

Las unidades mencionadas pasan a integrar así la Red Internacional de Reservas de la Biosfera, en representación de la “Provincia Biogeográfica de la Puna”.

5.2 Caracterización del Medio Físico

5.2.1 Clima y Meteorología

De acuerdo con la clasificación de Köeppen, el clima del área de interés queda caracterizado con el denominado “clima de tundra por efecto de altura con precipitación estival”, el cual se presenta en la zona cordillerana desde el extremo norte del país hasta aproximadamente la altura de Antofagasta. Como referencia general se puede considerar los registros meteorológicos de la estación de Putre, donde se puede señalar que la temperatura mínima mensual absoluta oscila entre los 3 °C y los 0 °C, alcanzando los valores más bajos entre los meses de Junio a Septiembre. La temperatura mínima mensual media oscila entre los 1 °C y los 5 °C. La temperatura máxima mensual absoluta oscila entre los 18 °C y los 20 °C, alcanzando los valores más altos en los meses de diciembre y enero. La temperatura máxima mensual media oscila entre los 15 °C y los 18 °C.

Tomando como referencia los valores medios mensuales, el registro de temperaturas muestra una amplitud del orden de 15 °. En general, existen marcadas diferencias de temperatura entre el día y la noche.

Las precipitaciones en la estación de Putre son del orden de 200 mm/año y se concentran entre los meses de diciembre a marzo con un marcado aumento en enero. Entre enero y marzo se presenta cerca del 70 % de la precipitación anual, fenómeno mal llamado “invierno altiplánico”, lo que genera en el área aluviones o avenidas de agua.

En resumen, se puede señalar que el clima del área de Chantacollo está caracterizado por temperaturas medias bastante bajas (entre 0 y 10 °C aproximadamente), y precipitaciones medias entre 200 y 250 mm/año, concentradas en los meses estivales.

5.2.2 Geomorfología y Geología

En términos geológicos generales, el altiplano es una extensa unidad morfoestructural que ocupa el noreste de Chile, sureste de Perú, noroeste de Argentina y mitad occidental de Bolivia, conformando una gran cuenca de 200.000 Km² a una altura de 4.100 a 4.600 m s.n.m. Se encuentra flanqueado por dos cordilleras, denominadas Cordillera Oriental y Cordillera Occidental, en Bolivia correspondiendo esta última a la Cordillera de Los Andes de Chile. El volcanismo en el borde occidental ha sido muy intenso, presentando manifestaciones actuales como fumarolas, géiseres y vertientes termales.

En el Norte de Chile, I Región, las unidades geomorfológicas más relevantes corresponden, desde el Poniente hacia el Oriente, a la Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia, Precordillera o Cordillera Occidental, Altiplano y Cordillera de los Andes.

El perfil topográfico de mar a cordillera nos deja la Cordillera de la Costa con elevaciones del orden de los 1.000 m.s.n.m, la Depresión Intermedia como una planicie subiendo hacia el Este donde alcanza elevaciones del orden de los 2.000 metros, la Precordillera o Cordillera Occidental, que sube desde la Depresión Intermedia hasta la zona altiplánica, el Altiplano, amplia zona con elevaciones promedios superiores a los 4.000 metros, y la Cordillera de los Andes, asociada al volcanismo actual con elevaciones que superan los 6.000 metros. Hacia el oriente de la cordillera de los Andes, República de Bolivia, continúa el dominio de la zona altiplánica.

El proyecto Chantacollo se sitúa en la zona geomorfológica correspondiente al cordón occidental de los Andes, y que bordea el altiplano boliviano en un Plano Inclinado Volcánico que va desde los 6.000 a los 3.000 m s.n.m. Las principales unidades geomorfológicas encontradas en el área del proyecto corresponden a llanuras fluvio-lacustres, depresiones (salares y otras depresiones) y terrazas fluvio-lacustres en el área sudeste de la propiedad minera; colinas que sobresalen no más de 200 metros sobre el relieve adyacente en la zona centro este; superficies mesetiformes hacia el este del proyecto y fuera de la propiedad; y la Cordillera Occidental con una orientación NW-SE. El Cerro Punilla es el rasgo sobresaliente del vértice sudoeste. Hacia el oeste, emerge el Cerro Villasamani y al noreste, el Pujullani.

