiantes o egresados de pedagogía o simplemente con secundaria completa.

Según el censo escolar 2006 en la provincia de Arequipa se registra que más del 95% de los profesores del nivel de educación primaria poseen título pedagógico, mientras que en el nivel de educación secundaria, 78% de los profesores tiene título pedagógico.

Con respecto a los distritos del AEG, se observa que en el nivel de educación primaria de menores en al menos dos distritos todos los profesores tienen título pedagógico. En el nivel de

secundaria de menores se observa brechas interdistritales mucho mayores así podemos observar que en el distrito de Tiabaya todos los profesores de educación secundaria de menores tienen título pedagógico, mientras que en Uchumayo presentan la misma condición solo el 66,6% de los profesores. Cabe resaltar que en el año 2006 Yarabamba no reportó la información mostrada.

*Recursos materiales*

**Servicios básicos**

La ausencia de servicios básicos, como agua potable y electricidad, marcan las mayores disparidades entre las instituciones educativas de las áreas urbanas y rurales. En estas circunstancias, según la UNESCO, la escuela no solo no ayuda a incrementar las oportunidades de desarrollo para todos los niños, sino incluso puede aumentar aún más las desventajas de los más desfavorecidos.

El Censo Escolar del 2006, recogió información acerca del estado de los locales escolares, en cuanto a servicios infraestructura y ambientes. Con respecto a los servicios básicos podemos observar que se registra un déficit de electricidad que varía entre 20,0% y 6,7% en los locales escolares de los distritos de Yarabamba y Tiabaya respectivamente. Con respecto a la conexión de red pública de agua potable, el déficit registrado es aún mayor, variando entre 27,3% y 6,0% en los distritos de Uchumayo y Jacobo Hunter respectivamente. Por último, con respecto a la conexión de red pública de desagüe, se verifica que en el distrito de Yarabamba todos los locales escolares cuentan con este servicio, mientras que en el distrito de Tiabaya no cuentan con el mencionado servicio 4 locales escolares, lo cual representa el 26,7%. (Cuadro 3.42).

**Cuadro 3.42**  
**Porcentaje de locales escolares con servicios básicos (año 2006) en el AEG**

	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
Número de locales escolares	50	15	11	5
Electricidad	92	93,3	90,9	80
Conexión de red pública de agua potable	94	86,7	72,7	80
Conexión de red pública de desagüe	98	73,3	90,9	100

El no contar con los servicios de conexión de red pública de agua potable y conexión de red pública de desagüe, limita en cierta medida el proceso de interiorización de hábitos de limpieza, como el lavado de manos. La ausencia de hábitos de higiene contribuye a la permanencia de algunas enfermedades prevenibles, como la diarrea.

Las condiciones de la infraestructura de los locales escolares fueron evaluadas a través de los materiales con los que se han construido las aulas escolares. Así en el AEG se puede observar que el material predominante en las paredes de las aulas escolares es el ladrillo o el bloque de cemento. Con respecto al material predominante en los techos de las aulas se puede observar que el material predominante es el concreto armado o cemento y ladrillo, sin embargo, también se registran aulas con techos de piezas de lata o latón, calamina y eternit. Por último, entre 78,0% y 100,0% de las aulas escolares cuentan con piso de cemento.

Con respecto al total de aulas se indagó por aquellas que requerían reparaciones mayores y menores. Se entiende por reparaciones mayores a levantar paredes, cambio de piso o techos e instalar o reemplazar instalaciones eléctricas, mientras que reparaciones menores comprenden el pintado de paredes, resanado de paredes, pisos o techos y el cambio de focos o vidrios.

Los resultados muestran que en el AEG, entre 16,7 y 48,6% de las aulas requieren reparaciones. Un 30,0% y 14,3% de las aulas de los distritos de Uchumayo y Yarabamba respectivamente requieren reparaciones mayores, mientras que un 33,3% de las aulas de Yarabamba requieren reparaciones menores.

### **Uso de tecnologías de la información (TIC)**

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) conllevan múltiples posibilidades para la difusión de los conocimientos, un aprendizaje eficaz y la creación de servicios más eficaces de educación. En tal sentido las recomendaciones internacionales señalan la necesidad de aprovechar las TIC para contribuir al logro de los objetivos de la educación para todos.

En el año 2006, entre el 68% y 20% de los locales escolares del AEG, contaban con al menos una computadora. De estos, solo cuentan con conexión a Internet 8 locales escolares del distrito de Jacobo Hunter y 4 del distrito de Tiabaya.

Los principales usos dados a las computadoras con las que cuentan los locales escolares son: uso administrativo, uso docente y uso para enseñanza; éste último es el más importante en los locales escolares del AEG.



El ratio computadoras para la enseñanza por local escolar, diferencia claramente a los distritos del AEG, así en Jacobo Hunter y Tiabaya se registran ratios que varían entre 6,6 y 6,8 computadoras por local escolar respectivamente, mientras que los distritos de Uchumayo y Yarabamba solo logran tener 1,5 y 2 computadoras para la enseñanza por local escolar respectivamente.

### Indicadores de procesos

Los procesos educativos pueden ser entendidos como la manera como se usan los recursos, como se desarrollan los procesos de enseñanza aprendizaje y de gestión (tienen que ver con el “cómo” del proceso educativo). Esta es la dimensión más compleja de medir.

### *Procesos de acceso, progresión y eficiencia*

#### **Tasa de cobertura total**

El acceso a la educación primaria o secundaria de la población con la edad oficial para cursar el nivel correspondiente tiene como condición que el sistema educativo sea capaz de incorporar a todos los niños y jóvenes en edad escolar por lo menos a sus niveles iniciales.

El indicador muestra la proporción de niños en edad escolar que asisten a centros educativos de algún nivel educativo. La cobertura es total porque se refiere a todo el sistema educativo.

En la provincia de Arequipa la participación de la población de 3 a 5 años en el sistema educativo básico se ha contraído en 7 puntos porcentuales. Sin embargo, la participación de esta población en el área urbana se incremento en 11 puntos porcentuales. Con respecto al AEG, se puede afirmar que la expansión de la participación se registra en tres distritos y esta varía entre el 4,3% y el 17,5% en los distritos de Uchumayo y Tiabaya respectivamente.

Cabe resaltar que a la fecha tanto la provincia de Arequipa como los distritos del AEG, han logrado atender a través de centros educativos y programas de educación alrededor del 60% de la población de 3 a 5 años.

Con respecto a la población de 6 a 11 años se registra un ligero incremento en la participación en el sistema educativo, sin embargo este ha sido lo suficiente para lograr cubrir en algunos casos a la totalidad de la población.

Por último en la población de 12 a 16 años, también se ha registrado un incremento en la participación, sin embargo, ésta no ha logrado alcanzar los niveles registrados en la población de 6 a 11 años. Adicionalmente aun se puede observar la diferencia entre el área

urbana y rural (Tabla 3.97).

### **Tasa de desaprobación**

Los alumnos desaprobados son aquellos que, habiendo llegado al fin del año escolar, no acreditan la posesión de los conocimientos establecidos en los programas curriculares correspondientes, necesarios para ser promovidos al año escolar siguiente. Así, la disminución del porcentaje de alumnos desaprobados significaría un avance del indicador hacia la consecución de la universalización de la educación básica de calidad.

De acuerdo a los censos escolares 2004-2006, el porcentaje de desaprobación en el nivel de educación primaria, en la provincia de Arequipa se encontraba alrededor del 2.5%, observándose mayores tasas en algunos distritos del AEG tales como Tiabaya y Uchumayo.

En el nivel de educación secundaria, se puede observar que en la provincia de Arequipa alrededor del 5% de los alumnos matriculados han desaprobado. Nuevamente se pueden observar las mayores tasas con respecto a la provincia en los distritos de Tiabaya y Uchumayo. Cabe resaltar que tanto en la provincia de Arequipa como en todo el AEG se reporta un número mayor de hombres desaprobados en el nivel de educación secundaria.

### **Tasa de retiro**

La categoría de alumnos retirados se aplica a quienes no rindieron la evaluación final por haber superado el límite de inasistencias a clases. El retiro revelaría entonces, por lo general, la existencia de dificultades en el acceso a la escuela y, es una medida de las limitaciones que tiene la universalización de la educación básica.

El porcentaje de estudiantes retirados en primaria presenta diferencias bastante marcadas entre la provincia y los distritos del AEG. Así podemos observar que Jacobo Hunter se registra la menor proporción de alumnos retirados en relación tanto a la provincia como al resto de distritos del AEG. Mientras que en Yarabamba registra el mayor porcentaje de retiro dentro del AEG y la mayor brecha con respecto a la provincia de Arequipa (Cuadro 3.43).

**Cuadro 3.43**  
**Porcentaje de estudiantes retirados en primaria (años 2004-2006)**  
**en la provincia de Arequipa y AEG**

<b>Años</b>	<b>Arequipa</b>	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
2006	2,53	1,89	3,6	4,29	6,4
2005	3,29	2,42	4,48	4,72	13,74
2004	2,53	1,9	3,6	4,29	6,4

En la provincia de Arequipa, en el nivel de educación secundaria, alrededor del 3,0% de los alumnos matriculados no llegan a culminar el año escolar. Con respecto al AEG se puede observar que entre 9,6% y 5,2% de los alumnos matriculados en los distritos de Yarabamba y Tiabaya respectivamente, no lograron culminar el año escolar, mientras que en el distrito de Jacobo Hunter presenta resultados similares a la provincia de Arequipa (Cuadro 3.44).

**Cuadro 3.44**  
**Porcentaje de estudiantes retirados en secundaria (años 2004-2006)**  
**en la provincia de Arequipa y AEG**

<b>Años</b>	<b>Arequipa</b>	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
2006	2,9	2,8	5,24	4,55	9,65
2005	3,79	3,63	5,89	3,16	6,35
2004	2,9	2,8	5,24	4,56	9,64

#### Indicadores de resultados

Los resultados que persigue el sistema se miden a través de los logros en la población respecto a la formación y desarrollo de capacidades, lo cual implica el desarrollo de aprendizajes, conocimientos, habilidades sociales, actitudes, entre otras, en los ciudadanos de un país.

Dado que la educación es por derecho extensiva a la sociedad en su conjunto, los objetivos del sistema implican también que la educación sea universal, es decir que pueda ser accesible a la población del país en igualdad de condiciones, lo cual implica un componente de equidad de oportunidades como objetivo del sistema. Es necesario que los estudiantes alcancen a culminar una educación básica que les permita desarrollar capacidades definidas de un currículo dado en un tiempo establecido.

*Tasa de culminación del nivel primario*

El indicador muestra la proporción de niños que culmina la educación primaria con la edad oficial y hasta con dos años de atraso, o bien, con la edad oficial y hasta con cinco años de atraso.

La diferencia entre las tasas correspondientes a cada rango de edad permite aproximar la proporción de la población que concluye el nivel con un atraso de tres a cinco años, característica que podría incrementar el riesgo de no transitar hacia el nivel siguiente, dado el mayor costo de oportunidad de los individuos

Según el X Censo Poblacional del 2005, en la provincia Arequipa 86.7% de la población de 11 a 13 años de edad, concluyó la educación primaria. En la población de 14 a 16 años de edad, esta proporción es solo de 70%. Esto indica, que en esta población, el no haber concluido la primaria hasta los 16 años de edad eleva el riesgo de no cursar el siguiente nivel. Dentro del AEG, es el distrito de Yarabamba el que presenta la menor proporción de población que concluye la primaria entre los 11 y 13 años de edad. Adicionalmente, 25% de la población 14 a 16 años no ha concluido la primaria y, en el área rural de este distrito, 30% de la población de 11 a 16 años no ha concluido la primaria (Cuadro 3.45).

**Cuadro 3.45**  
**Porcentaje de conclusión de la primaria por grupos de edad,**  
**según sexo y área de residencia en la provincia Arequipa y AEG**

		Arequipa		Jacobó		Tiabaya		Uchumayo		Yarabamba	
		11-13	14-16	11-13	14-16	11-13	14-16	11-13	14-16	11-13	14-16
Total		86,7	70	88,3	72,3	81,7	75	85,7	71,4	75	75
Sexo	Hombre	86,8	70,7	88,5	72,8	80,8	76,4	83,8	72,1	66,7	75
	Mujer	86,6	69,3	88,1	71,8	82,6	73,5	87,5	70,8	79,6	75
Área de residencia	Urbana	87,2	69,7	88,3	77,6	82,9	74,8	86,4	70,4	83,3	83,3
	Rural	71,9	78,7			64,6	77,9	80,8	77,2	71,2	70,6

Tasa de culminación del nivel secundario

El indicador muestra la proporción de jóvenes que culmina la educación secundaria con la edad oficial y hasta con dos años de atraso, y también la proporción que culminan la educación secundaria, con la edad oficial y hasta con cinco años de atraso. Queda claro que la diferencia porcentual al 100% es la proporción de personas que culmina los estudios secundarios en la edad adulta o nunca los llega a concluirlos.

La diferencia entre las tasas correspondientes a cada rango de edad permite aproximar la proporción de la población que concluye el nivel con un atraso de tres a cinco años, característica que podría incrementar el riesgo de no transitar hacia el nivel siguiente, dado el mayor costo de oportunidad de los individuos.

Es interesante notar que, mientras que en la educación primaria aquellos que no logran culminar esta etapa dentro de los cinco años posteriores a la edad normada ya no continúan sus estudios, en el caso de la educación secundaria, los estudiantes que no culminan sus estudios después de los 5 años posteriores a la edad normada, aún persisten en concluirla. Es por este motivo que la proporción de personas que terminan la secundaria a la edad normativa (16-18 años) es menor con respecto a la proporción de la población que termina con tres o cinco años de retraso (19-21 años). Adicionalmente cabe resaltar que la diferencia urbana rural con respecto a este indicador es de 20 puntos porcentuales en la provincia de Arequipa.

Dentro el AEG, es el distrito de Tiabaya el que presenta el menor porcentaje de conclusión de la secundaria en ambos grupos etarios. Con respecto a las diferencias por sexo los distritos de Tiabaya y Yarabamba muestran las mayores diferencias positivas a favor de las mujeres. Por último, con respecto a las diferencias por el lugar de residencia la mayor diferencia la registra el distrito de Uchumayo donde solo el 60,6% y 79,4% de su población rural de 16 a 18 y 19 a 21 años respectivamente concluye la secundaria. (Cuadro 3.46).

**Cuadro 3.46**  
**Porcentaje de conclusión de la secundaria por grupos de edad,**  
**según sexo y área de residencia en la provincia Arequipa y AEG**

		Arequipa		Jacobo		Tiabaya		Uchumayo		Yarabamba	
		16-18	19-21	16-18	19-21	16-18	19-21	16-18	19-21	16-18	19-21
Total		74,8	88,2	73,7	89,9	65,9	80,2	74,4	90	78	84,8
Sexo	Hombre	74,6	89,6	72,5	90,1	63	78,6	74,8	91,9	68,4	64,3
	Mujer	74,9	86,9	75,1	89,8	69,6	82,2	73,9	88,4	95,2	100
Área de residencia	Urbana	75,4	88,8	73,7	89,9	66,5	80,6	77	92,1	72,7	82,4
	Rural	53,1	66,7			54	71	60,6	79,4	81,1	87,5

*Indicadores de desempeño*

El indicador muestra el porcentaje de alumnos de segundo grado de primaria básica regular para menores que logran el “Nivel Suficiente” en el área de matemática y en la competencia de comprensión de textos.

Al culminar el segundo grado de primaria para menores se espera que el alumnado haya consolidado el aprendizaje de la lectoescritura y el dominio básico de algunos conceptos matemáticos fundamentales, así como las habilidades básicas sobre las que se asentarán sus aprendizajes futuros.

Para evaluar el nivel de competencias se estableció una escala ordinal de tres categorías, en función de a la obtención del logro o no del objetivo ya señalado:

- Se establecieron dos niveles de logro (nivel 1 y nivel 2), siendo el nivel 2 el que agrupa las tareas esperadas para el grado y el nivel 1 el que agrupa las tareas de menor dificultad.
- Los estudiantes que no lograron desarrollar todas las tareas del nivel 1, se ubicaron en el grupo “Por debajo del nivel 1”.

