

ESTUDIO GEOAMBIENTAL
FARRALLÓN NEGRO
PROVINCIA DE CATAMARCA

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

Buenos Aires 2018

ESTUDIO GEOAMBIENTAL FARALLÓN NEGRO

PROVINCIA DE CATAMARCA

Contenido

I. ASPECTOS GENERALES

<i>I.1. INTRODUCCIÓN</i>	7
<i>I.1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</i>	7
<i>I.1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO</i>	8
<i>I.1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS</i>	8
<i>I.1.4 AUTORES DEL ESTUDIO</i>	9
<i>I.2 RESUMEN EJECUTIVO</i>	10
<i>I.3 SITUACIÓN GEOGRÁFICA</i>	12

II. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

<i>II.1. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE</i>	14
<i>II.2. CLIMA</i>	15
<i>II.3. MARCO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL</i>	17
<i>II.3.1. ESTRATIGRAFÍA</i>	18
<i>II.3.1.1. BASAMENTO CRISTALINO</i>	18
<i>II.3.1.2. UNIDADES SEDIMENTARIAS Y VOLCANOGENICAS</i>	22
<i>II.3.2. TECTÓNICA</i>	29
<i>II.3.2.1. ESTRUCTURAS PALEOZÓICAS</i>	29
<i>II.3.2.2. ESTRUCTURAS ANDINA</i>	29
<i>II.4. GEOMORFOLOGÍA</i>	31
<i>II.4.1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA</i>	31
<i>II.4.2. MARCO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL – EVOLUCION DEL PAISAJE</i>	32
<i>II.4.3. GEOFORMAS Y PROCESOS</i>	35
<i>II.4.3.1. PROCESO FLUVIAL</i>	36
<i>II.4.3.2. PROCESO EÓLICO</i>	43
<i>II.4.3.3. PROCESO GLACIARIO</i>	44
<i>II.4.3.4. PROCESO PERIGLACIAL</i>	44
<i>II.4.3.5. PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA</i>	46

II.4.4. PRINCIPALES MORFOESTRUCTURAS REGIONALES.....	48
II.4.4.1. MORFOESTRUCTURA SIERRA DEL ACONQUIJA	48
II.4.4.2. MORFOESTRUCTURA FARALLÓN NEGRO – CAPILLITAS	54
II.4.4.2.1. Bloque Farallón Negro.....	54
II.4.4.2.2. Bloque de sierra de Capillitas	54
II.4.4.2.3. Bloque del cerro El Durazno	55
II.4.4.2.4. Bloque de la sierra de Belén-Ampujaco	55
II.4.4.2.5. Bloque del cerro Quemado	56
II.4.4.2.6. Bloque Sierra de La Ovejería	57
II.4.4.3. CAMPO DEL ARENAL – CAMPO DE LOS POZUELOS	58
II.4.4.4. DEPRESIÓN O CUENCA DE PIPANACO	58
II.5. ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA	611
II.5.1. INTRODUCCIÓN.....	61
II.5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.....	62
II.5.2.1. SECTOR SUR DEL FRENTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE ACONQUIJA.....	62
II.5.2.2. PIEDEMONTES OCCIDENTAL DEL CERRO EL DURAZNO.....	64
II.5.2.3. ESTRUCTURAS AL NORTE DEL BLOQUE DEL CERRO QUEMADO.....	65
II.5.2.4. PIEDEMONTES SURESTE DEL BLOQUE DEL CERRO QUEMADO.....	67
II.5.2.5. PIEDEMONTES OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE AMBATO.....	68
II.5.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
II.6. RECURSOS HIDRICOS	70
II.6.1. CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA.....	70
II.6.2. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA	71
II.6.2.1 Agua Superficial	71
II.6.2.1 Agua Subterránea	73
II.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS	75
II.7.1. INTRODUCCIÓN	75
II.7.3. DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS.....	75
II.8. FAUNA	80
II.8.1. INTRODUCCION	80
II.8.2. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	80
II.8.2.1. MUESTREOS.....	80
II.8.3. UBICACIÓN ZOOGEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	81
II.8.4. DESCRIPCIÓN DE LA FAUNA Y SU CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL.....	82
II.8.4.1. AMBIENTE DE ESTEPA HERBÁCEA ARBUSTIVA.....	82
II.8.4.2. AMBIENTE DE ESTEPA XEROFILA	82
II.8.4.3. AMBIENTE DE ARBUSTALES.....	82
II.8.4.4. AMBIENTE DE PASTURAS.....	83
II.8.4.5. AMBIENTE DE ESTEPA SAMMOFILA	83
II.8.4.6. AMBIENTE DE ESTEPA ALTOANDINA	84
II.8.4.7. AMBIENTE DE ESTEPA ARBUSTIVA	84
II.8.4.8. AMBIENTE DE HUMEDAL.....	85
II.8.4.9. AMBIENTE DE MATORRALES (MONTE)	85