En el área del proyecto se presentan afloramientos extensos de rocas volcánicas y sedimentarias continentales, los cuales constituyen la llamada Formación Lupica. Esta formación se encuentra, localmente, deformada y alterada, por lo que la determinación de su edad ha sido difícil y motivo de discusión.

La unidad fue inicialmente asignada al Cretácico Superior-Terciario Inferior. Sin embargo, estudios recientes, apoyados con dataciones radiométricas en niveles de rocas frescas, indican que la formación se depositó en el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior. La Formación Lupica está instruida por rocas plutónicas e hipabisales que producen localmente alteración hidrotermal y mineralización, y que también están localmente alteradas.

Los yacimientos metalíferos existentes en el Altiplano del norte de Chile, forman parte de una provincia metalogénica polimetálica que se extiende, además, hacia el sur de Perú y oeste de Bolivia. En la zona de Arica, el depósito más relevante es Choquelimpie, un epitermal de Ag-Au, de alta sulfidación, del Mioceno Superior.

La Formación Lupica fue definida informalmente por Montecinos en la localidad de Lupica. Entre los poblados de Putre, Belén, Lupica y Tignamar,

esta formación aflora de manera continua y está moderada a fuertemente fallada. Sobreyace en discordancia angular al Complejo Metamórfico de Belén del Precámbrico-Paleozoico y a remanentes de rocas sedimentarias continentales del Mioceno-Holoceno. En el sector de Belén – Lupica, las rocas de esta formación se disponen inclinadas al sur y al oeste, con un espesor de 1.700 a 2.200 metros.

La parte inferior-media de la Formación Lupica está instruida por cuerpos de rocas plutónicas e hipabisales, de extensión restringida (hasta 15 Km² de exposición) y formas irregulares, los cuales provocan diversos grados de alteración hidrotermal (argilización, silicificación y propilitización) y mineralización. Las rocas intrusivas son de colores grises, verdes y rosadas. Presentan una composición intermedia (diorita a monzonita) y texturas fanerítica, de grano medio a fino, y porfídica, con masa fundamental fanerítica fina, en parte aplítica. Algunas de estas rocas habían sido incluidas anteriormente en la “Diorita de Chapiquiña”.

Al sudeste de Putre, aflora una monzodiorita cuarcífera, localmente porfídica, de orto y clinopiroxeno y anfíbola.

Al oeste de Murmuntani, se expone un cuerpo de monzonita a monzodioritas cuarcíferas, de dos piroxenos y anfíbola, y subordinadamente pórfidos andesíticos finos, en parte cataclásticos y alterados. Una monzonita-monzodiorita arrojó una edad U-Pb en circón de $16 \pm 0,6$ Ma. Al este de Murmuntani, otro cuerpo intrusivo está formado principalmente por monzodioritas cuarcíferas, de hornblenda, orto y clinopiroxeno y, subordinadamente, biotita. En este sector también se ha descrito un pórfido dacítico probablemente subordinado, el cual ha sido datado en $12,5 \pm 0,6$ Ma.

Al este de Chapiquiña, afloran dioritas, en parte porfídicas, de orto y clinopiroxeno y anfíbola, y subordinadamente se observa un pórfido andesítico fino muy alterado. Al este de Tignamar, aflora una diorita porfídica con

fenocristales de plagioclasa y orto y clinopiroxeno. Las dataciones radiométrica, cercanas a 16 y 12 Ma (Mioceno Medio), obtenidas en dos cuerpos intrusivos, son consideradas como edades de cristalización representativas del resto de las rocas que instruyen a la Formación Lupica.

5.2.3 Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, el área de Chantacollo se ubica en la zona árida de Chile, caracterizada por ser una zona de cuencas endorreicas. Las cuencas endorreicas tienen por base de equilibrio depresiones sin salida, muchas veces ocupadas por extensos salares. La Figura N°5 muestra las cuencas hidrográficas del norte de Chile.