Con respecto a las competencias en matemática, se busca que el nivel de desempeño en el uso de los números, propiedades y operaciones sirva al alumno para resolver diversos problemas de contexto real y matemático.

Asimismo, el 12,5% de alumnos de la Provincia de Arequipa, lograron alcanzar el nivel dos, mientras que en los distritos del AEG, se observa que 14,3% y 13,3% de alumnos de los distritos de Uchumayo y Yarabamba respectivamente alcanzan desempeños similares.

Cabe resaltar que entre 47,1% y 59,3% de alumnos de los distritos de Jacobo Hunter y Uchumayo respectivamente no pudieron alcanzar los resultados esperados del primer nivel.

Con respecto, a la evaluación de la habilidad lectora de textos escritos, ésta abarcó las siguientes capacidades: Lectura de palabras y oraciones, localización de información literal e inferencia de información a partir de textos escritos.

Además, tanto en la región como en la provincia de Arequipa alrededor de un tercio de los estudiantes alcanzaron el nivel deseado para el grado (nivel 2), mientras que en los distritos del AEG tales como Tiabaya y Jacobo Hunter, los alumnos evaluados que alcanzaron el nivel de desempeño deseado (nivel 2) fueron 20,8% y 29,3% respectivamente. Adicionalmente, tanto en la región como en la Provincia de Arequipa alrededor de un tercio de los estudiantes alcanzaron el nivel deseado para el grado (nivel 2), mientras que en los distritos del AEG tales como Tiabaya y Jacobo Hunter, los alumnos evaluados que alcanzaron el nivel de desempeño deseado (nivel 2) fueron 20,8% y 29,3% respectivamente.

Indicadores de Impacto

*Años promedio de estudio*

Debe entenderse como años promedio de estudio, al número promedio de años aprobados en los niveles de primaria, secundaria o superior por la población mayor de 25 años.

Un mayor número de años de estudio permitirá a la población adulta mejorar su capacidad de trabajar y participar plenamente en la sociedad.

Según el censo de población 2005 (INEI), en la provincia de Arequipa, la población mayor de 25 años presentaba 10,01 años promedio de estudio; lo cual significaría que parte de la población no ha logrado concluir los estudios secundarios. Adicionalmente, al observar el AEG podemos verificar que este objetivo está lejos de alcanzarse sobre todo en los distritos de Tiabaya y Yarabamba, donde la población mayor de 25 años solo ha logrado completar 9,21 y 9,31 años de estudio respectivamente (Cuadro 3.47).

**Cuadro 3.47**  
**Años promedio de estudio de la población mayor de 25 años**  
**(año 2005) en la provincia arequipa y AEG**

	Total	Sexo		Área	
		Hombres	Mujeres	Urbano	Rural
Arequipa	10,01	11,54	10,44	10,07	8,68
Jacobo	10,24	10,83	9,69	10,24	-
Tiabaya	9,21	9,84	8,57	9,28	7,98
Uchumayo	10,18	10,6	9,77	10,42	8,79
Yarabamba	9,31	9,37	9,22	9,73	9,11

Las diferencias por sexos se verifican claramente a nivel de este indicador. Así podemos observar que tanto a nivel de provincia como de todos los distritos del AEG, las mujeres se encuentran en desventaja de por lo menos un año de estudio en relación con los hombres. Finalmente, también podemos observar la diferencia entre el área urbana y rural, donde ésta última registra una desventaja de al menos dos años promedio de estudio con respecto a los residentes de las áreas urbanas tanto de la provincia como de los distritos del AEG.

*Analfabetismo*

El analfabetismo es un gran problema para nuestro país, el cual atrasa el desarrollo y el fortalecimiento de nuestra capacidad competitiva y es la manifestación de las profundas desigualdades sociales y culturales

La ampliación de la participación en el sistema educativo ha reducido los niveles de analfabetismo (Cuadro 3.48). Así, en el periodo intercensal 1993-2005 el analfabetismo se redujo tanto en la provincia de Arequipa como en el AEG. Sin embargo, aún se mantienen las diferencias por sexo y grupos de edad.

**Cuadro 3.48**  
**Analfabetismo según sexo y grupos de edad (censos 1993 y 2005)**  
**en la provincia de Arequipa y AEG**

		Arequipa		Jacobó Hunter		Tiabaya		Uchumayo		Yarabamba	
		1993	2005	1993	2005	1993	2005	1993	2005	1993	2005
	Total	5,53	3,69	7,22	4,88	12,34	8,17	6,74	4,35	12,5	4,41
Sexo	Hombre	2,46	1,5	2,82	1,76	5,69	3,86	3,26	1,91	7,52	3,15
	Mujer	8,37	5,77	11,43	7,88	18,77	12,63	10,19	6,75	17,45	5,96
Edad	15-24	1,52	0,4	1,58	0,38	1,93	0,78	1,96	0,52	1,41	0
	25-39	2,82	0,95	2,88	0,75	7,5	2,37	3,26	1,52	3,76	0,31
	40 a más	12,45	8,37	19,14	12,62	27,35	19,08	14,91	9,37	22,76	8,76

***Seguridad***

Principales ocurrencias

Para el 2007 en la región Arequipa se tienen registradas un total de 19 089 faltas, cifra que sitúa a la región en segundo lugar (9,1%) luego de la región Lima, que tiene 47,1% de casos registrados. La mayor cantidad de faltas corresponde a los delitos contra el patrimonio en las modalidades de hurtos y daños materiales. En lo que refiere a faltas contra la persona la mayor cantidad de casos están relacionados con maltrato sin agresión. Otro tipo de faltas como aquellas contra las buenas costumbres o la tranquilidad pública no representan un porcentaje significativo a nivel global. Cabe resaltar que en el rubro otras faltas destacan los casos de abandono o retiro del hogar y la violencia familiar (6,45% y 4,15% respectivamente). Por otro lado se tiene que para el caso de los delitos el 66,8% guarda relación con aquellos contra el patrimonio principalmente en la modalidad de hurto. Entre los delitos contra la libertad predomina la violación de la libertad sexual y entre los delitos contra la fe pública destaca la falsificación de documentos.



Los principales delitos que la Policía Nacional del Perú (PNP) tiene registrados en el 2007 y que se han cometido en los distritos que comprenden el AEG son, empezando por el de mayor incidencia:

- Faltas
- Violencia Familiar
- Delitos
- Accidentes de Tránsito

Según la información recopilada durante el trabajo de campo se tiene que a nivel de los cuatro distritos que comprenden el AEG y en el año 2007 se han registrado 1 296 faltas, 1 103 casos de violencia familiar, 594 delitos y 275 accidentes de tránsito.

Una revisión de la ocurrencia de estos delitos a nivel de los distritos nos muestra que es el distrito Jacobo Hunter el que registra la mayor incidencia de delitos. Las ocurrencias de delitos en el área de estudio general se muestran en el Gráfico 3.90.

Como se puede observar en el gráfico anterior, el distrito Jacobo Hunter concentra el mayor porcentaje de casos de violencia familiar, accidentes de tránsito y delitos. El porcentaje observado en el distrito Uchumayo si bien logra alcanzar el 20% para el caso de accidentes de tránsito, no resulta comparable con la situación observada en Jacobo Hunter. Este hecho podría explicarse por el tamaño de dicho distrito, su composición poblacional y su estructura básicamente urbana (hecho que explicaría la alta incidencia de accidentes de tránsito).

Durante los primeros meses del año 2008 (entre enero y mayo), la incidencia de delitos se ha mantenido alta en el distrito Jacobo Hunter de modo que los porcentajes observados para el 2008 guardan relación con los obtenidos en el 2007.

En el Gráfico 3.91 se pueden observar los delitos que se han registrado en los primeros meses del 2008, según distrito y tipo de delito.

Si bien los porcentajes se mantienen similares de un año al otro, se observa que en los primeros meses del año 2008 la incidencia de delitos ha sido mayor a la observada en el mismo mes el año anterior. Para el caso de los accidentes de tránsito y violencia familiar los casos en el 2008 son ligeramente menores a los del 2007.

Según información recabada en el centro policial del distrito de Tiabaya se considera que entre los factores que contribuyen a la mayor incidencia de actos ilícitos se puede considerar: la proliferación de la delincuencia como resultado de la falta de vigilancia por las autoridades, la agudización de problemas sociales, las escasez de dotación de personal policial, la ausencia de personal de serenazgo y/o integrantes de juntas vecinales, indiferencia de la ciudadanía y falta de voluntad política para la implementación de servicios de seguridad más efectivos.

#### Redes de atención

A nivel local se observa que en cada uno de los cuatros distritos se dispone de una comisaría. Todas forman parte de la XI Dirección Territorial De Policía – Arequipa y son: Comisaría PNP Tiabaya “C”, Comisaría PNP Hunter “B”, Comisaría PNP Hunter – Terminal Terrestre “B”, Comisaría PNP Uchumayo “B”, Comisaría PNP Uchumayo – Congata “C” y Comisaría PNP Yrabamba “B”.

#### ***Organización Social e Institucional***

En el AEG se tiene la presencia de diversas organizaciones sociales e institucionales entre las que destacan: las municipalidades, el Comité de Regantes, Comité de Vaso de Leche, Comedor Popular, Asociación Agropecuaria y el Frente de Defensa y Desarrollo. A continuación se presentan las principales características y funciones de estas organizaciones. Esta descripción ha sido elaborada a partir de información recogida durante el trabajo de campo y no excluye la existencia de otras características y funciones de las organizaciones que no hayan sido contempladas por los informantes.

#### Organización Político-administrativa

##### *Municipalidades*

En el cuadro siguiente se detallan los nombres de los alcaldes del AEG en el período 2007 según información recabada en la Oficina Nacional de Procesos Electorales (ONPE).

**Cuadro 3.49**  
**Relación de alcaldes del AEG (año 2007)**

<b>Distrito</b>	<b>Alcalde / Alcaldesa</b>	<b>Partido Político</b>
Jacobo Hunter	Aurelia Lupe Pila Barreda	Partido Nacionalista Peruano
Tiabaya	Miguel Ángel Cuadros Paredes	Fuerza Democrática
Uchumayo	Antonio Hernán Alegre Manrique	Uchumayo Triunfa
Yarabamba	Celia Fredesminda Torres Valdivia	Arequipa Desarrollo Total

El Alcalde es el funcionario público electo, cada cuatro años (desde el 2003, antes el periodo era de 3 años), para presidir los municipios provinciales y distritales del país. El Alcalde es la figura unipersonal más importante de cada Provincia o Distrito. Es el responsable de la administración pública municipal y de los servicios comunales; representante político del municipio; y presidente del cabildo, concentra un conjunto de facultades formales e informales que lo sitúan en una condición privilegiada de la vida política municipal. Los alcaldes son elegidos por voto democrático por la población a quien representarán en sus funciones.

Los alcaldes de los distritos del AEG interactúan con los representantes de las localidades que conforman los distritos que la conforman. La participación de presidentes de comités de regantes, juntas vecinales, comedores o vasos de leche está vinculada con la gestión de proyectos y con la intervención de todos ellos en las reuniones relacionadas con el presupuesto participativo.

#### *Juzgado de Paz*

En cada distrito el juez de paz representa al poder judicial, la principal función del juzgado de paz administrar justicia y hacer el papel de conciliador ante algún conflicto. El periodo de ejercicio de un juez de paz es en promedio de dos o tres años, sin embargo, un juez de paz puede permanecer en el puesto por más tiempo.

Los jueces de paz tienen entre sus funciones ver los temas relacionados a faltas contra la persona, contra el patrimonio, contra las buenas costumbres y contra la tranquilidad. Por lo general ven temas vinculados con problemas familiares, agresiones físicas, etc. En lo que concierne a las denuncias, éstas son hechas, en primera instancia, en la comisaría; acto seguido esta denuncia es transferida al juez. Si la denuncia implica un delito éste es transferido a la fiscalía. Un juez de paz tiene trato directo con el público, de modo tal que en

ocasiones puede ofrecer charlas acerca de la familia, convivencia y educación sexual.

#### *Comisarías*

Existen comisarías en cada uno de los cuatro distritos del AEG. En Tiabaya la comisaría trabaja en coordinación con las juntas vecinales, principalmente en la realización de simulacros relacionados a la seguridad ciudadana (asaltos, robo y violencia familiar) y charlas sobre seguridad.

#### Organizaciones de la Sociedad Civil

##### *Comisión de Regantes de Tiabaya*

Dada la importancia del recurso hídrico en la zona, se observa que organizaciones como la comisión de regantes cobran protagonismo en la escena local. A entender de los pobladores, la importancia de esta organización radica en el control que efectúan sobre el uso del agua para el riego, que puede ser escasa debido a factores naturales.

Organizada a nivel distrital y a nivel de los anexos, la comisión de riego cuenta con un reglamento y una organización interna; y es bajo su coordinación que se llevan a cabo la repartición del agua y la limpieza de las acequias y canales. La junta de riego, que agrupa a las comisiones de riego, hace reuniones una vez al mes. A esta reunión acuden los delegados y presidentes de las comisiones de riego. La junta de riego pertenece al Ministerio de Agricultura y a la Administración técnica de agua. Así, tenemos que la instancia superior es el Ministerio de Agricultura seguido por la Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR), instancia siguiente es la junta de regantes y por último la comisión de regantes.

La comisión de riego está conformada por un presidente y dos delegados. En ocasiones el cobro por el servicio del agua es realizado por la comisión y en ocasiones por la junta (que es la organización que agrupa a los comités). Es a través de las autoridades de la Comisión de Regantes que se establece, por ejemplo, el día y la hora en que deben regar. Quien preside la comisión es el encargado de solucionar los problemas, y de darse alguna infracción es quien se encarga de cobrar las multas de acuerdo a la falta.

Los usuarios de cada toma efectúan un pago que varía de acuerdo a la superficie que se va a regar y está sustentada en un contrato que tiene vigencia de un año, más allá de esta fecha y ante la eventualidad de que no hubiera lluvias, se hace un pago adicional, también vinculado con la extensión del terreno a regar.

La elección de las autoridades del comité de regantes se lleva a cabo por el voto directo de los usuarios y el cargo tiene una duración de tres años. Para tal efecto se pueden presentar candidatos y hay un comité electoral a cargo.

#### *Comité de Vaso de Leche*

El comité de vaso de leche es supervisado por un representante del gobierno local quien se encarga de repartir equitativamente los alimentos a los usuarios. Este comité brinda servicios de desayuno para los niños y niñas cuyas edades fluctúan entre los 0 y los 7 años.

Las autoridades del comité de vaso de leche son: presidente, secretaria y tesorera. Entre las funciones de la presidenta se cuentan: el cuidado del producto, es decir, que las raciones tengan la cantidad y la calidad adecuada y la repartición de los mismos en el tiempo programado. Adicionalmente se encarga de hacer la selección de los beneficiarios del programa.

En torno al comité del vaso de leche se organizan campeonatos y actividades, en ocasiones es través de esta organización que se solicita apoyo de la municipalidad.

#### *Junta Vecinal*

Las juntas vecinales cumplen la función de vigilancia en las localidades. Las juntas vecinales tienen reuniones anuales para elegir a sus autoridades y la junta directiva se reúne cada mes o cada dos meses de acuerdo a la agenda que tengan pendiente.

El pago de la seguridad que contrata la junta vecinal en Tiabaya se sustenta a partir de la colaboración de las familias que se empadronan. Eventualmente, y a través de las autoridades de la junta, se solicita apoyo a la municipalidad o al estado. En tanto las juntas vecinales ven el tema de la seguridad ciudadana su trabajo está estrechamente vinculado con el que llevan a cabo las comisarías en la zona de estudio.

#### *Frente de Defensa y Desarrollo Distrito Uchumayo*

El Frente de Defensa surge a raíz de la presencia de Minera Cerro Verde y se instaura con miras a tener diálogo con la empresa. Se trata de una organización de tipo vecinal que data de abril del 2007. Al interior del Frente de Defensa hay representantes por cada sector quienes participan en la toma de decisiones acerca de obras y actividades. Estos representantes también participan en las reuniones del presupuesto participativo.

Entre las actividades que realiza el frente de defensa está el apoyo y la comunicación, además de las gestiones relativas a la organización de reuniones, capacitaciones y talleres informativos. Se tiene referencia de que se han llevado a cabo capacitaciones en diferentes temas a hombres y mujeres.

