

3. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD

3.1. MARCO GEOLOGICO: RASGOS GEOMORFOLOGICOS

La zona del proyecto está ubicada en la unidad morfoestructural Cordillera Oriental. Esta unidad en la zona del proyecto está manifestada por cuatro subunidades denominada de Oeste a Este, Pre-Cordillera de Carabaya, Depresión longitudinal de Crucero-Ananea-Cojata, Cadena de Nevados y Vertiente Amazónica (Laubacher, 1978).

?? Pre-Cordillera de Carabaya

Esta sub-unidad está al Suroeste del valle del río Grande y sus límites se extienden fuera de la zona de estudio. La Pre-Cordillera se orienta de SE-NO y se caracteriza porque las colinas tienen perfiles redondeados, cuyas crestas están entre 4,400 y 4,800 msnm., y algunos superan los 5,000 msnm. (Cerro Yanacaca llega a 5,143 msnm.) Esta cordillera está modelada sobre rocas del paleozoico y parcialmente sobre rocas cretáceas.

?? Depresión longitudinal del Crucero Ananea–Cojata

Esta sub-unidad coincide con la cuenca superior del valle del río Grande. Este relieve está orientado de sureste a noroeste y por su parte central discurre el río con un cauce muy amplio.

El valle tiene una superficie suavemente inclinada a prácticamente plana, pudiendo considerarse una llanura aluvial. Dentro de esta unidad los relieves planos son denominados pampas y entre las más importantes tenemos: Parinani, Baltimore, Limapampa, Chaipitianapampa, Islapampa y Pampablanca.

Otro relieve típico que está dentro de la depresión está conformado por las lagunas de origen glacial cuyos diques son morrenas frontales. Las principales lagunas son: Pacharia, Saracucho, Queo, Rinconada, Sillacunca y Pararani.

Esta depresión está ocupada por potentes depósitos glaciales y fluvioglaciales que yacen en forma de abanicos, procedentes de la precordillera de Carabaya y los nevados ubicados al Noreste.

?? Cadena de Nevados

Los principales nevados están concentrados al Noreste de la laguna la Rinconada y al Este de la zona de estudio. Estas geoformas se desarrollan entre 4,800 a 5,850 msnm.

La sub – unidad se caracteriza por su topografía abrupta y perfiles angulosos y la presencia de potentes glaciares. Los principales nevados son: Ñacaria (5,360 m), Vilacota (5,179 m), Ananea (5,600 m.), Ananea Grande (5,829 m), Ritipata (5,350 m), Chapi (5,400 m) y Callejón (5,350 m).

?? Vertiente Amazónica

Esta denominación le han asignado al flanco Este de la Cordillera Oriental. Se caracteriza por presentar una topografía abrupta con laderas escarpadas, valles angostos y de fuertes pendientes. Se desarrolla entre las cumbres de la cordillera que está a 5,800 m.s.n.m. y los 1,000 m.s.n.m.

Los ríos principales drenan por un lecho de fuerte pendiente formando en algunos sectores rápidos y pequeñas cascadas, lo que hace que el río tenga un flujo excesivamente torrencioso. Estas características de los ríos van desapareciendo según van acercándose hacia el río Inambari. Los ríos de la cuenca del río Inambari drenan de Suroeste a Noreste y el río Inambari va de Sureste a Noroeste, recogiendo todos los ríos que bajan de la Cadena de Nevados. Los ríos principales son: Huari Huari, Sandia, Patambuco y Limbani.

3.2. UNIDADES LITOLÓGICAS

En el área de estudio afloran rocas que en edad van desde el Paleozoico Inferior (Ordovícico) hasta el Cenozoico (Terciario Superior). Depósitos de origen glacial y aluvial de gran potencia están limitados a la depresión de Crucero-Ananea y de menor magnitud al fondo de los valles.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TIEMPO			UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		
ERA	SISTEMA	SERIE	NOMBRE	SIMBOLO	LITOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPOSITO	Q-a1	Grava y arena
			ALUVIAL	Q-fg	Grava y arena
			DEPOSITO FLUVIO-GLACIAL	Q-g	Grava, arena y finos
	TERCIARIO	PLIOCENO	DEPOSITO GLACIAL	Np-aj	Lutita y conglomerado
			FORMACIÓN PICOTANI	Np-pic	Tufos
PALEOZOICO	PERMICO	INFERIOR	GRUPO COPACABANA	Pi-c	Cliza y arenisca
	CARBONIFERO	PENSILVANIANO	GRUPO TARMA	Cs-t	Arenisca cuarzoza
		MISISSIPIANO	GRUPO AMBO	Ci-a	Conglomerado, arenisca y lutita
	SILURICO DEVONICO		FORMACION ANANEA	SD-a	Pizarra negra
	ORDOVICICO	SUPERIOR	FORMACIÓN SANDIA	Os-s	Cuarcita con pizarra
		INFERIOR	FORMACIÓN SAN JOSE	Oj-sj	Lutita pizarrosa