De manera específica, la zona de interés pertenece a las denominadas cuencas endorreicas de la alta puna, las que se pueden dividir en aquellas que se desarrollan en dos o más países vecinos (transfronterizas), y aquellas que se desarrollan íntegramente en territorio chileno. Entre las de carácter transfronterizo tenemos las cuencas de los ríos Lauca, Caquena, Isluga y Cariquima, los cuales vierten sus aguas hacia Bolivia para evaporarse en el Salar de Coipasa. En general, en el altiplano las condiciones climáticas imperantes y las características del suelo determinan una precaria disponibilidad hídrica en el área estudiada. También destacan otros cuerpos de agua, como el lago Chungará, las lagunas Parinacota, Cotacotani y Blanca, y los salares de Surire, Huasco y Coposa.

En la Depresión Intermedia, la meseta de Tarapacá está surcada por el río Lluta y los cursos de las quebradas de Azapa, Vitor y Camarones, que ocasionalmente llegan al Pacífico.

El área de proyecto comprende en su extremo noroeste una quebrada que vierte hacia la cuenca del Río Lluta, y en el extremo sureste se encuentra el Arroyo Vizcachani que vierte sus aguas a la cuenca del río Azapa.

El Arroyo Vizcachani tiene dirección N-S, y posee un régimen permanente de bajo caudal. A su vez, existen dos arroyos sin nombre de curso temporario que se encuentran al oeste. Todos estos arroyos vierten al Río Vizcachani que converge a la Quebrada de Azapa.

El río Lauca nace en las Ciénagas de Parinacota, en una extensa depresión de aproximadamente 30 Km² de superficie, sobre la cual el agua escurre con muy escasa pendiente, produciendo meandros y ensanchamientos lagunares para posteriormente abrirse paso a través de un verdadero cañón. Durante sus 60 Km de recorrido, el Lauca recibe aportes tanto superficiales como subterráneos. En el primer tramo reconocido, los recursos subterráneos son importantes, ya que no se identifican escurrimientos superficiales. Los afloramientos subterráneos del acuífero han quedado de manifiesto mediante aforos diferenciales en el río en las inmediaciones del sector de los pozos ubicados entre el Km 4 al 12 (origen Km = 0 en Bocatoma Canal Lauca) donde se han medido caudales en río Lauca frente a Chucullo (Km 2) de 10 a 70 L/s para posteriormente ir en aumento aguas abajo. Por ejemplo, río Lauca en Misitune (Km 17) presenta caudales entre 270 a 370 L/s. En el km 47 aproximadamente, aparecen dos de los más importantes aportes superficiales del río Lauca, el río Chusavida y el río Guallatire, los cuales aportan caudales entre 200 L/s y 300 L/s cada uno respectivamente, por lo que el río Lauca en dicho sector presenta caudales entre 500 y 900 L/s. Al llegar a la frontera, el río Lauca alcanza un caudal medio de 1.000 L/s en condiciones normales, mientras que durante las crecidas (invierno altiplánico) puede presentar puntas de alrededor de 3.000 L/s.

Aguas arriba de las Ciénagas se ubican las lagunas de Cotacotani, que cubren una superficie media de 6 Km² y, producto del campo de lavas que la laguna ocupa, característico de Cotacotani, es la cantidad de islas e islotes que se

reconocen allí. La comunicación entre las lagunas de Cotacotani y las Ciénagas de Parinacota, se efectúa a través del río Desaguadero.

Aguas arriba de las lagunas de Cotacotani se ubica el lago Chungará (4.520 m. s.n.m), el cual se formó por un represamiento originado por efusiones de coladas de lavas recientes provenientes del Volcán Parinacota. Este tipo de represamiento permite el escurrimiento subterráneo del agua.

El lago Chungará no tiene un desagüe superficial, y sus descargas ocurren principalmente por las filtraciones subterráneas antes mencionadas y por la fuerte evaporación. Los afluentes más importantes del Lago Chungará corresponden al río Chungará o Quebrada Plazuela, y la Quebrada Caillacota, que drenan la cuenca de los nevados de Quimsachata y el Volcán Guallatire.

5.2.4 Hidrogeología

Los estudios del sistema hidrogeológico altiplánico en el área del proyecto han abordado las relaciones del sistema hídrico del río Lauca. Las conclusiones principales establecen que:

Existe un acuífero de una superficie aproximada de 480 Km² que ocupa desde el cerro Vilacollo por el norte, hasta la quebrada Chuba por el sur, con límites este y oeste dados por la cota 4.400 m s.n.m.