*Asociación de Comerciantes del Mercado Tiabaya*

La Asociación de Comerciantes del Mercado Tiabaya tiene como presidenta a la señora Nela Kary, las funciones que cumplen los dirigentes de esta asociación están relacionadas con el pago de servicios y la organización al interior del mercado.

*Organizaciones Religiosas*

La presencia de organizaciones religiosas en la zona redonda en la participación de ciertas iglesias en proyectos de las localidades. Adicionalmente imparten el catecismo a los niños y se encargan de los matrimonios.

Las organizaciones sociales existentes en cada uno de los distritos se indican en el Cuadro 3.50.

**Cuadro 3.50**  
**Organizaciones sociales según distrito en el AEG (año 2008)**

<b>Organización Social</b>	<b>Jacobo Hunter</b>	<b>Tiabaya</b>	<b>Uchumayo</b>	<b>Yarabamba</b>
Vaso de Leche		X	X	X
Asociación Agropecuaria				X
Comité de Regantes / Junta de Usuarios	X	X	X	X
Frente de Defensa y Desarrollo			X	
Junta Vecinal		X		X
Apafa	X	X	X	X
Organizaciones Religiosas	X	X		

Organizaciones Externas presentes en las Localidades

De acuerdo a la información recolectada durante el trabajo de campo se tiene que las organizaciones sociales externas con más presencia en las localidades son PRONAMACHS (Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos), Programa Juntos (Programa Nacional de Apoyo Directo a los Más Pobres); ONG “Yachay Wasi” y ONG “Solaris”

En el marco de las actividades productivas tenemos la presencia de organizaciones como PRONAMACHS que concentra su trabajo en temas vinculados a la conservación y manejo de suelos a través de la reforestación. En los rubros de salud, desarrollo y educación tenemos la presencia del Programa JUNTOS en el que se entrega un incentivo en dinero en efectivo y de uso libre a las familias más pobres con el compromiso de que cumplan con su participación en las áreas de Salud, Nutrición, Educación y Desarrollo de la Ciudadanía (Identidad).

La ONG “Solaris” tiene proyectos en diferentes zonas urbano marginales de 20 distritos de la provincia de Arequipa. Entre los tres programas en los que trabajan se encuentran: centros educativos eficientes, comunidades y familias saludables y escuelas de referencia. El programa de institución educativa eficiente apunta a mejorar la calidad del aprendizajes de niños y niñas, para ello se trabaja en gestión de la institución educativa y en la formación docente integrada. El trabajo en esta línea se ha llevado a cabo en nueve instituciones educativas.

El programa de comunidades y familias saludables está focalizados en la primera infancia, es decir madres gestantes y niños hasta los tres años de edad. El objetivo de este programa es generar prácticas de cuidados adecuados en la primera infancia, a través del manejo de comportamiento saludable y vigilancia comunitaria para el cuidado de la primera infancia. El programa de centros educativos de referencia tiene 2 modalidades, un proyecto que tiene que ver con escuelas concertadas y otro proyecto en Arequipa de propiedad de la ONG. Las escuelas son conservadas en convenio con el estado, la ONG “Solaris” se encarga de la infraestructura de la escuela, la selección y capacitación de los docentes y la propuesta pedagógica. El estado, por su parte se encarga de pagar a los docentes.

La ONG “Yachay Wasi” se creó como institución a principios de la década del 90. El trabajo de la institución está orientado al desarrollo humano a través del fortalecimiento de capacidades, principalmente en el tema educativo. Trabajan en el proyecto denominado “Escuela Viva” que involucra a 6 componentes, el primer componente está relacionado con

las ciencias en secundaria, el segundo componente es el ambiental, el tercer componente ve el tema de comprensión lectora y redacción de textos en primaria y en secundaria, el cuarto componente es el de estilos de vida saludables, salud reproductiva y prevención de VIH a nivel secundario, el quinto componente está enfocado a la educación inicial y el sexto componente es nutrición.

Como parte de la labor de “Yachay Wasi” en el tema de educación ambiental se está trabajando con el gobierno regional a fin de elaborar una propuesta regional que permita concretar las actividades contempladas en el plan regional de primera infancia hasta el 2011.

### ***3.6.6 Diagnóstico socioeconómico del área de estudio en detalle***

#### ***3.6.6.1 Diagnóstico económico***

##### ***Estructura productiva***

###### Agricultura

###### *Parcelas*

En el AED se ha registrado un total de 87 parcelas, de las cuales el 48,28% son de propiedad de las personas censadas. El resto de parcelas se encuentran en posesión, alquiladas o trabajadas al partir.

Del total de parcelas que se encuentran en posesión o son propiedad de los pobladores del AED tenemos que el 41,7% tiene título en Registros Públicos, mientras que el 15% tiene un certificado de Reforma Agraria. Solo el 5% tiene un documento del PETT y el 20% manifiesta no tener ningún documento que acredite la propiedad de la parcela.

La mayoría de la población en el AED manifiesta que las parcelas que poseen fueron heredadas (48,3%). El 35% de las parcelas fueron adquiridas por compra, el 13,3% adjudicadas y el restante 3,3% son parcelas prestadas.

El censo en el AED también indagó acerca de la percepción que los pobladores tenían acerca de la calidad de sus parcelas, los resultados indican que el 43,7% de las parcelas tienen regular calidad mientras que el 40,2% de parcelas sí tienen buena calidad. Solo el 3,5% de las parcelas presentan mala calidad. El porcentaje con parcelas de muy buena calidad es de 12,7% (Cuadro 3.51).



**Cuadro 3.51**  
**Percepción acerca de la calidad de las parcelas (año 2008) en el AED**

<b>Calidad de las parcelas</b>	<b>%</b>
Muy buena calidad	12,64
Buena calidad	40,23
Regular calidad	43,68
Mala calidad	3,45
Total	100,00

El total de parcelas son regadas con agua procedente de sistemas de riego, hecho que explica la importancia de las comisiones de regantes en el AED. El 88,5% de parcelas del AED son regadas con agua procedente del Río Chili, fuentes de agua como el Lago Tingo, Río Huasacache o Socabaya tienen poca representatividad a nivel del AED (Cuadro 3.52).

**Cuadro 3.52**  
**Procedencia del agua para el riego (año 2008) en el AED**

<b>Fuente de agua</b>	<b>%</b>
Río Chili	88,50%
Lago Tingo	2,30%
Socabaya	2,30%
Río Huasacache	1,10%
Fundo Sr. Pinto	1,10%
Otro	4,60%
Total	100,00%

Los responsables del manejo de las parcelas en Chusicani declaran que usan agua de canal para el riego de las parcelas (35,63%), mientras que el resto hace uso de tomas directas del río Chili.

La extensión promedio de las parcelas que se irrigan con el agua de los canales en el AED es de 3 162 m<sup>2</sup> siendo de 15 m<sup>2</sup> la parcela de menor tamaño y de 9 900 m<sup>2</sup> la de mayor tamaño. Según la opinión de los responsables del manejo de las parcelas el 65.5% de ellas cuenta con agua suficiente, mientras que el 22.3% de las parcelas cuentan con insuficiente cantidad de agua.

Según información recogida en el trabajo de campo se tiene que los propietarios o poseionarios del 54,84% de las parcelas que son regadas con canal disponen de este servicio todo el mes. El 29% de las parcelas son regadas cada 15 días mientras que el 16% son regadas una vez a la semana. (Cuadro 3.53).

**Cuadro 3.53**  
**Frecuencia con la que se dispone del canal (año 2008) en el AED**

<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Todo el mes	54,84
Cada 15 días	29,03
Una vez a la semana	16,13
Total	100,00

#### *Principales cultivos*

El principal cultivo en el AED es la cebolla, seguida en importancia por productos como el ajo, apio y maíz (Cuadro 3.54). El 29% del total de las hectáreas cultivables se destina a la producción de cebollas y el 14 por ciento al ajo. El promedio de la superficie por parcela es de 2 079,12 m<sup>2</sup>. Trece familias de las 29 familias agricultoras que existen en total en el AED cultivan cebollas. Nueve familias cultivan ajos.

**Cuadro 3.54**  
**Proporción del hectareaje total agrícola (2008) en el AED**

<b>Cultivo</b>	<b>%</b>
Cebolla	29,00%
Ajo	14,00%
Apio	13,10%
Maíz	12,10%
Poro	8,40%
Papa	4,70%
Arveja	2,80%
Culantro	2,80%
Espinaca	2,80%
Otro	10,30%
Total	100,00%

Los rendimientos de los principales cultivos son mostrados en el Cuadro 3.55. Se puede apreciar que el rendimiento de la cebolla durante la última campaña fue de 19 432 kilos por

hectárea, valor más bajo al registrado en Tiabaya (33 508 kilos por hectárea).

**Cuadro 3.55**  
**Rendimientos de los principales cultivos (año 2008) en el AED**

<b>Principales productos agrícolas</b>	<b>Rendimientos (kilos por hectárea)</b>
Cebolla	19 432
Ajo	7 755,5
Apio	4 000
Maíz	5 296,9
papa	28 699,2

#### *Comercialización*

De las 38 familias censadas se tiene que 34 de ellas (89,5%) comercializan, en ocasiones, sus productos agrícolas. El principal lugar de comercialización suele ser en la misma localidad y principalmente en la chacra, solo el 8,82% de las familias acuden a alguna feria o mercado local para realizar sus ventas. El 10% de familias manifestaron tener otro lugar, que suele ser la vivienda y en alguna ocasiones la capital provincial.

La relación con los compradores es de naturaleza ocasional en el 53% de los casos, mientras que el 41,2% de los vendedores mantienen una relación más frecuente con sus compradores. Solo el 2,94% manifestó que no mantienen nunca una relación estable con sus compradores.

#### Ganadería

Las familias ganaderas en el AED suman 20 en total. El ganado vacuno es el más importante para la crianza. Su uso está fundamentalmente vinculado con la producción lechera. Adicionalmente estos animales pueden ser comercializados como carne o pueden usarse para el desarrollo de actividades agrícolas. Por otro lado, el ganado ovino se destina principalmente al consumo del hogar o a la venta con miras a obtener dinero que permita el abastecimiento de artículos de panllevar, el ganado equino cobra significativa importancia como medio de transporte de productos y de personas.

La actividad ganadera en el AED se caracteriza por la crianza de ovinos, equinos y vacunos. La mayor parte del ganado existente es criollo, siendo pocos los animales que tienen algún grado de mejoramiento genético. Por lo general los productores no realizan actividades de manejo ganadero para la mejora de la calidad genética, la mayor parte de los ganaderos cruza a sus animales con cualquier tipo de macho. Esto puede deberse a la falta de

reproductores de calidad genética buena, o a la falta de capacitación en esos temas. Cabe señalar que los precios de venta del ganado mejorado, ovino o vacuno, superan entre el 40 al 90% al del ganado criollo.

La leche se vende a los acopiadores de la empresa Gloria, el sitio de reparto es la misma localidad. Todos los ganaderos venden leche aunque en diferentes proporciones. Una familia tiene en promedio entre 6 y 7 cabezas de ganado vacuno, aunque hay familias con muchas más cabezas de ganado. El precio por litro de leche es de S/.0,60, que normalmente se almacena y se vende en porongos que la empresa facilita a los proveedores. La producción promedio anual por hogar es de 14 950.7 litros. El rendimiento promedio anual medido en términos de litros por vaca es de 2 135.8 (Cuadro 3.56).

**Cuadro 3.56**  
**Producción anual de leche por hogar en litros (año 2008) en el AED**

	<b>Promedio</b>	<b>DE</b>
Total de la producción	14 950,7	25 322,7
Venta	14 456,4	25 329,9
Autoconsumo	491,4	349,3
Trueque		-,-
Otros fines	2,9	9,4

Vista como actividad cotidiana tenemos que la ganadería lechera implica el trabajo de los miembros del hogar, ya sea para el traslado como para el ordeño. Por lo general son las mujeres las que se encargan de ordeñar a las vacas y son los hombres los que llevan el porongo de leche a la carretera (“embarcadero”) para que el carro recolector la recoja. Un porongo tiene una capacidad promedio de 32 litros de leche, cuando la producción de un hogar no alcanza, se unen a otro hogar o familiares para completar el porongo.

La disponibilidad de sistemas de riego redundando en la productividad del ganado lechero, ya que gracias al riego es posible contar con pastos cultivados que sirven de alimento a los animales. En condiciones normales la producción decrece significativamente en la época seca, pero al contar con sistemas de riego este cambio ya no es tan significativo.

La principal característica de la ganadería es que se aprovecha de los pastos naturales, hay algunas familias que tratan de mejorar el ganado comprando animales de mejor calidad de otro sitio. La crianza de animales menores responde al interés de ahorrar, ya que estos animales, gallinas, cuyes, conejos, etc., pueden servir eventualmente como alimento en las familias del AED.

Con respecto al gasto en la actividad pecuaria se tiene que en promedio ésta es de 3 559 nuevos soles por hogar al año. La mayor parte de estos gastos corresponden a los alimentos para los animales y el pago a jornaleros y peones.

Por otro lado, la mayor parte de los agricultores del AED comercializa sus productos (ganaderos y agrícolas) en la chacra y mantiene una relación ocasional con los compradores (Cuadro 3.57).

**Cuadro 3.57**  
**Mercado agrícola (año 2008) en el AED**

		<b>UA = 31</b>	<b>%</b>
Tipo de mercado	Chacra (UN AGP)	17	54,8
	Feria o mercado local	3	9,7
	Mercado Mayorista	1	3,2
	Otro	10	32,3
Tipo de relación con los compradores	Siempre	12	38,7
	Ocasional	18	58,1
	Nunca	1	3,2

### ***Características del mercado laboral***

#### Principales indicadores laborales y evolución de los índices de empleo

La Población en Edad de Trabajar (PET) en el AED asciende a 150 personas, de las cuales el 46,7% son mujeres. La tasa de actividad alcanza el 61,3%. Diferenciando por género se observa que la tasa de actividad masculina es bastante mayor a la femenina (75% versus 45,7%), es decir, es aún mayor la participación masculina en el mercado laboral.

La tasa de inactividad, complemento a la tasa de actividad es del orden del 38,7%. El número de inactivos (o población económicamente no activa, PENA) es de 58 personas. De acuerdo a los resultados del Censo a Hogares en Chusicani, la razón más importante para permanecer inactivo son los quehaceres del hogar 44,8%, seguido por motivos de estudio 41,4% y por la percepción de rentas con 3,45%. De menor importancia resultó la jubilación.

La tasa de dependencia económica (PENA/PEA) es de 63,1%. Dicha tasa es la proporción de personas que no participan en el mercado laboral, con respecto a los que participan. De cada 100 que participan 63 están fuera del mercado laboral y representan por lo tanto “cierta carga económica” para los que laboran.

La tasa de desempleo es de 4,3 %, y diferenciando por género se tiene que esta tasa es menor para el caso de los hombres (1,6%) con respecto a las mujeres (9,3%). Estas tasas relativamente bajas se justifican por la reducida tasa de desempleo que se presenta en el área rural, debido a que en dicha área el mercado de trabajo es poco desarrollado, por lo que las personas no tienen la opción de búsqueda activa en la misma zona. Algunos optan por la migración temporal, mientras otros por elaborar productos no agrícolas. En general, las personas pasan de una situación de ocupados a una situación de inactivos, dependiendo, en gran medida, del ciclo agrícola (Tabla 3.98).

En realidad, el principal problema que afronta el mercado laboral del AED así como todo el país en general es el subempleo, que comprende al 68,48% de la Población Económicamente Activa (PEA). Los trabajadores subempleados presentan una inserción laboral difícil donde la mayoría (39,1%) de ellos trabajan más de 35 horas semanales pero tienen ingresos por debajo del valor referencial (alrededor de S/.562 nuevos soles para el caso de la región de Arequipa) y esto se debe a que laboran en puestos de baja productividad. El otro grupo de subempleados (29,4%) labora menos de 35 horas, pero desea y está en condiciones de trabajar más horas (Gráfico 3.92).