?? Formación San José

La litología consiste de lutitas negras intercaladas con capas de areniscas claras y delgadas. Esta unidad está infrayaciendo a la formación Sandia y le han asignado una edad Ordovícico Medio.

?? Formación Sandia

La litología consiste de limolitas pizarrosas de color gris oscuro intercaladas con capas de areniscas de grano fino y color gris clara. Estas rocas son las portadoras de los yacimientos de oro, por lo que se considera como una formación con valor económico.

?? Formación Ananea

Litológicamente consiste de pizarras color gris oscuro, en paquetes de 20 hasta 80 cm. El mayor afloramiento está en la zona de Rinconada.

3.3 UNIDADES LITOLÓGICAS DEL PALEOZOICO SUPERIOR

Las rocas del paleozoico superior que afloran en la zona son partes de las unidades litoestratigráficas denominadas grupo Ambo, Tarma y Copacabana. Alberga escasos depósitos minerales.

El grupo Ambo está constituido por varios niveles litológicos. De la base al techo la secuencia consta de conglomerados con areniscas de grano medio a fino, lutitas negras a violáceas y finalmente areniscas grises de grano medio.

El grupo Tarma está formado por limolitas, areniscas finas y lutitas de color verde, en la parte inferior; y areniscas cuarzosas de grano fino a medio, en la parte superior.

El grupo Copacabana, de la base al techo, consiste de calizas negras finas, calizas masivas con algunas capas de lutitas marrones, areniscas masivas y calizas bioclásticas.

?? **Formación Picotani**

La litología de esta unidad consiste de tufos blanco, masivo y homogéneo y de estructura columnar. La edad asignada es Plioceno y es posterior a la depresión Crucero-Ananea.

?? **Formación Arco Aja**

Esta unidad está compuesta por estratos de arcilla y grava en la parte inferior y estratos de grava con arena en la parte superior. Los elementos gruesos son cuarcitas y pizarras. La formación ha sido ubicada en el Plioceno. Aflora formando las pampas de Baltimore y Parirani, y alrededor de la laguna Sillacunca y las pampas de Urubambilla y Pampa Blanca

3.4 DEPOSITOS GLACIALES, FLUVIO GLACIALES Y ALUVIALES

Los depósitos glaciales son portadores del oro y constituyen los yacimientos auríferos, que están en la cuenca superior del río Grande. Ocupan los flancos y fondo de la depresión Crucero-Ananea, como morrenas laterales y frontales, drumlis y llanuras.

Los depósitos fluvio glaciales consisten de cantos y gravas redondeados con matriz arena - limosa.

Los depósitos aluviales ocupan el cause y márgenes del río y están formados por cantos, grava y arena.

3.5 ROCAS INTRUSIVAS

?? **Stock de Utccuccacca**

Es un intrusivo en forma de stock que aflora al norte de la mina Rinconada y en la naciente del río Sandía. Es de granito blanco, de grano grueso y masivo.

Los minerales que lo forman son cuarzo, feldespatos, muscovita, biotita, etc. La edad asignada a este stock es Silúrico –Devónico.

?? **Batolito de Limbani**

Este cuerpo intrusivo es adamelita formada por cuarzo, ortosa, plagioclasa, biotita, etc. La edad del batolito es inferida como Pérmico Superior. Aflora aguas arriba del distrito de Limbani.

?? **Hidrogeología**

Los factores que controlan las condiciones hidrogeológicas de un medio geológico son: las unidades de roca y suelo donde se acumula el agua y el recurso hídrico que lo recarga.

?? **Acuíferos**

El acuífero es el medio donde se almacena el agua subterránea. En forma general se puede diferenciar dos acuíferos, relacionados con el basamento rocoso y los depósitos de superficie.