La potencia estimada del acuífero es de 500 metros, de acuerdo con campaña de sondajes eléctricos, con 120 metros reconocidos con sondajes mecánicos.

El sentido de escurrimiento del acuífero presenta dos direcciones: hacia el sur, en concordancia con el escurrimiento superficial del río Lauca, y hacia arriba, es decir surgente.

El escurrimiento hacia el sur se produce por la capa acuífera principal que se encuentra bajo los 50 metros de profundidad, y se extiende más allá de los 150 metros, donde el acuífero se comporta en forma semi confinada y va desde lugares de mayor presión a menor presión.

El escurrimiento hacia arriba se produce a través de los primeros metros de profundidad del acuífero, en que el agua subterránea que se encuentra a presión tiende a irse hacia la superficie. Una manifestación de ello es la presencia de pozos surgentes, los cuales durante su construcción fueron aumentando de nivel a medida que se perforaba.

El acuífero mencionado tiene relación con algunos cursos superficiales que existen en el área, en particular con el río Lauca.

Los afloramientos subterráneos del acuífero han quedado de manifiesto mediante aforos diferenciales en el río en las inmediaciones del sector de los pozos ubicados entre el Km 4 al 12 (origen Km = 0 en Bocatoma Canal Lauca) donde se han medido caudales en el río Lauca frente a Chucullo (Km 2) de 10 a 70 L/s para posteriormente ir en aumento aguas abajo. Por ejemplo, el río Lauca en Misitune (Km 17) presenta caudales entre 270 a 370 L/s.

5.2.5 Calidad del Agua

En general, las aguas del altiplano y precordillera en el norte de Chile presentan un amplio rango en su composición química, que van desde la propia afusión de nieves hasta salmueras. Predomina en estas composiciones un carácter salino que limita su uso, a lo que se agrega la presencia de elementos contaminantes como arsénico en agua potable y boro en agua de riego con concentraciones sobre las normas internacionales.

Los principales procesos que tienden a salinizar el agua son la evaporación, producto de un clima muy árido que conduce el depósito de sales (salaes); el volcanismo Plioceno-Cuaternario a través de la interacción agua - roca volcánica; y en menos grado la mezcla con fluidos magmáticos. La meteorización de rocas como fuente principal de sólidos se realiza primero por alteración meteórica y luego por alteración hidrotermal a altas y bajas temperaturas.

A modo de ejemplo, en la Tabla N° 5.1 se muestra antecedentes disponibles de tres cuencas representativas del altiplano.

TABLA N° 5.1
ANTECEDENTES DE CALIDADES DE AGUAS

PARÁMETROS (MG/L)	CUENCA		
	SURIRE	ISLUGA	COLLACAGUA
pH	7,60	8,0	8,0
Cond. Esp. (μ mho/cm)	563,00	1.185	520
CO ₃	0,00	0,00	0,00
HCO ₃	182,10	182,50	244,00
Cl	47,60	93,10	28,40
SO ₄	65,00	367,40	86,40
Ca	39,30	70,10	42,00
Mg	26,70	64,00	23,00
K	11,70	18,60	7,80
Na	34,30	90,90	59,80
B	1,40	2,00	---
As	0,07	0,05	---

Fuente: Dirección General de Aguas. MOPTT

5.2.5.1 Caracterización de las Aguas en Sector Chantacollo

Para determinar la calidad de las aguas en el área de influencia del proyecto, se sometieron a análisis tres muestras de cursos superficiales que drenan desde el sector donde se concentrarían las actividades de prospección.

Las muestras se analizaron por los parámetros de la Norma NCh. 1.333, Of. 78, "Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos", en particular para comparar con los parámetros químicos, físicos y bacteriológicos relacionados con los requisitos del agua para riego. Para algunos de estos parámetros se indica también, cuando corresponde, los requisitos establecidos por la Norma NCh 409 – Requisitos de Calidad para Agua Potable.

Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de ESSAT de Arica. Por su parte, el muestreo estuvo a cargo de Vector Chile, guardando las muestras en envases preparados por ESSAT y siguiendo las normas estándar de muestreo de aguas para asegurar la representatividad de las muestras.