#### Empleo por sector de actividades

El sector económico que da más empleo a la economía de Chusicani es la agricultura con 51%. Los “servicios” es el segundo sector más dinámico que promueve la generación de empleo, trabajando en esta actividad el 20% de ocupados. El tercer sector generador de empleo es la ganadería con el 18% y el “comercio”, con el 5% del total de empleados. Las ocupaciones predominantes de la oferta de trabajo son los agricultores explotadores de cultivo/hortaliza, los ganaderos de ganado lechero, los ayudantes de agricultores y los profesores de enseñanza primaria.

La minería (aquí se incluye a la explotación de minas y canteras metálicas y no metálicas, petróleo y gas) solamente absorbe al 1 por ciento de la PEA evidenciando una limitada capacidad de éste sector para dar empleo en el AED.

#### Composición de la renta

En base a los resultados del censo, se construyeron indicadores que permiten medir los niveles de pobreza de acuerdo a los ingresos de las familias encuestadas. Los ingresos considerados son de varios tipos: por actividades dependientes tanto agropecuarias como no agropecuarias; ya sea por ocupación principal como secundaria. Se consideraron los ingresos en especies, en valores monetarios y los ingresos por autoconsumo de productos

agropecuarios y no agropecuarios. También se incluyen los ingresos extraordinarios, las remesas y otros ingresos no laborables. Para el cálculo del ingreso agropecuario independiente se consideraron todos los destinos de la producción, es decir venta, autoconsumo, etc., valorizados a precio de mercado. Lo mismo para los productos pecuarios. Una vez obtenidos los ingresos, éstos fueron mensualizados y deflactados a julio del 2008 y calculados a nivel familiar.

El ingreso promedio mensual en el AED por trabajador es de S/. 513,50 nuevos soles. Considerando el lugar de residencia, aquellos que viven en el área del censo (residentes) tienen un ingreso mensual promedio de S/. 355,59 nuevos soles y los que viven fuera (no residentes) tienen un ingreso de S/. 714,30 nuevos soles.

Para el cálculo de los niveles de pobreza (por el Método de la Línea de Pobreza) se utilizó el ingreso familiar de los hogares censados. Éste ingreso se dividió entre el número de miembros del hogar para obtener el ingreso familiar per cápita. Este ingreso familiar per cápita se contrastó con el valor monetario de una canasta de necesidades básicas elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI): alimentación, educación y vestido, entre otros, para determinar el nivel de pobreza. Dicha canasta, para Tiabaya (distrito que circunscribe el área del censo, es decir, la unidad agropecuaria de Chusicani), asciende a S/. 231,80 nuevos soles mensuales. Además, se contrastó con el valor monetario de canasta de alimentos, que para Tiabaya asciende a S/. 123,99 nuevos soles.

Si el ingreso familiar per cápita era menor al costo de la canasta de alimentos, entonces la familia se considera pobre extrema. Si es menor a la canasta básica y mayor a la canasta de alimentos, la familia se considera como pobre. Y si es mayor a la canasta básica es no pobre. El índice de pobreza para el AED se muestra en el Cuadro 3.58

**Cuadro 3.58**  
**Niveles de pobreza en el AED por el criterio del método de la línea de pobreza (%)**

<b>Lugar</b>	<b>No pobre</b>	<b>Pobre no extremo</b>	<b>Pobre extremo</b>
Chusicani	57,8	28,95	13,16

### 3.6.6.2 Dinámica poblacional

#### **Población total**

El área de estudio en detalle (AED) tiene una población total de 184 personas de las cuales el 53% (97) son hombres y el restante 47% (87) son mujeres. Esta población representa el 1,2% del total de población del Distrito de Tiabaya.

#### **Composición de la población por sexo y franja etaria**

La distribución de la población por grupo de edad se concentra en el grupo que comprende a aquellos que tienen entre 26 y 45 años, grupo que representa el 26,1% de la población total del AED. Sigue en importancia el grupo de edad que comprende a la población mayor de 46 años y menor de 66 (22,28%). La población menor de 14 años representa el 18,5% de la población total del AED mientras que la población mayor de 66 años representa el 13,6% (Cuadro 3.59).

**Cuadro 3.59**  
**Población total según sexo y grupos de edad (año 2008) en el AED**

Grupos de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
Menos de 14	17	17	34
De 14 a 25	22	14	36
De 26 a 45	24	24	48
De 46 a 66	20	21	41
De 66 a más	14	11	25
Total	97	87	184

Una revisión detallada de la distribución de población por edades quinquenales y sexo nos revela una estructura irregular en la que el grupo de edad de 20 a 24 años concentra la mayor cantidad de población (17 individuos). La cantidad de niños nacidos en los últimos 5 años es mayor a la observada en quinquenios previos. Estas diferencias pueden obedecer a un decrecimiento de los nacimientos en los últimos 15 años como resultado de programas de planificación familiar o esterilización, también pueden estar relacionadas con la emigración de familias hacia otras zonas fuera del AED (Tabla 3.99).

Es interesante notar que la distribución según sexo también resulta ser irregular y se caracteriza por la predominancia masculina en los niños menores de 5 años. Esta relación entre la población masculina y femenina también se observa en la población comprendida entre los 15 y 24 años.



## **Componentes demográficos**

### Fecundidad

La tasa de fecundidad general nos da cuenta de la fecundidad medida a partir del número de nacimientos ocurridos en un cierto periodo de tiempo y la cantidad de población femenina en edad fértil en el mismo periodo. El lapso en el cual se calcula esta tasa es de un año y se ve como el número de nacimientos por cada mil mujeres en edad fértil. En el AED la tasa de fecundidad general es de 23,25.

La tasa bruta de natalidad indica la cantidad de nacimientos por cada mil habitantes en un periodo de tiempo, generalmente un año, si esta cifra es menor a dos significa que hay disminución de la población. Para el caso de AED la tasa bruta de natalidad es de 5,4.

### Mortalidad

La tasa de mortalidad es un indicador demográfico que señala el número de defunciones de una población por cada mil habitantes durante un período de tiempo determinado, generalmente un año. Cuando esta cifra supera el 30 por mil se considera que hay una alta tasa de mortalidad, cuando el valor se encuentra entre 15 y 30 por mil se considera que es una tasa moderada. Una tasa de mortalidad baja es aquella que es menor a 15 por mil. Para el caso del AED la tasa de mortalidad, según el Censo de Hogares<sup>61</sup>, es de 5,43, cifra que muestra una relativa baja tasa de mortalidad.

### Migraciones

A fin de comprender los movimientos migratorios al interior del AED y de las familias que lo comprenden se recogió información acerca de la migración permanente y la migración estacional.

En lo que refiere a la migración permanente se observa que hay un total de 131 personas que no nacieron en el AED. Sin embargo es interesante notar que el 9% nació en el Distrito Tiabaya, lugar donde está ubicado el AED y el 59,54% nació en el Distrito Arequipa, ubicado a 15 minutos del AED. Como podemos observar las familias asentadas en el AED han nacido en la mayoría de casos en distritos que pertenecen a la región de Arequipa, principalmente en la provincia de Arequipa (Tabla 3.100). Este hecho revela un movimiento migratorio que tiende a desarrollarse de forma predominante al interior de la provincia.

Para los casos de inmigración al AED los principales motivos para establecer residencia ahí son el nacimiento de los hijos, los motivos familiares y los matrimonios o compromisos.

La residencia permanente del 72,28% de la población del AED hace 5 años fue el distrito de Tiabaya, este hecho revela que la mayoría de población ha seguido asentada en el AED o en sus alrededores, probablemente migrando de manera estacional. El restante 27,72% residía hace 5 años en otros distritos, muchos de ellos pertenecientes a la provincia de Arequipa.

La migración temporal o estacional posee la característica de llevarse a cabo por períodos cortos de tiempo y responden básicamente a motivos laborales y estudiantiles. En el AED el 10,9% del total de población residente en la zona estuvo fuera del AED en los últimos 12 meses. El grupo de edad que ha presentado mayor porcentaje de migración estacional es el comprendido entre los 14 y los 45 años, en este grupo se concentra el 65% de la población que estuvo fuera en el último año.

Del total de población que estuvo ausente en el último año en el AED, 20 individuos, el 75% fueron hombres. Este hecho se relaciona fundamentalmente con la migración a propósito de temas laborales (el 46,7% de los hombres migran por trabajo).

Por otro lado se observa que entre quienes estuvieron fuera en los últimos 12 meses el 30% fueron jefes de familia.

Entre los motivos que generaron la migración temporal el 40% de las personas que migraron lo hicieron por temas laborales. Sigue en importancia la migración relacionada con motivos familiares que representa el 25% de casos de migración. La migración por estudios o por temas de salud está presente en 4 de los casos.

La revisión de los motivos de migración temporal en el AED según grupo de edad revela que el grupo de edad comprendido entre los 26 y 45 años ha migrado principalmente por trabajo. En este grupo de edad también se encuentra como motivos de migración los temas familiares. En términos generales la migración por trabajo se da entre aquellas personas mayores de 14 años y menores de 66.

La encuesta también incluyó preguntas acerca de la población que tiene familiares cercanos que hayan residido o residan fuera del AED. Como se observa ante la pregunta: ¿Tiene usted familiares cercanos que hayan vivido antes en el lugar del censo y actualmente residan en otro lugar?, más de la mitad de los pobladores del AED (58%) contestó afirmativamente.

Si bien la emigración puede ser considerada un proceso normal y hasta natural en la mayoría de lugares del mundo, en el AED se presenta como un movimiento significativo dada la

escasa cantidad de gente que vive en Chusicani y quebrada Huayrondo (a la margen izquierda del río Chili). Se puede añadir que este proceso migratorio es relativamente reciente, ya que el promedio de años en que se fueron los familiares de los encuestados es 16,4 años.

Como se observa, existe un motivo fundamental por el que se refiere que los familiares han emigrado del AED: los matrimonios o compromisos de pareja (50,10%). Luego, se mencionan otras causas como: la búsqueda de trabajo (13,70%), la tenencia de parcelas en otras localidades (9,10%), la búsqueda de un lugar con más comodidades (9,10%) y otros (18%).

Sería imposible tratar de explicar todos los motivos que llevaron a cada persona a emigrar de la localidad de Chusicani, pero si se observa este factor conjuntamente con las otras causas de emigración, se podría pensar en que existe en la población una búsqueda de estabilidad y desarrollo personal y familiar, que no se podría llevar a cabo dentro del AED.

De acuerdo con los resultados de las encuestas con respecto a los motivos laborales para la migración temporal en el AED, se tiene que de las 8 personas que migraron por temas laborales, dos de ellas se desempeñan como conductores y el resto tiene ocupaciones vinculadas con la construcción, supervisión y servicios.

### **3.6.6.3 Organización territorial**

#### ***Características del territorio***

Como ya se dijo anteriormente, el AED está conformado por dos áreas, una de ellas es la unidad agropecuaria de Chusicani y la segunda es la zona de la quebrada Huayrondo (ambos en el distrito de Tiabaya). El censo de SCG registró un total de 38 hogares, conformados por 184 personas. Del total de hogares, 24 residen en forma permanente en el AED, dos de ellos en la zona de la quebrada Huayrondo y el resto reside en Chusicani. Los 14 hogares restantes no residen en el AED, pero son considerados en el estudio debido a que poseen tierras de cultivos en la zona.

Las viviendas en Chusicani se encuentran distribuidas en forma dispersa. La conformación del centro poblado de Chusicani se remonta a la época de la colonización. Los españoles que llegaron al Perú estaban interesados en la extracción de minerales y no tanto de la agricultura, por lo que las tierras aptas para esta actividad fueron vendidas a diversas personas e incluso del extranjero. Con la adquisición de estas tierras es que se invierte en los sistemas de irrigación en el país, incluyendo al valle de Tiabaya. Aún se puede ver los restos de las

casonas de aquella época, ubicadas a unos 5 km o 6 km del sector de Chusicani.

En el sector de Chusicani existían tres grandes propietarios (años de referencia 1600-1700), éstos contrataban personal para que trabajen las tierras de cultivo, las familias que actualmente existen en la zona son por lo general los descendientes de aquellos trabajadores. Los primeros pobladores se ubicaron en las riberas de los ríos, luego fue creciendo el poblado y se fue conformando lo que se conoce hoy como el distrito de Tiabaya.

Con la Reforma Agraria, implementada en el Gobierno de Juan Velasco Alvarado (1968-1975), varios de los trabajadores de ese tiempo continuaron trabajando las tierras. Con la nueva ley agraria éstos trabajadores fueron empadronados y se les adjudicó de acuerdo a las características de los terrenos una cantidad de tierras.

En los últimos años se puede observar un proceso de parcelación de las tierras en Chusicani producto de las herencias o de la compra venta de terrenos, antes las tierras eran grandes áreas que pertenecían a un solo propietario y en la actualidad se organizan en pequeñas parcelas que pueden ser “cuartillas” o medio topo, las parcelas más grandes tienen entre siete u ocho topos (aproximadamente 2 ha). Por lo que las tierras agrícolas en Chusicani corresponden a un sistema minifundista.

La principal actividad económica en Chusicani es la agricultura acompañada de la pecuaria, desde la época de la formación del pueblo. Sin embargo en esos tiempos no se sembraba cebolla como en la actualidad, los productos más comunes eran el trigo y forraje de alfalfa. Antes todas las casas tenían sus graneros, contaban con un espacio para trillar el trigo y se criaba burros pues en aquella época se trillaba con la ayuda de los animales, también servían como medio de transporte.

Antes de los años 70 las familias de Chusicani podían abastecerse de pescado, se realizaban la pesca tapando un cauce de un pequeño riachuelo y recogían los peces que quedaban. Luego ocurrió un incidente con una represa, en el que las aguas del río Chili comenzaron a ingresar a las zonas de manantiales y debido a la contaminación los pobladores se vieron obligados a solicitar el servicio de agua potable, ya que antes se abastecían de manantiales.

Aproximadamente a partir del año 1995 los pobladores tuvieron acceso al servicio de agua potable, la cual traían de la planta de tratamiento ubicada en Los Perales en el distrito de Tiabaya. Las tierras por lo general se trabajan durante todo el año, por lo que los terrenos no

tienen descanso entre las distintas cosechas. Para el riego de las parcelas algunos utilizan el canal de Molino Chusicani o el canal de Arancota, sin embargo para las parcelas que se encuentran próximas a las riberas del río se utiliza el agua de forma directa. El canal de Arancota es un canal regulado por la Junta de Regantes de Tiabaya, mientras que el canal de Molino Chusicani es de libre uso por lo que son los mismos usuarios quienes se organizan.

### ***Transporte y comunicaciones***

#### Sistema vial y transporte

Según la información proporcionada por los pobladores de Chusicani, para acceder al transporte público deben recorrer a pie una distancia aproximada de 1,5 km. Para transportarse al centro de la ciudad pueden tomar un vehículo de transporte público, mientras que si el traslado es hacia otros distritos deben tomar dos vehículos de acuerdo a lugar de destino.

La frecuencia con la que transcurren los vehículos de transporte público es cada 7 a 10 minutos. Movilizarse en este medio de transporte entre Chusicani y Arequipa cuesta alrededor de los 0,70 céntimos de nuevo sol y el trayecto tiene una duración de 30 minutos aproximadamente. La dificultad en Chusicani es que no existe una vía adecuada (trocha carrozable) para que el transporte público ingrese a la zona. A diferencia del servicio de taxi que es un medio de transporte que sí puede ingresar a la zona, el costo del servicio está entre 3 a 5 nuevos soles.

Según la información proporcionada por los pobladores de Chusicani una de las necesidades respecto de la infraestructura vial de la zona es la ampliación de la calle que accede a la zona conocida como Molino Chusicani. La ampliación de esta vía implicaría la apertura de posibles comercios en la zona y facilitaría a la población el acceso al transporte público. Asimismo, se considera necesario el asfaltado de las vías.

Sin embargo, el AED no solo lo conforma el sector de Chusicani pues también está considerada la zona de la quebrada Huayrondo en donde residen permanentemente dos familias, en esta zona la infraestructura vial es inexistente, para poder movilizarse las familias deben de recorrer a pie un trayecto de aproximadamente 30 minutos, generalmente hasta Tingo Grande en Jacobo Hunter, para acceder al transporte público que transita con una frecuencia de 30 minutos.