?? **Basamento rocoso**

El basamento rocoso formado por pizarras y cuarcitas es prácticamente impermeable por porosidad intersticial, por lo tanto su condiciones hidrogeológicas para almacenar aguas son malas. Esta roca ha sufrido un intenso tectonismo, por lo tanto es de esperar zonas locales muy fracturadas donde podría almacenarse el agua y a su vez circular; es decir es posible la presencia de acuíferos locales, muy en especial en la corteza superficial de meteorización.

?? **Depresión Ananea**

La depresión Crucero-Ananea, rellena por sedimentos cuaternarios, puede constituir un buen acuífero. Esta depresión, aguas abajo del desvío a Sandia, ha sido rellena por los tufos Picotani; dividiéndola en dos sub-depresiones locales. La sub-depresión superior que está en el área de estudio, para fines de evaluación hidrogeológica, se le está identificando como sub-depresión Ananea. Esta Paleoforma está colmatada con sedimentos de la formación Arco Aja y depósitos glaciales, fluvio-glaciales y aluviales.

?? **Recarga**

Los factores para la recarga de un acuífero son: precipitaciones pluviales, escorrentía superficial, morfología del terreno, presencia de vegetaciones, porosidad y permeabilidad del terreno, etc.

El aporte hídrico es básico para la recarga del acuífero. En el área del Estudio, el recurso hídrico está presente en forma de precipitaciones, glaciales, lagunas y escorrentías; por lo tanto existe suficiente aporte hídrico para saturar los depósitos. La precipitación promedio anual es 700 mm/año. El relieve suave y uniforme y de poca inclinación es favorable a la infiltración. Se desconoce el coeficiente de permeabilidad que, por su granulometría puede ser considerada como media a baja, aun cuando puede haber lentes de suelos de alta permeabilidad.

3.6 PELIGROS GEOLÓGICOS

?? **Peligro sísmico: fuentes sismogénicas**

La actividad sísmica está relacionada con los principales accidentes tectónicos activos que en el estudio de peligro sísmico son considerados como fuentes sismogénicas.

Según la actividad sísmica, la costa del Perú ha sido dividida en tres zonas (Dorbath y otros, 1990). La zona Norte está al Norte de la latitud 10°S; la zona central, entre las latitudes 10° S y 15.5°S y la zona Sur, desde la latitud 15.5°S hasta la frontera con Chile. El proyecto está dentro de la influencia de la zona Sur.

La actividad sísmica de la zona Sur está considerada como simple, sin embargo, se tiene registrado el sismo más grande de Perú con Mw de 8.8 (1868). En esta zona se tiene registrado cuatro grandes sismos, con período de retorno de 80 a 100 años, de los cuales el sismo del año 1868 es el último; por lo que, los estudios de sismicidad de la zona indican que es altamente probable que en el futuro cercano ocurra un gran evento sísmico.

?? **Peligros asociados con fenómenos geodinámicos externos**

La depresión Ananea está en la región geográfica Puna caracterizada por su morfología suave. No evidencia fenómenos geodinámicos recientes ni activos.

El flanco este de la Cordillera Oriental presenta laderas escarpadas y valles encañonados. En esta zona han tenido lugar deslizamientos y desprendimientos de rocas y erosión por la construcción de carreteras.

3.7. GEOLOGÍA ECONÓMICA

El área de estudio está dentro del área metalogénica aurífera XII Ananea-Sandia. En esta área según el criterio genético existen yacimientos primarios (Endógenos) de tipo veta y mantos, y yacimientos secundarios (Exógenos) denominados placeres. Los yacimientos en mantos son Gavilán de Oro, Untuca, Anamaria y La Riconada; y yacimientos en vetas son: Quince Mil, Manco Cápac, Benditani y Santo Domingo. Los yacimientos en placer son: San Antonio de Poto y Antocala.

Los principales yacimientos están concentrados en la cabecera del río Grande (Ananea) y en el Cerro San Francisco, más conocido como Rinconada. Para fines de este estudio, según los tamaños y tipos de depósitos e intensidad de la actividad minera; los yacimientos han sido agrupados en cuatro zonas; la zona de Rinconada, la zona Ananea (San Antonio de Poto), la zona Ancocala – Laca y a zona del flanco Este de la Cordillera Oriental.