Para esta caracterización se determinó la calidad de 3 cursos superficiales identificados en el entorno de Chantacollo. La Figura N°6 muestra la ubicación de los puntos de muestreo. La determinación se realizó a partir de muestreos en los puntos ubicados en las coordenadas que se indican en la Tabla N° 5.2.

TABLA N° 5.2
PUNTOS DE MUESTREO AGUAS SUPERFICIALES

PUNTO	UTM NORTE	UTM ESTE
CH-1	7.975.909	451.033
CH-2	7.974.267	449.502
CH-3	7.975.825	450.027

En el Archivo Fotográfico del Anexo B se muestran imágenes de los puntos de muestreo y los certificados con los resultados de los Análisis de Laboratorio. El resumen de resultados se muestra en la Tabla N° 5.3.

TABLA N° 5.3
CALIDADES DE AGUAS SECTOR CHANTACOLLO

PARÁMETRO	UNIDADES	CH-1	CH-2	CH-3	NCh 1 33	NCh 409
Aluminio	mg/L	20,1	< 0,9	< 0,9	5	
Arsénico	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.1	0.05
Barrio	mg/L	< 1,8	< 1,8	< 1,8	4	
Berilio	mg/L	< 0,09	< 0,09	< 0,09	0,1	
Boro	mg/L	0,25	0,25	0,21	0,25	
Cadmio	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
Calcio	mg/L	32,5	12,1	22,6		
Cianuros	mg/L	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,2	0,2
Cinc	mg/L	< 0,18	< 0,18	< 0,18	2	5
Cloruros	mg/L	< 8	< 8	< 8	200	250
Cobalto	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	
Cobre	mg/L	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,2	1
Colif. Fecales, (E.C.) NMP/10 ml		< 1,8	17	< 1,8	1.000	Sin Colif
Colif. Fecales, (E.C.) NMP/10 ml		< 1,8	140	< 1,8		
Conductividad	uS/cm a 25 °C	694	115	203	750	
Cromo Total	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	0,05
Fluor	mg/L	0,04	0,27	0,65	1	1,5
Litio	mg/L	0,02	< 0,01	< 0,01	2,5	
Magnesio	mg/L	7,1	1,2	2,7		125
Manganeso	mg/L	0,40	< 0,07	< 0,07	0,2	0,1
Mercurio	mg/L	0,0014	0,0008	< 0,0008	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	
Níquel	mg/L	< 0,16	< 0,16	< 0,16	0,2	

00079

pH		3,3	7,5	7,8	5,5 – 9,0	6,0 – 8,5
Plata	mg/L	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,2	
Plomo	mg/L	< 0,11	< 0,11	< 0,11	5	0,05
Potasio	mg/L	5,56	1,07	1,00		
Selenio	mg/L	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,02	
Sodio	mg/L	14,2	6,5	7,7		
Sodio Porcentual	%	23,9	31,1	22,6	35	
Sólidos Dis. Totales	mg/L	456	51	89	500	
Sulfatos	mg/L	302	< 10	38	250	25
Vanadio	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	

Los resultados indican que la muestra denominada CH -1 es la que presenta más parámetros fuera de normas y otros cercanos a los límites máximos. Se destaca el hecho que la combinación de valores de conductividad y sólidos disueltos totales indica que se trata de una calidad, de acuerdo a la clasificación de aguas para riego según salinidad, próxima a “posibles efectos sobre cultivos sensibles”, tal como se muestra en la Tabla N° 5.4.

Sin embargo, las muestras de agua presentan características ácidas por el bajo valor del pH mostrado y el alto contenido de sulfato. Además, se observa excedencia en el contenido de aluminio. Las muestras CH - 2 y CH - 3 presentan una buena calidad de agua.