### Comunicaciones

Según el censo de hogares del AED, en la zona de Chusicani aún no se ha implementado la infraestructura de telefonía fija, de igual forma sucede en el sector de quebrada Huayrondo, por lo que los hogares hacen uso de la telefonía móvil. Al igual que el servicio de telefonía fija, los servicios de Internet y de televisión por cable son inexistentes en ambos sectores.

Por otro lado, que los hogares no residentes tienen mayor acceso a los servicios de telecomunicaciones, sin embargo se observa por los resultados que la cobertura de dichos servicios es deficiente. De las 14 familias no residentes del AED, 6 de ellas tienen conexión de teléfono fijo, sin embargo aún son pocos los hogares que acceden al servicio de cable e Internet.

### **Características de la vivienda**

El total de viviendas registradas en el AED según el censo aplicado por SCG corresponde a 22 (24 hogares), sin embargo también se recogió información de las 14 viviendas (14 hogares) para las personas no residentes en la zona.

La totalidad de los pobladores residentes en el AED habitan en casas independientes, respecto a los no residentes solo una familia reside en una vivienda en casa de vecindad y el resto en casas independientes (Cuadro 3.60).

**Cuadro 3.60**  
**Tipo de vivienda en el AED (año 2008)**

<b>Tipo de vivienda</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Casa independiente	22	13	35
Vivienda en casa de vecindad	-	1	1
Total	22	14	36

El tipo de tenencia de la vivienda de los pobladores del AED consiste por lo general en viviendas propias y totalmente pagadas, tanto entre los residentes como los no residentes, en total son 25 familias. Otras modalidades de tenencia de la vivienda son las cedidas por otro hogar, se encontraron seis casos entre los hogares residentes y dos casos en los no residentes. Finalmente, solo se encontraron dos casos de viviendas alquiladas entre los residentes del AED.

En el censo a hogares del AED se incluyeron preguntas acerca de los títulos de propiedad de las viviendas, de las familias que declararon tener una vivienda propia casi la totalidad cuenta con un documento que acredita la propiedad del terreno, solo se registró un caso de una familia que no cuenta con documentos, esta familia es residente en el AED.

Entre las 24 familias que cuentan con documentos de propiedad, la mayor parte (5 casos para los residentes y 8 casos de no residentes) tiene un título inscrito en los registros públicos. El resto de las familias residentes en el AED cuentan con diversos tipos de documentos. Otro documento de propiedad de la vivienda común entre los hogares censados fueron los otorgados por COFOPRI.

#### Materiales de construcción predominantes

Tal como se mencionó anteriormente, la pobreza puede manifestarse como una situación de subconsumo, desnutrición, bajo nivel educativo, insuficiencia de ingresos y también por inadecuadas condiciones habitacionales. De acuerdo con los resultados del censo de hogares realizado por SCG se analizarán las condiciones habitacionales de la población del AED, de este modo se conocerá acerca de las condiciones de vida de las familias tanto residentes como no residentes.

El estado de la infraestructura de las viviendas se podrá determinar de acuerdo a las principales características, tales como los materiales predominantes de las paredes, techos o pisos, así como también el acceso a los servicios básicos de agua, saneamiento, electricidad.

Según los resultados del censo a hogares, el material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas dentro del AED es el ladrillo o bloque de cemento, este mismo material está presente en la totalidad de viviendas de las familias no residentes. Son muy pocos los casos (7) en los cuales se utilizaron otros materiales en el AED, entre ellos se registraron el uso de: piedra o sillar, adobe o tapia, piedra con barro, madera, y calamina.

El material utilizado para el techo más común es el concreto armado, tanto en las viviendas localizadas dentro del AED como fuera, se registraron 28 casos. En el AED, el resto de las viviendas de las familias residentes utilizaron planchas de calamina o eternit, solamente se registró una vivienda con techo de caña o estera.

Los hogares censados por lo general habitan en viviendas con pisos de cemento, del total de viviendas se registraron 27 con dicho material, entre ellas 17 corresponden a los hogares residentes y 10 a los no residentes. Las cinco viviendas restantes de las familias residentes tienen pisos de tierra.

Los materiales predominantes en Chusicani siguen los patrones encontrados en el distrito de Tiabaya, por lo que no se encontraron diferencias significativas; asimismo las características de las viviendas son propias de los diversos centros poblados rurales del distrito.

### ***Agua y saneamiento***

El acceso a agua potable es muy importante para asegurar adecuadas condiciones de vida de las familias. En Chusicani las familias se organizaron para la implementación de la red pública en la zona, con la ayuda del Gobierno Regional el cual aportó los tubos y otros accesorios, los pobladores se encargaron de la construcción de la zanjas, lo que les tomó alrededor de un mes de trabajo, sin embargo las tuberías no logran cubrir toda el área de Chusicani.

En el caso de las familias ubicadas en la zona de quebrada Huayrondo, las carencias son mayores ya que en este sector los servicios básicos son inexistentes, tanto la red pública de agua y desagüe como el servicio de electricidad. Según el censo a hogares, los principales problemas señalados por estas familias son la falta de agua potable y energía eléctrica, entre otros.

Del total de hogares del AED, 24 de ellos declararon en el censo de SCG que las viviendas están conectadas a la red pública, y se registró tres casos de conexión al sistema pero fuera de la vivienda. Se observa que alrededor de un tercio de las familias residentes no tienen acceso al servicio de agua potable, mientras que la totalidad de las familias no residentes en el AED sí tienen acceso (Cuadro 3.61).



**Cuadro 3.61**  
**Abastecimiento de agua de las viviendas del AED (año 2008)**

<b>Abastecimiento de agua</b>	<b>Residentes</b>	<b>No residentes</b>	<b>Total</b>
Red pública dentro de la vivienda (potable)	12	12	24
Red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio (potable)	2	1	3
Río, manantial o similar	1	-	1
Entubado (no potable)	-	1	1
Entubado con tratamiento (potable)	1	-	1
Otro	6	-	6
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>36</b>

Es importante señalar que estos 12 hogares de Chusicani cuentan con el servicio de agua gracias a su propio esfuerzo, ya que en el distrito de Tiabaya el sistema de red pública es prácticamente inexistente en las zonas rurales, solo el 11% de las viviendas rurales del distrito tienen acceso al servicio de agua potable optando por el abastecimiento directo del río y/o acequia.

El acceso al agua para consumo humano también está determinado por la calidad del recurso y la capacidad para satisfacer los requerimientos de la población. Para la obtención de estos indicadores se preguntó en el censo a las familias del AED acerca de su percepción sobre la cantidad del recurso y la calidad del mismo.

Como se mencionó en el AED, tanto las familias residentes y no residentes, se registraron 27 hogares que tienen acceso al servicio de agua en la vivienda o fuera pero dentro del edificio, el resto de familias deben abastecerse de agua por otros medios. Resulta importante conocer cual es la distancia entre la vivienda y la fuente de agua, los resultados del censo indican que nueve del total de hogares, residentes y no residentes, debe recorrer una mayor distancia para acceder al servicio de agua. Alrededor de cinco hogares, todos residentes, están a menos de un kilómetro de distancia de la fuente de agua, tres hogares (dos residentes y uno no residente) están a una distancia de entre 1 km a 3 km y se registró un único caso de una familia que su vivienda está localizada a una distancia de mayor a 10 km de la fuente de agua.

Respecto a la cantidad de agua para consumo humano, los resultados del censo señalan que por lo general las familias perciben como suficiente la cantidad de agua para satisfacer sus requerimientos, tanto en época de lluvias como en época seca. En ambos periodos, se registró únicamente un caso en el que la familia percibe como insuficiente la cantidad de agua, para

consumo humano, a la que tiene acceso; ésta familia es residente en el AED (Cuadro 3.62).

**Cuadro 3.62**  
**Percepción sobre la cantidad de agua para consumo humano en el AED (año 2008)**

<b>¿Hay suficiente agua para consumo humano?</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Sí siempre	23	14	37
No	1	-	1
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

La calidad del agua de consumo humano es percibida de diversas maneras. Entre las familias residentes en el AED se tiene que 13 de ellos considera que el agua que consumen es de regular calidad y cinco perciben como mala la calidad del agua, mientras que solo seis familias declararon que el agua que consumen es de buena calidad. Por otro lado, del total de hogares del AED que no son residentes 10 consideran que la calidad del agua es entre regular y buena, únicamente se registraron cuatro casos en los que las familias declararon que el agua es de mala a muy mala calidad. De los 38 hogares, aproximadamente tres cuartos considera que el agua que consumen es de regular a mala calidad. Es importante resaltar que son las familias residentes en el AED quienes transmiten mayor preocupación en cuanto a la calidad del agua que consumen (Cuadro 3.63).

**Cuadro 3.63**  
**Percepción sobre la calidad de agua para consumo humano en el AED (año 2008)**

<b>¿Cree Ud. que el agua para consumo humano es de?:</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Buena calidad	6	5	11
Regular calidad	13	5	18
Mala calidad	5	3	8
Muy mala calidad	0	1	1
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

La principal preocupación acerca de la calidad del agua está vinculada a la contaminación de la misma, según las entrevistas realizadas a ciertos pobladores de la zona ésta se debería a las descargas que realizan los servicentros (ubicados en la Av. La Marina), los grifos por el lavado de carros, curtiembres, los desagües de la ciudad de Arequipa, insecticidas, productos químicos usados en la actividad agrícola, etc.

La percepción de contaminación del agua no solo está presente en la zona de Chusicani, también se percibe esta preocupación entre los hogares residentes de la quebrada Huayrondo, principalmente por el agua proveniente del canal de Huasacache.

El acceso al servicio de disposición de excretas es importante ya que de no realizarse adecuadamente podría ocasionar serios problemas de salud debido a las malas condiciones higiénicas en las viviendas. Según los resultados de censo a hogares del AED, del total 14 son los hogares que cuentan con acceso a la red pública de alcantarillado, de éste grupo de familias solo un hogar es residente en el AED. El resto de familias residentes eliminan las excretas en el río o acequia (9 casos), al pozo ciego o letrina (7 casos), y se registró a una familia que utiliza un pozo séptico. Los seis hogares residentes restantes declararon no contar con algún servicio de eliminación de excretas (Cuadro 3.64).

**Cuadro 3.64**  
**Acceso al servicio de alcantarillado en el AED (año 2008)**

<b>Servicio higiénico de la vivienda está conectado a</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Red pública dentro de la vivienda	1	12	13
Río, acequia o canal	9	-	9
Pozo ciego o negro, letrina	7	1	8
Pozo séptico	1	-	1
Red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio	-	1	1
No tiene	6	-	6
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

Una de las principales necesidades en Chusicani y quebrada Huayrondo es el sistema de alcantarillado, a diferencia de los hogares no residentes. Esta situación se ve reflejada en todas las zonas rurales en Tiabaya, a nivel distrital la falta de alcantarillado en zonas rurales es una problemática generalizada, según el censo de 2005 menos del 1% de las viviendas rurales del distrito cuenta con conexión a la red pública.

#### Colecta y disposición de residuos sólidos

El tratamiento de los residuos sólidos, al igual que la eliminación de excretas, es importante para mantener buenas condiciones de salud entre los pobladores, ya que la mala disposición de estos residuos puede atraer enfermedades e infecciones por los organismos nocivos que están presentes en ella.

Del total de hogares del AED, entre residentes y no residentes, 15 tiene acceso a un servicio de recojo de basura mediante un camión de basura, sin embargo de estas familias solo una de ellas es residente en el AED (Cuadro 3.65).

**Cuadro 3.65**  
**Disposición de residuos sólidos en el AED (año 2008)**

<b>¿Cómo elimina o se deshace de la basura?</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Quema	23	-	23
Camión de basura	1	14	15
Otro	2	-	2

El resto de las familias residentes, 23 hogares, queman la basura. Es importante señalar que esta práctica puede ser perjudicial para la salud de los pobladores debido a que la quema de basura a cielo abierto genera la emisión de contaminantes que se propagan en el aire pudiendo ser dañina para la salud humana, ya que afecta principalmente a las vías respiratorias.

Se identificó la ausencia de un sistema de eliminación de residuos en el AED, tanto en el sector de Chusicani como en la quebrada Huayrondo. Al no contar con este servicio por parte del Municipio y de no tener las facilidades de algún otro método más conveniente, las familias optan por quemar la basura atentando contra su propia salud.

### ***Energía eléctrica e iluminación pública***

Según la información proporcionada por los pobladores de Chusicani, el sector cuenta con el servicio de luz eléctrica desde 1982-1983 aproximadamente. La instalación del servicio se llevó a cabo gracias al esfuerzo de los mismos pobladores, contrataron a trabajadores de SEAL para que realicen el tendido de los cables y luego de tener la instalación pidieron a la empresa que se les considere en el proyecto de ampliación, ya que en aquella época las zonas rurales no estaban previstas para la implementación del servicio.

Fue la misma población que compró los insumos para la instalación de los postes y cables, según la información proporcionada aún existe parte de la antigua instalación ya que luego de unos años la empresa SEAL renovó la infraestructura del servicio eléctrico mejorando la calidad del servicio.

El servicio de iluminación en la zona del AED, luego de la instalación de la red pública, es por lo general mediante energía eléctrica, del total de residentes 21 familias respondieron, en el censo, que actualmente cuentan con electricidad al igual que la totalidad de las familias no residentes del AED (Cuadro 3.66). Entre los hogares de residentes tres usan la vela como forma de alumbrado, cabe resaltar que la instalación de la red pública se realizó en la zona de Chusicani mientras que el sector de la quebrada Huayrondo continúa carente de cualquier infraestructura de servicios, por lo que las familias residentes utilizan la vela para cubrir sus necesidades.

**Cuadro 3.66**  
**Tipo de alumbrado en el AED (año 2008)**

<b>Tipo de alumbrado *</b>	<b>Residente</b>	<b>No residente</b>	<b>Total</b>
Electricidad (red pública)	21	14	35
Vela	3	-	3
Otro	1	-	1

La cobertura en Chusicani es similar a las demás zonas rurales del distrito de Tiabaya, según el censo de 2005 las dos principales fuentes para el alumbrado de las viviendas es la electricidad y la vela. Del total de viviendas rurales del distrito el 70% tiene acceso al servicio de alumbrado.

#### **3.6.6.4 Condiciones de vida de la población**

##### **Salud**

A través del censo de hogares realizado en el AED, se recolectó información sobre diferentes temas de salud tales como discapacidad, salud materna, auto percepción de enfermedades y enfermedades crónicas en adultos mayores. Los resultados se reportan a nivel de residentes de la Unidad Agropecuaria Chusicani y de los que trabajando dentro del ámbito de la Unidad Agropecuaria no residen en ella (no residentes).

##### Discapacidad

Debe entenderse por discapacidad a un gran número de diferentes limitaciones funcionales que se registran en las personas de las poblaciones a nivel mundial. La discapacidad puede revestir la forma de una deficiencia física, intelectual o sensorial, una dolencia que requiera atención médica o una enfermedad mental, las que pueden ser de carácter permanente o transitorio.

Con respecto al total de la población censada (184), se declaró que 14 personas presentaban algún tipo de discapacidad de los cuales 9 eran residentes (Tabla 3.101).

De acuerdo a la importancia de la lesión o afectación se han registrado que de las 14 personas 5 se encuentran moderadamente limitadas en su actividad diaria (Tabla 3.101).

Las dificultades o limitaciones reportadas se han agrupado en dos grandes grupos. En el primer grupo encontramos las limitaciones de los órganos sensoriales que incluyen: limitaciones auditivas, visuales o de lenguaje. En el segundo grupo están incluidas las dificultades en el aparato locomotor: limitaciones en el uso de brazos y manos, piernas y pies o limitaciones para andar o uso escaleras. Se debe mencionar que una misma persona pudiera presentar limitaciones de ambos grupos simultáneamente.

En el AED se encuentran 11 personas que mencionan tener limitaciones de los órganos sensoriales, del mismo modo 6 personas reportaron presentar limitaciones del aparato locomotor (Tabla 3.101).

En la totalidad de los casos las personas refirieron que las limitaciones son de una antigüedad mayor a dos años.