?? Mantos y vetas auríferas

Zona Rinconada

En esta zona los yacimientos son tipo manto y su área de influencia está entre las coordenadas 69°20' a 69°30' O y 14°34' a 14°38' S. Las minas que están en explotación o abandonadas dentro de este yacimiento son: Lunar de oro, Ana María, La Rinconada y Untuca. Estos depósitos auríferos están ubicados encima de la cota 5,000 msnm y en ambos flancos del nevado Ananea que drenan hacia las cuencas de Atlántico y Titicaca. El yacimiento es de tipo manto, cuyo mineral principal es el cuarzo ahumado.

Los mantos de cuarzo son paralelos a los estratos, buzan con 10 a 25°, sus potencias van de 2 a 40 cm., y su extensión es de varios cientos de metros. En el lado Sur del yacimiento, sector de Rinconada, existen tres frentes de explotación denominado Rinconada, Riticucho y Lunar de Oro, en los dos primeros han identificado hasta 30 mantos, mientras que en el tercero sólo han identificado 5 mantos.

Flanco este de la Cordillera Oriental

En la vertiente amazónica de la Cordillera Oriental existen numerosas minas pequeñas de oro y otro tipo de metales.

Depósitos fluvioglaciares auríferos (placeres auríferos)

Los depósitos placer están ubicados en la cabecera del río Azángaro (Cuenca del Titicaca) y en el río Inambari y sus afluentes (Cuencas del río Madre de Dios). Los yacimientos auríferos están asociados a los depósitos detríticos del Cuaternario.

Zona de depresión Crucero – Ananea

- Yacimiento de Ancocala – Laca

Estos yacimientos se encuentran en el flanco derecho del valle del río Grande, a 17 km aguas abajo del Distrito de Ananea y en los alrededores del pueblo de Ancocala y cerro Laca. Los depósitos están en la cresta de la divisoria de aguas de la cuenca del río Azángaro y río Madre de Dios. Los sitios de explotación están dentro de las coordenadas siguientes: 69°31' al 69°37' Oeste y 14°32' al 14°34' Sur.

Los depósitos que albergan el oro son de origen glacial y fluvioglacial, cuya litología consta de fragmentos de roca de hasta 30 cm, de diámetro aglutinado en matriz arenosa con finos. La ley

del yacimiento es de 0.20 gr Au/m³. El yacimiento es explotado por los comuneros de la comunidad de Ancocala.

- Yacimiento San Antonio de Poto (Ananea)

En la cabecera del río Grande, tanto en el flanco derecho como en el fondo, existen depósitos glaciales y fluvio-glaciales auríferos. Este yacimiento está en los alrededores del Distrito de Ananea y las minas están concentrados en las coordenadas siguientes: 69°26' al 69°33'' Oeste y 14°39' al 14°42' Sur.

El material detrítico cuaternario que es portador del oro es de origen glacial y fluvio-glacial. Estos depósitos están constituidos por fragmentos de roca con matriz areno-limosa, dispuestos en estructuras lenticulares. La ley del yacimiento es de 0.2 a 0.3 gr Au/m³.

- Vertiente del río Inambari

En el río Inambari existen en explotación numerosos placeres de oro, que están en los depósitos aluviales ubicados en las terrazas y en las desembocaduras de los afluentes.

3.8. REVISION DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

?? Informes del monitoreo de la calidad del agua

Se ha efectuado investigaciones de calidad del agua en las cuencas del proyecto, con ocasión de estudios de inventarios de recursos naturales, estudios de impacto ambiental, evaluaciones ambientales preliminares y/o programas de adecuación y manejo ambiental. Se ha logrado revisar y extraer información de los siguientes estudios:

“ Monitoreo de la calidad del agua del río Carabaya”, efectuado por el Instituto de Minería y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería en 1996. Los resultados confirman la contaminación con metales pesados en las aguas del río Carabaya (afluente del río Ramis en Punto), debido a la pequeña y mediana minería instalada en la cuenca.

EVAP y EIA de la Cía Minera Santa Cecilia (Rinconada), ubicada en las nacientes del río Carabaya donde se encuentra instalada la pequeña minería del oro, con gran incidencia de informales. Los resultados confirman la contaminación por mercurio que se viene produciendo durante el proceso de producción de oro por los mineros informales.