TABLA N° 5.4
CLASIFICACIÓN DE AGUAS PARA RIEGO SEGÚN SU SALINIDAD

CLASIFICACIÓN	COND. ESP. ($\mu\text{ohm/cm}$)	SÓL. DIS. TOT. (mg / L)
Agua con la cual generalmente no se observará efectos perjudiciales.	$C \leq 750$	$S \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < C \leq 1.500$	$500 < S \leq 1.000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos, y necesita de métodos de manejo cuidadosos.	$1.500 < C \leq 3.000$	$1.000 < S \leq 2.000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.	$3.000 < C \leq 7.500$	$2.000 < S \leq 5.000$

De manera complementaria, se cuenta con antecedentes de calidades de aguas subterráneas obtenidas de diversos pozos realizados por el Ministerio de Obras Públicas a principios de la década de los 90. Los pozos están ubicados en la ribera de los ríos Lauca y Vizcachane, al este y sureste del área del proyecto. La ubicación de los pozos de monitoreo se muestra en la Tabla N° 5.5 y en la Figura N°6. El resumen de los resultados de calidad de agua de los pozos se muestra en la Tabla N° 5.6.

En general, los valores obtenidos para las aguas subterráneas indican que todas las muestras presentan concentraciones que hacen compatible el uso del agua tanto para riego como para consumo humano.

TABLA N° 5.5
PUNTOS DE MUESTREO AGUAS SUBTERRÁNEAS

POZO	UTM NORTE	UTM ESTE
4	7.971.745	456.692
5	7.971.713	461.987
6	7.979.888	464.013
7	7.974.633	463.485
8	7.979.441	463.772
9	7.972.245	462.632
10	7.974.435	463.401

TABLA N° 5.6
CALIDADES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ÁREA CHANTACOLLO

PARAMETROS	UNIDADES	POZO 4	POZO 5	POZO 6	POZO 7	POZO 8	POZO 9	NCH 1333	NCH 409
Alcalinidad		22	20	28	36	33	44		
Amoníaco		0,05	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25		0,25
Arsénico	mg/L	0,020	0,030	0,030	0,020	0,030	0,040	0,1	0,05
Boro	mg/L		0,5	0,5	0,1	0,5	0,01	0,75	
Cadmio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,010	0,01	0,01
Calcio	mg/L	6,5	0,8	0,4	5,2	2,4	3,6		
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Zinc	mg/L	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	2	5
Cloruro	mg/L	12,4	5,9	5,9	10,6	5,9	5	200	250
Cobre	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,2	1
Comp. Fenólicos		0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		0,002
Conductividad $\mu\text{ohm/cm}$		83	101	99	102	115	138	750	
Color (Pt Co)		5	5	5	5	5	5		20
Cromo Hexav.	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05	0,05	0,1	0,05
Detergentes		0,005	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,5
Dureza		26,1	4	2	23	9	16		
Fluor	mg/L	0,13	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	1	0,5
Hierro		0,14	0,7	0,3	0,1	0,1	0,1		0,3

PARAMETROS	UNIDADES	POZO 4	POZO 5	POZO 6	POZO 7	POZO 8	POZO 9	NCH 1333	NCH 409
Magnesio	mg/L	2,4	0,4	0,2	2,4	0,7	1,8		125
Manganeso	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,2	0,1
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Nitratos		0,2	0,2	6,1	0,2	2	0,2		10
Nitratos		0,1	0,008	0,004	0,004	0,015	0,008		1
Olor		Aromático	Inodoro	Inodoro	Aromático	Inodoro	Inodoro		Inodoro
pH		6,7	6,2	6,4	7,4	6,55	7,1	5,5-9,0	6,0-8,5
Plomo	mg/L	0,010	0,050	0,050	0,010	0,050	0,050	5	0,05
Potasio	mg/L	2,6	2,6	2,5		3,9	5,30		
Res. Sól. Filtr.		60			1,39				1.000
Sabor		Insípido			Insípido				Insípido
Selenio	mg/L	0,0100	0,0050	0,0050	0,0100	0,0050	0,0050	0,02	0,01
Sodio	mg/L	10,2	17	18		19	15		
Sól. Dis. Tot.	mg/L	65	116	108	139	132	152	500	1.000
Sulfatos	mg/L	20	30	12	6,8	19	17	250	250
Turbiedad (NTU)		1,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3		5

5.2.6 Suelo

Para efectos de la clasificación de suelos, el área de interés se encuentra dentro del llamado sistema desértico, caracterizado por precipitaciones escasas y altas temperaturas medias anuales, por lo que es característico encontrar un mínimo desarrollo de suelos. En todo caso, existen significativas diferencias locales, explicadas fundamentalmente por el relieve, presentándose tres sub-regiones en sentido longitudinal que responden a la distribución espacial de temperaturas y precipitaciones.