Con respecto al origen de la limitación, se puede verificar que las limitaciones de los órganos sensoriales son causadas principalmente por la edad avanzada, mientras que las limitaciones del aparato locomotor se originaron por diferentes causas (Tabla 3.101).

### Salud materna

Del total de mujeres encontramos que 43 de ellas se hallan en edad reproductiva. De estas 22 han tenido en algún momento de su vida al menos un hijo nacido vivo. Siendo dos el número promedio de hijos nacidos vivos, tanto para las residentes como para las no residentes.

### *Control Prenatal*

En el AED, se encontraron 12 mujeres con hijos menores de 5 años. La descripción del control prenatal y el lugar del parto están referidos a estos casos.

El control prenatal es muy importante para la salud de la madre y del hijo. Durante el control, la mujer embarazada es examinada y se les toma varias pruebas para detectar algunos condicionantes que puedan poner en peligro su salud y el desarrollo normal del embarazo.

Durante estas visitas médicas también se brinda servicios de consejería acerca de cómo alimentarse durante ese periodo, los signos y síntomas de complicaciones durante el embarazo y el parto, como alimentar al recién nacido y sobre planificación familiar.

En los últimos cinco años la totalidad de mujeres gestantes tuvieron al menos un control prenatal. El MINSA tiene como expectativa 6 controles prenatales para una gestante. Dentro el AED se registra que 11 gestantes tuvieron 6 ó mas controles prenatales (Cuadro 3.67).

**Cuadro 3.67**  
**Características del control prenatal en el AED (año 2008)**

		<b>Total</b>
N° de Gestantes de los últimos 5 años		12
Numero de Controles	6 ó mas	11
Inicio de Control Prenatal	1er	11
Controles adecuados		11

Es importante que la primera visita de atención prenatal se haga tempranamente, para detectar situaciones que podrían llevar a mayor riesgo para el embarazo y el parto. Del total de gestantes de los últimos 5 años, 11 tuvieron su primer control prenatal antes de finalizar el primer trimestre de gestación (Cuadro 3.67)

Tener 6 ó más controles prenatales y que este se inicie en el transcurso del primer trimestre, garantiza una evolución adecuada de la gestación y el parto. Del total de gestantes del AED, 11 de ellas tuvieron controles adecuados (Cuadro 3.68).

**Cuadro 3.68**  
**Lugar del parto en el AED (año 2008)**

<b>Establecimiento de salud</b>	<b>Total</b>
Hospital MINSA	7
Clínica particular	4
Otros	1
Total	12

### *Lugar de Ocurrencia del Parto*

La ocurrencia del parto en un establecimiento de salud del subsector público o privado determina el acceso de la población a un servicio que pueda brindar atención de emergencia obstétrica. En el censo de hogares del AED se reportó que 11 de las 12 gestantes de los últimos cinco años recibieron atención del parto en hospitales del MINSA o en clínicas particulares.

### *Uso de métodos anticonceptivos*

Fue evaluado el uso actual de métodos anticonceptivos entre las mujeres de 15 a 49 años no gestantes, y entre los hombres 15 a 59 años. Este indicador utilizado para evaluar el éxito de los programas de planificación familiar está asociado a la disminución de la fecundidad.

En el AED, se registra que de las 98 personas evaluadas, 66 declararon no utilizar métodos anticonceptivos. De las 32 personas que declararon utilizar algún anticonceptivo encontramos que 12 utilizaban DIU y 11 utilizaban condones (preservativos). Cabe resaltar que el mayor número de usuarias de DIU son no residentes del AED, mientras que los usuarios de condón (preservativos) se concentran en los residentes.

### Morbilidad Autopercebida

En los tres meses previos al Censo de Hogares del AED, 80 personas evaluadas manifestaron haber presentado un síntoma, enfermedad o accidente (Tabla 3.102).

Las enfermedades más frecuentes fueron las asociadas con el aparato respiratorio. En esta categoría se reportaron 60 casos de los cuales 35 pertenecían al grupo de residentes. Se registraron 16 casos de personas con enfermedades no especificadas, tales como enfermedades asociadas a la visión, enfermedades crónicas degenerativas, entre otras (Tabla 3.102).

De las 80 personas que se reportaron enfermas en los tres meses previos a la encuesta, se encontraron a 64 de ellas que habían acudido por atención a la red de servicios de salud del MINSA, EsSalud o clínica (consultorio privado). El resto de personas que no buscó atención fue por diversas razones entre las cuales se puede mencionar las siguientes: no lo consideraron necesario o por la inaccesibilidad económica o geográfica (Tabla 3.102).

Al igual que en el AEG, las enfermedades respiratorias son las de mayor prevalencia dentro del ámbito del censo de hogares.



### Enfermedades crónico-degenerativas

Las enfermedades crónicas degenerativas más comunes son la diabetes mellitus, hipertensión, aterosclerosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y artritis reumatoide. Éstas provocan un desgaste acelerado del organismo del paciente, que se manifiesta con la disminución de sus capacidades físicas y mentales y síntomas de fatiga, afectando no solamente la calidad de vida sino que también disminuyen su capacidad de respuesta al tratamiento y pueden favorecer la incidencia de complicaciones.

En el AED se registraron 21 adultos mayores con enfermedades tales como reumatismo (7 casos), hipertensión (6 casos) diabetes (4 casos), entre otros.

El mayor número de casos de Reumatismo es reportado en el grupo de los residentes, lo cual induce a pensar que esta enfermedad podría estar asociada a la agricultura, la cual es la principal actividad económica del AED. Mientras que los no residentes presentan enfermedades que se sabe están asociadas a patrones alimentarios inadecuados tales como la hipertensión, colesterol, diabetes entre otras.

Este tipo de enfermedades requieren tratamiento sistemático y permanente, el cual es costoso debido al consumo permanente de medicamentos y la realización de pruebas de control, así como terapias. En el AED 16 de 19 personas declararon tener tratamiento para la enfermedad que padecen, Dentro de los no residentes, la totalidad de ellos se encontraban bajo tratamiento médico.

Los adultos mayores concurren preferentemente a los establecimientos de salud privado para recibir tratamiento a las enfermedades crónicas que padecen. En segundo orden se encuentran los establecimientos de EsSalud y de las FFAA y FFPP en forma conjunta y por último los establecimientos de salud del MINSA (Tabla 3.103).

### Inmunizaciones

Se indagó sobre la historia de vacunación para los niños menores de un año. Se preguntó por las vacunas que protegen contra las enfermedades que presentan mayor prevalencia en el país. La cobertura de vacunación es un indicador de acceso al sistema de salud. De acuerdo a la edad que indica el calendario de vacunaciones, 10 de los 17 niños menores de un año han recibido las vacunas.

La totalidad de los niños menores de un año ha recibido la vacuna antituberculosa (BCG), 14 de los 17 menores de un año recibieron en forma oportuna la dosis correspondiente de la

DPT. Del total de niños menores de un año 12 recibieron oportunamente la vacuna antipoliomielítica. Por último otras vacunas como antihepatitis B y la HIB son las que presentan menor número de niños que han recibido su correspondiente dosis de manera oportuna.

### Mortalidad

En los últimos 12 meses, se registró la muerte de una mujer de 64 años, este deceso fue ocasionado por un accidente.

### **Educación**

#### Nivel educativo

Las tablas presentadas a continuación han sido elaboradas tomando como referencia a las personas mayores de 14 años quienes representan el 81,5% de la población total del AED. En este grupo el 53,3% de la población es masculina, es decir 80 personas.

En lo que concierne al nivel educativo, se tiene que el nivel educativo actual tiene la característica de que la mayor proporción de población posee nivel de secundaria completa de educación (26,7%). Por otro lado es significativa la cantidad de personas con nivel superior universitario completo (23 de 150). Los valores más pequeños que se observan respecto al nivel educativo corresponden al rubro sin nivel, 2 casos que equivalen el 1,3% del total (150 personas), y el nivel de educación no universitaria incompleta, 5 casos que equivalen al 3,3% de la población mayor de 14 años.

En la Tabla 3.104 se puede observar que en el grupo de edad correspondiente a los mayores de 66 años predomina el nivel primario como máximo nivel educativo, mientras que entre la población cuyas edades fluctúan entre los 26 y 45 años los niveles con mayor concentración son la secundaria completa y el nivel de educación universitaria completa. Este hecho revela que el nivel de escolaridad se ha incrementado en los últimos años, de modo tal que la población más joven tiene niveles educativos superiores a los que en el pasado tuvieron las personas que en la actualidad tienen más de 60 años. Como ejemplo de esta situación se ha registrado que en el AED los dos individuos mayores de 60 censados no poseen ningún nivel educativo.

En ese sentido se tiene que el nivel educativo observado en el AED responde a factores como el acceso de los pobladores a centros educativos, la cercanía a centros urbanos y a la capital distrital y la disponibilidad de recursos que permiten la continuidad de los estudios. Es importante tener en cuenta que el tema de los recursos no solo hace alusión a la disposición de

dinero sino también a la existencia de redes sociales que permitan, por ejemplo, que los hijos migren fuera del AED para continuar con estudios que no es posible llevar a cabo en el lugar de residencia familiar.

Es interesante resaltar que la población mayor de 14 pero menor de 25 años posee como mínimo nivel secundario incompleto y la mayor cantidad de población de este grupo posee nivel secundario completo. Los datos previamente expuestos no solo dan cuenta del nivel de escolaridad cumplido en este rango de edad, sino también muestra el impacto que tiene la disponibilidad de centros educativos en los alrededores del AED que están cubriendo la demanda educativa en esta zona.

El promedio de años de educación en el AED es de 10,5 años, este valor es semejante entre hombres y mujeres aunque el valor de los hombres es un poco mayor, 10.7 frente a 10.4. Los valores observados en el AED respecto a la cantidad de años estudiados muestran que dichas cifras fluctúan entre los 16 años, como máximo, y 0 cifra que corresponde a aquellas personas que no tienen ningún nivel educativo. El hecho de que la población tenga en promedio 10 años de educación confirma que el nivel educativo promedio sea el nivel secundario y que el valor se incremente hasta 16 que hay quienes han continuado o continúan estudios superiores (Cuadro 3.69).

**Cuadro 3.69**  
**Años de educación de la población mayor o igual a 14 años de edad en el AED (año 2008)**

<b>Sexo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
Hombre	10,71	3,818	0	16
Mujer	10,38	4,486	0	16
Total	10,56	4,131	0	16

La tasa de conclusión de primaria refiere a la proporción de la población que culmina la educación primaria entre 12 y 14 años o 15 y 17 años de edad respecto a la población total con las edades correspondientes. El indicador se calcula a partir de la información sobre el último nivel educativo aprobado por la población de 12 a 14 y de 15 a 17 años de edad. Se considera entre los que han concluido el nivel a quienes reportan primaria completa o superior. En el AED la tasa de conclusión es de 100% tanto hombres y mujeres como para el caso del grupo de edad de 12 a 14 años y el de 15 a 17 años (Cuadro 3.70).

**Cuadro 3.70**  
**Tasa de conclusión de primaria en el AED (año 2008)**

Grupo de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
De 12 a 14	100	100	100
De 15 a 17	100	100	100
Total	100	100	100

Asimismo la tasa de conclusión de secundaria nos indica la proporción de la población entre los 17 y 19 años o entre los 20 y 21 años que culmina la educación primaria respecto a la población total con las edades correspondientes. Este indicador se calcula a partir de la información sobre el último nivel educativo aprobado por la población de 17 a 19 y de 20 a 21 años de edad. Se considera entre los que han concluido el nivel a quienes reportan secundaria completa o superior. En el caso del AED el grupo de edad de 17 a 19 registra una tasa de conclusión de secundaria de 81,8%. Este valor es de 71,4% para el grupo de edad de 20 a 21 años. Es interesante resaltar que para el caso de las mujeres de 20 a 21 años la tasa de culminación es del 100% (Cuadro 3.71).

**Cuadro 3.71**  
**Tasa de conclusión de secundaria en el AED (año 2008)**

Grupo de edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
De 17 a 19	85,7	75,0	81,8
De 20 a 21	50,0	100,0	71,4
Total	72,7	85,7	77,8

Los años promedio de escolaridad de la población adulta refieren al número promedio de grados o años aprobados en los niveles de primaria o secundaria por la población de 25 a 34 años de edad. El cálculo de este indicador se realiza sobre la base de los grados o años de estudio aprobados en los niveles de educación primaria y secundaria de la población en este grupo de edad. En el AED el promedio de años de escolaridad es 10,7, 11 para el caso masculino y 10,3 para el caso femenino. (Cuadro 3.72).

**Cuadro 3.72**  
**Años promedio de escolaridad de la población adulta**  
**(25 a 34 años) en el AED (año 2008)**

Grupo de edad	Sexo		Total	
	Hombre	Mujer		
De 25 a 34	11,0	10,3	10,7	Media
	0,000	1,500	0,905	Desviación estándar

Si bien la cantidad de años de escolaridad de la población masculina tiende a ser mayor que la femenina se observa que las mujeres que cuentan con estudios superiores han tenido mayor tasa de culminación de sus estudios que los hombres. En la Tabla 3.105 se muestra las especialidades que tienen aquellas personas que han cursado o están cursando estudios superiores en el AED, es decir 27 hombres y 26 mujeres. De las especialidades listadas líneas abajo destacan las carreras relacionadas con la ingeniería y las ciencias económicas y contables.

El recuento de las especialidades nos permite observar que las carreras de ingeniería y las carreras vinculadas con las ciencias económicas y contables son las más comunes en el AED. El rubro otros contempla especialidades como la cosmetología, el derecho, ciencias de la comunicación, guía turística, entre otras.

Para los fines de este estudio también se indagó acerca de los oficios que conoce la población y que fueron estudiados o aprendidos por la experiencia o por terceras personas. En la Tabla 3.106 podemos observar que los oficios aprendidos por las personas mayores de 12 años son principalmente aquellos vinculados con las labores agrícolas, los cuales representan el 62,5% de total (64 individuos).

#### Asistencia y alfabetización

En el AED, el porcentaje de alumnos en edad escolar, entiéndase niños y jóvenes entre los 6 y 11 años y entre los 12 y 16 años, que asisten a una institución educativa es significativamente alta y representa el 63,3% y el 100%. Esta cifra es un indicador de la cantidad de población en este rango de edad que está siendo atendida por las redes educativas en la zona, temas aparte son el nivel educativo que dichos estudiantes cursan y las características del centro educativo donde estudian.

La cantidad de alumnos matriculados en el último año fue de 30, el 47,6% del total de población escolar del AED. Fueron 33 los alumnos no matriculados y solo 9 quienes respondieron acerca los motivos por los cuales los alumnos no se matricularon. Entre los motivos expuestos destaca la enfermedad y que los niños no contaban con edad suficiente, solo en un caso se registró que no se llevó a cabo la matrícula porque la persona tenía que trabajar.

El 43,3% de los alumnos se desplazan hacia su centro de estudios mediante bus, pero predominan los casos de estudiantes que van al centro de estudios caminando (50%).

En el caso de la alfabetización se observa en el Cuadro 3.73 que la mayoría de población mayor de 14 años sabe leer y escribir, 145 personas de un total de 150, es decir el 96,7%. En el AED solo se registra un total de 5 analfabetos, 3,3% del total, estas personas manifiestan que no han asistido a ningún tipo de programa de alfabetización.

**Cuadro 3.73**  
**Población que sabe leer y escribir según sexo en el AED (año 2008)**

¿Sabe leer y (o) escribir?	Sexo				Total	
	Hombre		Mujer			
	N	%	N	%	N	%
Sí	78	97,5%	67	95,7%	145	96,7%
No	2	2,5%	3	4,3%	5	3,3%
Total	80	100%	70	100%	150	100%

#### Red de atención

Dada la cercanía del AED a los distritos de Tiabaya, Jacobo Hunter y Arequipa los pobladores del AED hacen uso de la infraestructura existente y disponible en estos distritos. La mayoría de población acude a las escuelas existentes en el Distrito Tiabaya y son pocos los que asisten a las escuelas o centros de estudio en Jacobo Hunter o Arequipa.

#### ***Organización Social e Institucional***

##### Organización Político-administrativa

El AED está ubicado al interior del Distrito de Tiabaya motivo por el cual las organizaciones más importantes en términos políticos y administrativos son las que están asentadas en la capital y centros poblados más importantes del distrito.