En la sub-región que comprende la Cordillera de Los Andes, se tiene menores temperaturas y, por efecto del invierno altiplánico, hay un aumento de las precipitaciones, lo que permite la existencia de vegetación esteparia de altura que conduce a la ocurrencia de suelos propios de ambientes semiáridos. Sobre los 4.000 m.s.n.m. se tiene suelos donde predomina el orden molisol (suelo mullido), los que se producen por la descomposición y acumulación de grandes cantidades de materia orgánica que originan un humus rico en calcio.

El área de influencia directa del proyecto corresponde a una zona montañosa no apta para el desarrollo de actividades de ganadería y/o agricultura. El mayor potencial de actividades de sustento para la población local se encuentra en el área de influencia indirecta del proyecto, es decir, en las planicies aluviales y/o coluviales y en las formaciones turbosas que se encuentran en zonas de menor altitud.

Las formaciones turbosas corresponden a suelos orgánicos y turbosos, llamados también bofedales. Los bofedales se desarrollan en condiciones de mal drenaje y en planicies cerradas o fondos de quebradas del altiplano. En las planicies y fondos de quebradas se desarrollan cubiertas densas de comunidades pratenses siempre verdes, que constituyen la base alimenticia por excelencia de la ganadería del altiplano.

El recurso suelo en el altiplano ha sido descrito y evaluado en muy contadas ocasiones, esencialmente como un componente del ecosistema, y más escasamente aún como un cuerpo natural independiente. Esta situación se debe a que los estudios de suelos están dirigidos a conocer, delimitar y evaluar a aquellos que se encuentran en zonas con alguna potencialidad agrícola, lo cual evidentemente no ocurre en el altiplano.

La potencialidad agrícola de los suelos del altiplano es limitada por las siguientes razones:

- ◆ Las bajas temperaturas medias del suelo impiden la germinación y desarrollo de la mayoría de las especies cultivadas.
- ◆ La limitada disponibilidad de agua para establecer cultivos de riegos.
- ◆ La escasez de población y de asentamientos humanos. Esto determina que los cultivos que se practican tengan carácter de huertos familiares.
- ◆ En el área de influencia directa del proyecto, los suelos se pueden clasificar dentro de las Clases VII y VIII, que en general comprende los terrenos con limitaciones importantes para darles un uso económico, por el efecto combinado de clima, pendientes, erosión, etc.

5.2.6.1 Calidad de los Suelos en Sector Chantacollo

Para tener una referencia sobre la calidad de los suelos en el área de influencia del proyecto, diferentes muestras se sometieron a un barrido estándar de análisis para la determinación de 34 parámetros. Esta determinación fue realizada por el Laboratorio ALS Chemex de Santiago, de acuerdo con metodología ME-ICP41, en tanto que el muestreo lo realizó Vector Chile. Las muestras correspondieron a una extracción superficial de suelos (hasta 20 cm aproximadamente), completando por cada muestra una cantidad del orden de 4 Kg.

Para esta caracterización se determinó la calidad de 6 muestras en el entorno del sitio donde se desarrollarán las actividades del proyecto Chantacollo, las que se obtuvieron en los puntos que se indican en la Tabla N° 5.7. La ubicación de los puntos de muestreo del proyecto Chantacollo se puede observar en la Figura N°7. En el Anexo B se muestran imágenes de los puntos de muestreo y los resultados de los Análisis de Laboratorio.

TABLA N° 5.7
PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS ÁREA CHANTACOLLO

PUNTO	UTM NORTE	UTM ESTE
CH-A	7.974.837	458.907
CH-B	7.976.575	450.583
CH-C	7.977.236	449.894
CH-D	7.976.451	446.903
CH-E	7.975.904	446.165
CH-F	7.975.684	444.975

En Chile no existe una normativa específica sobre calidad de suelos. Diferentes textos legales contienen normas genéricas sobre protección del recurso suelo a favor de la agricultura para evitar la contaminación de aguas o proteger la salud humana.

Como referencia de orientación se puede recurrir a alguna normativa extranjera, como podría ser la Lista Holandesa, la cual indica diferentes límites asociados a valores naturales antrópicos (A), a la necesidad de mayor investigación (B), y a la necesidad de efectuar un saneamiento (C). Algunos de estos valores son los que se indica en la Tabla N° 5.8. Los resultados obtenidos para la localidad de Chantacollo se muestran en la Tabla N° 5.9.

TABLA N° 5.8
CALIDADES DE SUELO LISTA HOLANDESA

Elemento	VALORES A (*)		VALORES B		VALORES C	
	ppm	%	ppm	%	Ppm	%
Arsénico	29 (*)	0,0029	30	0,003	50	0,005
Cadmio	0,8 (*)	0,00008	5	0,0005	20	0,002
Cobre	36 (*)	0,0036	100	0,01	500	0,05
Cromo	100 (*)	0,01	250	0,025	800	0,08
Mercurio	0,3 (*)	0,00003	2	0,0002	10	0,001
Níquel	35 (*)	0,0035	100	0,01	500	0,05
Plomo	85 (*)	0,0085	150	0,015	600	0,06

(*): Estos valores se determinan a partir de una fórmula basada en el contenido de orgánicos (H) y arcillas del suelo (L). Como ejemplo se ha supuesto H = 10 y L = 25.

TABLA N° 5.9
CALIDADES DE SUELOS SECTOR CHANTACOLLO

ANÁNL.	UNID.	CH-A	CH-B	CH-C	CH-D	CH-E	CH-F
Ag	ppm	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Al	%	0,43	1	0,67	0,48	0,89	0,59
As	ppm	6	27	122	40	37	36
B	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ba	ppm	80	270	140	160	280	90
Be	ppm	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5	0,6	< 0,5
Bi	ppm	2	2	2	2	4	3
Ca	%	0,1	0,27	0,06	0,14	0,08	0,03
Cd	ppm	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	< 0,5
Co	ppm	5	7	6	4	12	3
Cr	ppm	10	14	10	9	12	9
Cu	ppm	29	22	25	15	24	17
Fe	%	1,47	2,88	3,29	1,79	2,81	3,19
Ga	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
K	%	0,05	0,15	0,07	0,07	0,1	0,05
La	ppm	10	10	< 10	10	10	< 10
Mg	%	0,09	0,15	0,1	0,1	0,11	0,09
Mn	ppm	245	482	292	284	947	103
Mo	ppm	2	2	2	1	3	13
Na	%	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
Ni	ppm	5	6	4	4	6	5
P	ppm	380	660	370	490	700	490
Pb	ppm	7	10	10	12	27	10
S	%	< 0,01	0,05	0,04	0,02	0,11	0,02
Sb	ppm	< 2	3	2	4	7	2
Sc	ppm	1	2	2	1	1	1
Sr	ppm	19	69	29	37	44	15
Ti	%	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07
Tl	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
U	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
V	ppm	45	69	54	41	52	41
W	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zn	ppm	11	22	< 2	19	27	< 2

Por otra parte, en la bibliografía general se informa los valores que se indica en la Tabla N° 5.10 como contenidos naturales en suelos:

TABLA N° 5.10
CONTENIDOS NORMALES EN SUELOS NATURALES

ELEMENTO	PPM	%
Arsénico	0,1 – 40	0,00001 – 0,004
Boro	2 – 100	0,0002 – 0,01
Cadmio	0,01 – 1	0,000001 – 0,0001
Cobre	2 – 100	0,0002 – 0,01
Manganeso	100 – 4.000	0,01 – 0,4
Mercurio	0,01 – 0,5	0,000001 – 0,00005
Molibdeno	0,02 – 5	0,000002 – 0,0005
Plomo	2 – 200	0,0002 – 0,02
Zinc	10 - 300	0,001 – 0,03

Considerando en conjunto los valores “A” de la Tabla N° 5.8 y los valores de la Tabla N° 5.9, los resultados de los análisis de muestras de suelo en el área Chantacollo indican que prácticamente todos los parámetros de todas las muestras están bajo los valores máximos tomados como referencia.

Como excepción se puede señalar que existe un alto contenido de arsénico en la muestra CH – C, y un alto contenido de molibdeno en la muestra CH – F. Por lo tanto, en general, los suelos en el sector Chantacollo no muestran desviaciones importantes respecto de lo que se considera un suelo natural.