### Organizaciones locales

Dada la naturaleza del AED las organizaciones con más relevancia son la comisión de riego y el comité de vaso de leche.

### Participación en Organizaciones Locales

A fin de determinar el grado de pertenencia y participación en las organizaciones locales se recogió información relacionada a la existencia de dichas organizaciones en el AED y quienes pertenecían a ellas. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría, es decir el 59,09%, no pertenecen a ninguna organización. Entre quienes sí pertenecen a organizaciones locales destaca la pertenencia al comité de riego, al cual manifiestan pertenecer el 25% de las familias que respondieron a esta pregunta. Organizaciones como el club de madres, la APAFA, el vaso de leche, organizaciones religiosas, entre otros, no presentan valores altos de pertenencia.

A quienes manifestaron pertenecer a organizaciones locales se les preguntó acerca de la confianza que generan estas organizaciones. De dichos resultados se puede observar que si bien el comité de riego tiene alto nivel de pertenencia, las percepciones sobre la confianza tienden a ser negativas (más de 50% manifiesta no tener confianza). Solo en el caso de las organizaciones religiosas el total de miembros manifiesta confianza por dicha organización.

La eficiencia y la ineficiencia de las organizaciones va a estar medida en términos del cumplimiento de funciones y presencia en la comunidad, el incumplimiento será percibido como ineficiencia y un apoyo activo a la comunidad podrá ser percibido como eficiencia. La relación entre la eficiencia y la confianza que genera una organización es de naturaleza positiva, es decir, una organización eficiente tiende a generar confianza.

La percepción de confianza en las organizaciones está estrechamente vinculada con su eficiencia, de modo tal que la percepción de confianza hacia el Comité de Regantes es también la más alta entre las demás organizaciones mencionadas por los pobladores. Sin embargo, es mayor el número de integrantes del Comité de Riego (6) que declaró no tener confianza en dicha organización. Como fue citado líneas arriba la ineficiencia va a estar vinculada con el incumplimiento de las funciones, la no presencia en la comunidad o las carencias que presentan las organizaciones.

En lo que concierne a la participación en las organizaciones sociales también se recogió información sobre el rol que cumplen quienes forman parte de dichas organizaciones. Así se tiene que la mayoría de los que pertenecen a organizaciones locales son los jefes de hogar ya

que de las 18 familias que manifestaron participar de organizaciones locales, en el 88,9% de los casos son los jefes de hogar quienes participan.

Solo en el comité de riego se presenta el caso de una persona que desempeñó un cargo al interior de la organización. Entre quienes fueron interrogados acerca del desempeño de algún cargo en la organización a la que pertenecen, la mayoría contestó negativamente.

En el caso del Vaso de Leche, el 25% de los encuestados participa o tiene un familiar que es miembro de esta Organización Social de base (OSB). El caso del Comedor Popular o Club de Madres solo una persona (5% de los encuestados) participa en ese tipo de OSB.

Estos datos expresan la distancia geográfica entre Chusicani y Tiabaya, donde se localizan estas OSB, y la falta de integración de la población del AED al desarrollo social a través de dichas organizaciones. En las entrevistas realizadas en Chusicani, los pobladores de esta localidad señalaron que dicha distancia nace del desinterés de las propias autoridades municipales de Tiabaya, por lo que se sienten relegados en comparación con otras localidades del distrito.

### ***Redes sociales***

El análisis de redes sociales llevado a cabo para este estudio incluye preguntas referentes a la percepción que se tiene sobre las relaciones de las personas al interior del AED. Del total de familias censadas se tiene que el 42,1% percibe que los miembros de la localidad están desunidos, mientras que solo el 21,1% percibe lo contrario. El restante 36,8% percibe que los miembros de la localidad están poco unidos.

Teniendo en cuenta el sexo de la persona que contestó a la pregunta sobre la unión de los miembros de la localidad se observa que el 42,9% de los hombres y el 40% de las mujeres opinan que los miembros de la localidad están desunidos. El porcentaje de mujeres que opinan que los miembros de la localidad son unidos es mayor al porcentaje de hombres, 30% frente a 17,9%.

El grupo de edad de 46 a 66 años es al que pertenece la mayoría de quienes respondieron a las preguntas acerca de la unión de los miembros de la localidad. De este grupo, que representa el 39,5% del total, poco más de la mitad considera que hay desunión. Solo en el grupo de edad de 26 a 45 años es mayor la cantidad de encuestados que opinan que hay poca unión. Cabe resaltar que en el grupo de edad de 14 a 25 años nadie opina que los miembros de la localidad sean unidos.



Las principales razones por las que se percibe que hay poca unión guardan relación con la priorización de intereses propios, problemas con los linderos y la posesión de tierra, la “envidia”, la incapacidad de llegar a acuerdos y la dispersión como resultado del tipo de residencia (tienen casas en otros sitios) o la cantidad de población (pocos pobladores). Entre la población más joven, entre 18 y 25 años, la principal razón de la poca unión es la falta de acuerdo entre los miembros de la localidad; para el resto de población destaca el tema de búsqueda de beneficio personal como principal causa de la poca unión (Tabla 3.107).

Tal como se ha observado en las razones que se presentan para explicar la poca unión de los miembros de la localidad, destacan como motivos de desunión los conflictos relacionados con la priorización de intereses propios, la tierra, la falta de acuerdos y la envidia. Es interesante notar la importancia que cobra el tema de la tierra como factor de desunión al interior del AED y el hecho de que no haya acuerdos comunes y se perciba que la gente vela por sus propios intereses (Tabla 3.108).

Al consultar sobre la existencia de alguna persona que tenga condiciones de líder en el área de estudio fue amplia la cantidad de casos en los que no se tuvo respuesta, 60,5% del total. Entre quienes destacan como las personas con más liderazgo en el lugar del censo se tiene a 3 personas, 2 hombres y una mujer. La mujer, presidenta del comité de desagüe, es percibida como líder por cuatro hombres quienes tienen entre 26 a 65 años. Los hombres son vecinos del AED y fueron considerados líderes por personas mayores a 26 años.

Respecto a la existencia de problemas personales de quienes viven al interior del AED se tiene que la mayoría, es decir el 65,5%, manifiesta no haber tenido problemas. Entre quienes manifestaron haber tenido problemas el 76,9% son hombres, cifra que equivale al 35,7% del total de hombres que respondieron a esta pregunta.

### **3.6.6.5 Dimensiones de seguridad**

#### ***Seguridad social***

La dimensión de seguridad social se construye a partir del método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Este método toma en consideración un conjunto de indicadores relacionados con necesidades básicas estructurales (Vivienda, educación, salud, infraestructura pública, etc.) que se requiere para evaluar el bienestar individual. El método de las NBI analiza la evolución de la pobreza estructural, y no es sensible a los cambios de la coyuntura económica, permitiendo una visión específica de la situación de pobreza considerando los aspectos sociales.

Esta metodología, inicialmente fue impulsada por la CEPAL y se ha venido generalizando en los países de latinoamericana desde la década de los 70. Midiendo los NBI es que se han construido la mayor parte de los mapas de pobreza en nuestro país, a partir de definir como pobres a todos aquellos que tienen al menos una necesidad básica insatisfecha.

En el caso peruano el INEI utiliza cinco indicadores de NBI:

- hacinamiento (más de tres personas por habitación),
- acceso a desagüe,
- características inadecuadas de la vivienda,
- inasistencia escolar, y
- dependencia económica (cuando el ratio entre dependiente y ocupados es mayor de tres).

Según el INEI, este método es mucho más útil para orientar políticas sectoriales pues se identifica con mayor claridad que en otros métodos las carencias y debilidades en las condiciones de vida de la población.

#### Características de la vivienda

Tal como se analizó en el AEG, de acuerdo a las diversas características de las viviendas se puede determinar la calidad de las mismas. Según el enfoque de necesidades básicas se considera que las viviendas tienen características inadecuadas cuando tienen pisos de tierra y paredes de materiales distintos al ladrillo o adobe, ya que se considera que los materiales como quincha, estera y barro son inadecuados.

De acuerdo al censo de hogares, se observa en el Cuadro 3.74 que casi la totalidad los hogares en el AED no presentan condiciones inadecuadas de las viviendas, sin embargo se identificó un hogar entre los residentes del AED que registra esta NBI.

**Cuadro 3.74**  
**Hogares en viviendas con condiciones inadecuadas en el AED (año 2008)**

AED	Residente		No residente		Total	
	%	Nº hogares	%	Nº hogares	%	Nº hogares
Hogares en viviendas con condiciones inadecuadas	4,2	24	0	14	2,6	38

Hacinamiento

El hacinamiento es la segunda NBI, este cálculo proporciona una idea de la densidad de ocupación en los espacios de la vivienda, tal como señala el INEI. El nivel de hacinamiento de un hogar se obtiene tras relacionar el número de personas que residen en la vivienda con el número total de habitaciones de dicha vivienda (no incluye el baño, cocina o pasadizo). El hacinamiento se da cuando albergan más de 3,4 personas en una habitación.

Según los resultados del Censo a Hogares del AED la mayor proporción de hogares con condiciones de hacinamiento se encuentra entre los no residentes del AED, alcanzando un 21,4%. En el caso de los hogares residentes, son 4 los hogares con hacinamiento representando el 16,7% del total de hogares registrados (Cuadro 3.75).

**Cuadro 3.75**  
**Hogares con hacinamiento en el AED (año 2008)**

AED	Residentes		No residentes		Total	
	%	Nº hogares	%	Nº hogares	%	Nº hogares
Hogares con hacinamiento	16,7	24	21,4	14	18,4	38

El nivel de hacinamiento tanto en los hogares residentes como no residentes del AED es relativamente menor que el nivel registrado a nivel distrital, según los resultados censales del INEI del año 2005 Tiabaya tiene alrededor del 26,9% de sus hogares con hacinamiento, mientras que el AED registra un 18,4%. Es importante señalar, que las condiciones de hacinamiento son más frecuentes en las zonas urbanas.

Acceso a recursos básicos

Un tercer aspecto analizado en el enfoque de necesidades básicas es el acceso a los servicios básicos, en este caso el servicio de agua potable y de alcantarillado. Respecto a este indicador, basta con tener algún acceso inadecuado, ya sea en el servicio de agua o desagüe, para que esta vivienda no satisfaga esta NBI.

Con respecto al servicio de agua, se consideró inadecuado cuando el hogar no está conectado a red pública o no tiene pilón. De esa manera, entre los hogares con NBI se encuentran aquéllos que utilizan pozo o el río/ acequia, canal, o que no cuenta con servicio alguno.

Así como el servicio de agua potable, el no contar con servicios higiénicos en la vivienda es considerado como inadecuado, es decir si las familias utilizan un servicio distinto a la red pública (dentro o fuera de la vivienda) o distinto a pozo ciego o séptico.

Tal como se observa en el Cuadro 3.76 aproximadamente el 40% de los hogares del AED presentan esta NBI, es en los hogares residentes en donde se encuentra la mayor proporción de casos. Como se mencionó en el capítulo de organización territorial 6.3, en el AED existe una carencia del servicio de alcantarillado, y en la zona de quebrada Huayrondo los servicios básicos son casi inexistentes.

**Cuadro 3.76**  
**Hogares sin acceso a servicios de agua potable**  
**y alcantarillado en el AED (año 2008)**

AED	Residentes		No residentes		Total	
	%	Nº hogares	%	Nº hogares	%	Nº hogares
Hogares sin acceso al servicio de agua potable y desagüe	62,5	24	0	14	39,5	38

Inasistencia escolar

Este indicador refleja el nivel de inasistencia escolar, es decir que un hogar en donde un niño entre 6 y 12 años no asiste a la escuela presenta una necesidad básica insatisfecha. La inasistencia escolar es baja entre los hogares del AED, entre los hogares residentes solo se registró un caso de inasistencia escolar y entre los hogares no residentes se registró dos hogares con dicha NBI.

Alta dependencia económica

El indicador de alta dependencia económica se construye con el cálculo del ratio entre las personas ocupadas y las personas desocupadas en el hogar. Una situación inadecuada o de NBI se presenta cuando el jefe de hogar tiene primaria incompleta (dos años o menos) y el ratio entre desocupados y ocupados es mayor o igual a tres (es decir que por cada tres desocupados existen un ocupado). Son pocos los hogares que presentan una situación de dependencia económica, tanto entre los hogares residentes como no residentes, en el primer caso únicamente se identificó un hogar con esta NBI, mientras que en los hogares no residentes no se detectó la existencia de dependencia económica en el hogar.

### Resultados de Seguridad Social

Resumiendo los resultados, se tiene que en el AED 15 del total de hogares no presenta NBI alguna, por lo que se considera que estas familias son no pobres. Por otro lado, son 19 los hogares del AED que tienen una de las NBI, por lo que se les considera como hogares pobres, y son cuatro hogares los que tienen al menos dos NBI, a estos últimos se les considera como hogares pobres extremos.

Se observó que los hogares no residentes son los que presentan las mejores condiciones ya que registran menos casos de NBI. Contrariamente, 18 hogares residentes en el AED tienen una de las necesidades básicas insatisfechas, por tanto se les considera como hogares pobres.

### ***Seguridad alimentaria***

De acuerdo Decreto Supremo No. 118-2002-PCM, se debe entender por seguridad alimentaria al acceso material y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para todos los individuos, de manera que puedan ser utilizados adecuadamente para satisfacer sus necesidades nutricionales y llevar una vida sana, sin correr riesgos indebidos de perder dicho acceso. Esta definición incorpora los conceptos de disponibilidad, acceso, uso y estabilidad en el suministro de alimentos.

Uno de los principales desafíos en el país es lograr la seguridad alimentaria y nutricional de la población y mejorar el capital humano. La salud y la nutrición de la población cumplen un rol fundamental, aunque poco comprendido, como insumo en los procesos de desarrollo del país. Es urgente reconocer que, la pobreza (asociada a las enfermedades, a la desnutrición y a la inseguridad alimentaria), constituye una enorme pérdida económica para el país, la cual, de ser atendida puede proveer la base para mejorar el bienestar de los pobres y también el de los no pobres.

### Disponibilidad de alimentos

Los alimentos de mayor disponibilidad fueron: el arroz, el pan, los fideos, las carnes rojas y de aves, la leche, los huevos, el aceite, los tubérculos, las hortalizas, las frutas y el azúcar. Mientras que los de menor disponibilidad fueron: las galletas, los pescados y las bebidas alcohólicas.

### Déficit Calórico

Este indicador se construye a partir de la comparación de la disponibilidad de calorías que presentan los hogares a partir de la compra, autoconsumo o autosuministro de alimentos, con respecto a los requerimientos calóricos a nivel de los hogares, de individuos según edad, sexo, tipo de actividad y estado fisiológico.

De los 38 hogares del AED 15 padecen de deficiencia calórica, dentro de ambos grupos de estudio podemos observar que dentro de los residentes 7 de 24 hogares presentan deficiencia calórica, mientras que en el caso de los no residentes 8 de 14 hogares presentan la mencionada condición.

La composición de los hogares tales como el número de miembros, la estructura etaria y el número de perceptores influyen en el presente resultado. Así podemos observar que los hogares que presentan deficiencia calórica tienen un mayor número de miembros con respecto a los que no presentan la mencionada deficiencia. Así mismo la estructura etaria, expresada en promedio de años cumplidos, muestra que los hogares con deficiencia calórica, son más jóvenes con respecto a los que no presentan la deficiencia, Por último el número de perceptores no pareciera estar influenciando en este indicador debido a que ambos grupos tiene similar número de perceptores.

### **3.6.6 Percepciones**

En esta parte, se explorarán las percepciones de la población del AED con relación a algunos temas de la situación económica y social de su localidad: los principales problemas, la visión a futuro, los proyectos necesarios a implementarse, la contaminación y el Proyecto PAD 4B.

#### ***Principales problemas de la localidad***

Los pobladores del AED manifestaron, tanto en las encuestas como en las entrevistas realizadas, que hay una gran cantidad y variedad de problemas en su localidad. De acuerdo con los resultados, el servicio de agua y desagüe es percibido, en primera instancia, como el principal problema del AED, por encima de la contaminación del agua, el transporte público y las carreteras, la contaminación del río, entre otros.

A partir de la información recogida en las entrevistas, el problema del agua y desagüe se debe analizar como dos problemas distintos. Primero, el tema del desagüe se refiere a la ausencia de este servicio básico en el AED. Segundo, el tema del agua no alude a la escasez de este servicio sino a la mala calidad que se le atribuye al agua en general.

Es interesante notar en las primeras respuestas de los encuestados que la percepción acerca de la mala calidad del agua se constituye como el segundo problema principal de su localidad. Si se añade la contaminación del río y de otros elementos, se puede concluir que el tema de la contaminación se presenta como un problema muy delicado en el imaginario de la población del AED.

El transporte público y el estado de las carreteras también están presentes dentro de la gama de problemas identificados por los pobladores del AED, éstos aparecen como la segunda opción del 28,6% de los encuestados que contestaron más de un problema.

El acceso de los pobladores del AED al servicio de transporte público es muy complicado, ya que no tienen más alternativa que trasladarse (mayormente a pie) por un camino de trocha de aproximadamente un kilómetro y medio para llegar a la autopista. Este es un problema que los hace sentirse aislados, excluidos de los demás.

Por último, también aparecen los problemas con sus cultivos. De acuerdo a las entrevistas, se puede plantear que la población del AED siente una gran preocupación por este tema debido a la relevancia de la agricultura en la zona. Al ser la actividad predominante de la localidad, se vuelve un elemento fundamental tanto en la vida concreta como simbólica de los pobladores del AED. En pocas palabras, la población entiende que si la agricultura no avanza o se pierde, ellos seguirán el mismo camino.

### ***La situación de la localidad en el futuro***

En esta parte, se analizarán las percepciones de la población del AED sobre el futuro de su localidad. Se indagó su percepción general y por sectores (agricultura, ganadería, empleo, ingreso, educación y salud).

#### Percepción general

A grandes rasgos, la gran mayoría de los pobladores del AED no percibe cambios positivos a futuro. Por un lado, que el 29% de los encuestados piensa que todo seguirá igual en el futuro, y por otro lado, que el 44,7% de los encuestados cree que la localidad estará peor.

#### Percepción por sectores

La pregunta por la situación a futuro de la localidad se desagregó en seis sectores: agricultura, ganadería, empleo, ingreso, educación y salud.

### *Percepción de la agricultura*

La percepción sobre el futuro de la agricultura en el AED es preocupante, debido a que el 76,3% de los encuestados considera que el sector agrícola empeorará.

Líneas arriba se mencionó que el tema de la agricultura es vital para los pobladores del AED, ya que es la actividad primordial de la zona. Hay una clara percepción de pérdida comparada con años anteriores porque la producción de sus cultivos ha disminuido notablemente. En conclusión, consideran que la agricultura ya no es una actividad rentable.

### *Percepción de la ganadería*

La percepción sobre el futuro de la ganadería no presenta los valores observados para el caso de la agricultura, pero la tendencia es la misma. En este caso, el 50% de los encuestados cree que el sector ganadero empeorará.

La ganadería en el AED es una actividad que sirve para el autoconsumo y, en menor medida, para la comercialización de la leche. Aprovechan las bondades de sus tierras para la crianza de ganado, especialmente, vacuno.

### *Percepción del empleo*

La percepción a futuro del empleo tampoco es alentadora, ya que el 44,7% de los encuestados percibe que la situación del empleo no cambiará y el 34,2%, que empeorará un poco.

La población joven/adulta del AED (18 a 45 años de edad) no tiene ninguna expectativa de mejora con relación al tema laboral en la localidad. Esta ausencia es un dato muy llamativo debido a que justamente esta población es la que tiende a insertarse al mercado laboral de la zona.

### *Percepción del ingreso*

Al igual que los otros sectores, el panorama a futuro del ingreso es incierto y poco promisorio. Asimismo, el 47,4% de los encuestados piensa que el ingreso empeorará un poco en el futuro. Este tema está íntimamente vinculado a los bajos costos de los cultivos de la zona, hecho que influye directamente en esta percepción.

### *Percepción de la educación*

El panorama que tiene la población del AED sobre la educación es el mejor en comparación con los otros sectores, sin que esto signifique que existe una perspectiva positiva de este servicio. A pesar de que la mayoría de los encuestados (42,1%) no percibe cambios en el



futuro en este sector, las opiniones sobre la mejora o empeoramiento de la educación están divididas con un 23,7% y un 26,3%, respectivamente.

#### *Percepción de la salud*

Más del 42% de los encuestados manifiesta que el sector salud seguirá en el mismo estado. No obstante, el 34,2% percibe un empeoramiento de este servicio en el futuro y solo un 13,2%, una mejora.

De acuerdo la información recogida en las entrevistas, se puede notar en la localidad una percepción de que las cosas han cambiado para peor y que esta situación puede seguir prolongándose en el futuro. Esta percepción nace a partir de que la población del AED se siente menos protegida y sana que antes.

#### ***Proyectos considerados necesarios en la localidad***

Ante la pregunta: ¿qué obras y/o proyectos considera necesarios para implementarse en la localidad?, los encuestados mencionaron, en primer lugar, el agua y el desagüe. Esta respuesta nace a partir de la identificación del tema del agua y desagüe como el principal problema en el AED. Esta necesidad se presenta nítidamente en la población adulta de 46 a 65 años de edad del AED.

Por un lado, la tenencia del servicio del desagüe es una demanda pendiente de la población que vive en la zona. Por otro lado, la mala calidad del agua es una percepción de la población del AED que requiere una solución inmediata, no solo por el lado de la descontaminación sino también por el lado de las medidas de prevención.

Asimismo, se observa que las obras y/o proyectos vinculados al transporte público y las carreteras aparecen como la segunda respuesta mayoritaria de los encuestados que consideran que su localidad necesita más de una obra. Esta percepción también surge de la identificación del tema del transporte público y las carreteras como un problema de consideración en el AED.

En conclusión, existe una relación directa entre los principales problemas percibidos en el AED y las obras y/o proyectos que la población considera necesarios en su localidad.

### ***Percepción de contaminación en la localidad***

#### Percepción de contaminación en general

La percepción de una localidad contaminada es generalizada. El 92,1% de los encuestados considera que hay contaminación en el AED.

Es importante señalar que esta percepción no solo se presenta dentro del AED, sino que también se identifica en todas las localidades del AEG visitadas.

La gran mayoría de los encuestados consideran que existe contaminación en su localidad, piensan que el elemento contaminado es el agua, ya sea de los ríos, los manantiales, etc. La contaminación en elementos como el aire y la tierra también es percibida por el 63,15% y 36,84% del total de la población censada.

#### Percepción de contaminación del agua

En lo referente a la contaminación del agua, se pudo apreciar que el 40,6% de los 32 encuestados que percibe que el agua de su localidad está contaminada, considera que este problema nace a raíz de un tema de saneamiento público, como la basura que se genera en su localidad y los alrededores. Asimismo, el 21,9% de dichos encuestados cree que el agua de su localidad está contaminada debido a factores económicos, en este caso, por las actividades mineras e industriales.

Al hablar de la basura como el elemento contaminante del agua, se refieren a los restos de su propia localidad como los que vienen de otros lugares a través del río Chili.

#### Percepción de contaminación de la tierra

El 42,9% de los 14 encuestados que perciben que la tierra de su localidad está contaminada, considera que este problema nace a partir de las actividades mineras.

La actividad comprometida en esta percepción es la agricultura, ya que son los cultivos los que estarían sufriendo un daño -según los entrevistados- irreparable. En las entrevistas realizadas en el AED y en el AEG, también se rescataron otras percepciones sobre los contaminantes de la tierra, distintas a las recogidas en el censo de hogares del AED. Por ejemplo, se habló del agua, los insecticidas, etc.

#### Percepción de contaminación del aire

En lo referente a la contaminación del aire, el 91,7% de los 24 encuestados que perciben que el aire de su localidad está contaminado considera que las actividades mineras son las

causantes de este problema. Se aprecia que en el AED los pobladores perciben a la actividad minera como la principal causa de contaminación del aire, sin embargo de acuerdo a las características de la zona antes mencionadas, la generación de polvo es tanto de origen natural como antropogénico. Asimismo, los resultados del estudio de Línea de Base Ambiental señalaron que la influencia sobre la calidad del aire que tienen las actividades de operación de SMCV es únicamente en su entorno cercano.

De acuerdo a las entrevistas, se pudo conocer de cerca que la percepción del aire contaminado se refiere a una capa roja en el cielo, presente no solo en el AED sino también en el AEG. Además, el grueso de los entrevistados habla de una gran cantidad de polvo en sus viviendas, en sus cultivos, que llega desde las instalaciones de la mina a sus localidades.

### ***Proyecto Plataforma de Lixiviación (PAD 4B)***

El objetivo de esta sección es averiguar si la población del AED conoce acerca de las actividades de operación de SMCV, y qué aspectos positivos y negativos le encuentran al desarrollo de estas actividades.

#### Conocimiento del proyecto

Menos de la tercera parte de los encuestados conoce sobre el Proyecto PAD 4B.

#### Aspectos positivos del proyecto

Solo la mitad de los que conocen sobre el proyecto cree que éste traerá mejoras para la localidad.

#### Aspectos negativos del proyecto

Asimismo, se puede apreciar que si bien el 50% de los que conocen acerca del proyecto creen en que éste puede traer mejoras a su localidad, el 75% afirma que traerá aspectos negativos de algún tipo. En otras palabras, la percepción negativa es considerablemente más elevada que la positiva cuando se habla de alguna actividad de SMCV.

En el Cuadro 3.77 se puede observar que la percepción de la contaminación ocasionada por las actividades de la mina se enfoca más que todo en la contaminación del aire, quedando un tanto relegados los elementos del agua y la tierra.

**Cuadro 3.77**  
**Percepción de efectos negativos del proyecto en el AED (año 2008)**

<b>¿Cree Ud. que la presencia del Proyecto genera aspectos negativos de algún tipo en su localidad?</b>	<b>Total</b>
Contaminación de agua	3
Contaminación de tierra	1
Contaminación de aire	8
<b>Total</b>	<b>12</b>

Por último, hay un bajo conocimiento del proyecto y los que lo conocen consideran que habrá más aspectos negativos que positivos, sobre todo en relación con el tema del aire, elemento que el grueso de encuestados percibe contaminado por la actividad minera.

### **3.6.7 Síntesis social**

#### **3.6.7.1 Conclusiones**

- En el AEG se identificaron diferencias significativas entre los distritos que la conforman, principalmente el distrito de Yarabamba el cual presenta mayores necesidades respecto a los demás, los servicios básicos de agua y saneamiento son prácticamente inexistentes. En el caso de Jacobo Hunter, el distrito presenta mejores condiciones de habitabilidad, es decir que la cobertura de los servicios básicos es la más adecuada en relación a los demás distritos del AEG. En el distrito de Tiabaya la principal carencia se relaciona con el sistema de alcantarillado, se observa que la cobertura del servicio es deficiente.
- De acuerdo a los últimos censos de nuestro país, las condiciones de las viviendas y de servicios básicos ha mejorado en la totalidad del AEG, sin embargo se considera que éstas podrían mejorar principalmente con la implementación de infraestructura en servicios básicos e infraestructura vial, así como también se debe mejorar el servicio de transporte público el cual presenta limitación para satisfacer las necesidades de la población.
- Los determinantes de salud que presentan mayor déficit en el AEG son el abastecimiento de agua potable y el sistema de eliminación de excretas. La población de las áreas rurales del AEG son las que no disponen de estas instalaciones o servicios, lo que constituye un motivo importante por el cual estas poblaciones presentan una mayor probabilidad de adquirir enfermedades infecto contagiosas.

- Las tres principales enfermedades reportadas en los establecimientos de salud del AEG son: las enfermedades de las vías respiratorias superiores, las enfermedades las asociadas a la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de las maxilares, y por último las enfermedades infecciosas intestinales. La morbilidad en menores de 10 años es semejante a la morbilidad general, aunque en mayor proporción.
- Del total de los hogares evaluados en el AED (38), 15 presentan déficit calórico. Estos hogares se caracterizan por tener un mayor número de miembros, siendo en promedio de edad más jóvenes en relación al promedio de edad de los miembros de los hogares que satisfacen sus requerimientos calóricos.
- Una de las principales preocupaciones de las autoridades locales es la expansión urbana, ya que el proceso de crecimiento no se realiza en forma planificada. Los municipios no cuentan actualmente con un plan de ordenamiento territorial que ayude a dirigir de forma ordenada el crecimiento de la población, asegurando la cobertura de los servicios básicos. Es importante señalar que el mayor incremento de viviendas en los últimos años se dio en los distritos de Yarabamba y Uchumayo, por otro lado la menor densidad poblacional se registra en estos dos distritos, convirtiéndose en posibles áreas de expansión urbana.
- En el AED, las principales necesidades están relacionadas a la falta de acceso a un sistema de desagüe, que asegure una correcta eliminación de las excretas. Asimismo, se observa que la infraestructura vial y el acceso al sistema de transporte público son parte de las principales preocupaciones de los hogares residentes en el AED. De igual forma, las familias residentes no cuentan con servicio de telefonía fija, por lo que el acceso a los servicios de telecomunicación es limitado. La población ubicada en la zona de quebrada Huayrondo prácticamente no cuenta con servicio alguno como agua y desagüe, así como el servicio de alumbrado eléctrico, por lo que las familias no tienen las condiciones necesarias para asegurar un nivel de vida aceptable.
- En el AED el principal uso del suelo está relacionado a la actividad agrícola, acompañado de la ganadería aunque en menor intensidad. Los pobladores se encuentran preocupados debido al tema de la contaminación de las aguas del río Chili, de acuerdo con las percepciones recogidas en campo la principal razón de dicha contaminación se debe al constante vertimiento de los desagües de la ciudad de Arequipa, así como también los residuos de los grifos y curtiembres. Esta percepción de contaminación del agua también causa cierta preocupación en cuanto a la calidad del agua para consumo humano. Se considera como necesaria prestar mayor interés en el tema de la calidad del agua para responder cualquier reclamo y/o duda de los pobladores. Igualmente, es importante que la empresa prestadora del servicio de

agua potable difunda la información necesaria en cuanto a la calidad del agua brindada para apaciguar las preocupaciones de la población.

- Otra de las principales preocupaciones de la población del sector de Chusicani es la parcelación de las tierras, la compra-venta y las herencias están afectando el manejo de las propiedades, de esta manera existen mayores propietarios y menores extensiones de tierras agrícolas por propietario, lo que a su vez afecta el sistema de producción agrícola.
- Las características poblacionales del AEG corresponden a un grupo que está atravesando por una transición demográfica (expansiva - constrictiva), de modo tal que la tasa de nacimiento y la tasa de mortalidad descienden y la principal concentración de población se da en los rangos de edad correspondientes a los jóvenes y adultos. Son precisamente estos grupos etarios los que presentan mayores movimientos migratorios, influenciados principalmente por el tema laboral.
- La tendencia que se observa en el AEG es que la población masculina en edad de trabajar podría incrementarse con la existencia de oferta laboral vinculada con el proyecto, ya sea por el retorno de población que emigró o por la llegada de foráneos.
- La organización social en los distritos que conforman el AEG está referida a la interacción de autoridades locales y ediles que se relacionan por temas específicos principalmente vinculados con obras y proyectos. A nivel local las organizaciones en torno al agua, como la comisión de regantes y la junta de regantes, cobran protagonismo al controlar el recurso agua, percibido además como susceptible a la contaminación y eventualmente escaso.
- El mayor temor de la población del AED gira en torno a la contaminación del agua en la localidad. Se percibe claramente que el agua con la que cuentan para trabajar sus cultivos está contaminada a partir de los desechos, de varias localidades, que confluyen en el río Chili. La percepción de contaminación ocasionada por las actividades de la SMCV se refiere a la contaminación del aire. Los pobladores perciben que la gran cantidad de polvo perceptible tanto en el cielo como en los suelos es generada por la mina.
- La demanda del servicio de desagüe en el AED es una constante hace muchos años atrás. Ya cuentan con el servicio de agua potable y alumbrado público, por lo que la ausencia del desagüe es la principal demanda de la población actualmente.