II.8.4.10. AMBIENTE DE LLANURA SALINA	86
II.8.4.11. AMBIENTE AREA DEGRADADA	86
II.8.4.12. AMBIENTE URBANO	86
II.8.5. ESPECIES PROTEGIDAS	86
II.8.6. AREAS PROTEGIDAS.....	89
II.8.6.1. Área Natural Protegida Sierras de Belén	89
II.8.6.2. SITIOS AICAS	90
II.8.6.3. SALAR DE PIPANACO	90
II.8.6.4. CUESTA DEL TOTORAL	90
II.8.6.5. CUESTA DE LAS HIGUERILLAS	90
<u>II.9. UNIDADES FISONÓMICCO ESTRUCTURALES DE VEGETACIÓN ACTUAL</u>	91
II.9.1. INTRODUCCIÓN	91
II.9.2. MARCO BIOGEOGRÁFICO.....	91
II.9.3. METODOLOGÍA.....	96
II.9.3.1. Muestreo	96
II.9.3.2. Estado de la vegetación.....	97
II.9.4. TIPOS DE VEGETACIÓN.....	101
II.9.4.1. Arbustales	102
II.9.4.2. Estepa Arbustiva	102
II.9.4.3. Estepa Arbustiva Herbácea.....	102
II.9.4.4. Estepa Altoandina.....	103
II.9.4.5. Estepa Psammófila	103
II.9.4.6. Estepa xerófila	104
II.9.4.7. Estepa Herbácea con Arbustos.....	104
II.9.4.8. Llanura Salina.....	105
II.9.4.9. Peladal	105
II.9.4.10. Pajonales	105
II.9.4.11. Vegas	106
II.9.4.12. Áreas degradadas	106
<u>II.10 MARCO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL</u>	107
II.10.1. INTRODUCCION	107
II.10.2 METODOLOGIA.....	107
II.10.3 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA	108
II.10.4 CARACTERISTICAS SOCIODEMOGRAFICAS	111
II.10.5 SALUD	113
II.10.6 ACTIVIDAD ECONOMICA	114
II.10.6.1 Actividad Agrícola	115
II.10.6.2 Actividad Ganadera Extensiva	119
II.10.6.3 Actividad Industrial.....	120
II.10.7 INFRAESTRUCTURA REGIONAL	130
II.10.7.1 INFRAESTRUCTURA VIAL	130
II.10.7.2 INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA	131
II.10.7.3 INFRAESTRUCTURA AÉREA	131

II.10.7.4 ENERGIA ELÉCTRICA	132
II.10.8 PATRIMONIO ARQUEOLOGICO Y CULTURAL	132
II.10.9 COMENTARIOS FINALES	136
III. RECURSOS MINERALES	
III.1 DEPÓSITOS MINERALES	140
III.1.1 INTRODUCCIÓN	140
III.1.2 METODOLOGÍA.....	140
III.1.3 BAJO LA ALUMBRERA	141
III.1.4 FARALLON NEGRO	151
IV. IMPACTOS AMBIENTALES	
IV.1 PELIGROSIDAD GEOLÓGICA	156
IV.1.1 OBJETIVO	156
IV.1.2 METODOLOGÍA	156
IV.1.3 RESULTADOS	156
IV.1.3.1 SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLOGICA.....	156
IV.2 IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA	157
IV.2.1 INVENTARIOS DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS.....	157
IV.2.3.1 Antecedentes	158
V. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO	169

ANEXO I: MAPAS DEL ÁREA

Mapa Topográfico (1:100.000)

Mapa Geomorfológico (1:100.000)

Mapa de Usos de Suelo e Infraestructura (1:100.000)

Mapa de Hábitats Potenciales de Fauna (1:100.000)

Mapa de Unidades Fisonómicas Estructurales de Vegetación Actual (1:100.000)

Mapa de Pasivos Ambientales Mineros (1:100.000)

ANEXO II: COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL PAISAJE

I. ASPECTOS GENERALES

I.1. INTRODUCCIÓN

I.1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

A. OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general de este estudio es brindar un instrumento con base científica para la planificación del desarrollo de la actividad minera, la planificación territorial y el desarrollo sostenible de los recursos. También para la prevención y control de la contaminación.

El conocimiento científico de las características geológicas, geoquímicas y geo-ambientales de la región, los valores naturales de sus componentes tanto en rocas, sedimentos, vegetación y aguas en cualquier estado o forma, conocidos como valores de fondo o *background*, resultan fundamentales para detectar cualquier anomalía o anomalía que se produzca en sus valores, servirán para demostrar futuros cambios en los contenidos geoquímicos provocados por procesos naturales o antrópicos.

La generación de información geo-ambiental tiene varios componentes que van desde la investigación básica geológica, la geomorfología, los procesos activos, la neotectónica y sismicidad, los modelos geoambientales de depósitos minerales, la caracterización de las aguas superficiales y subterráneas, los suelos y una minería sostenible.

B. CONTENIDOS

La caracterización geológica y estructural, provee información de base sobre la composición litológica de todo el complejo, así como la cronología de la formación de las rocas, y de los ciclos y fases tectónicas con la identificación de los diferentes tipos de estructuras y la historia de los esfuerzos que han sufrido las diferentes unidades.

La geología básica provee la información para la caracterización de los metalotectos, de los depósitos minerales encontrados en la zona del proyecto y las alteraciones de las rocas.

En la caracterización geomorfológica y de sus procesos activos, se describen las geoformas que responden tanto a la naturaleza estructural y litológica, como a la erosión generada por los factores climáticos en estas ecorregiones. Provee una idea clara de los procesos ocurridos como remociones en masa y avalanchas de roca y de la energía disipada en los mismos. Esta información es complementaria con la neotectónica del área, ya que varios de los fenómenos que se describen, como las avalanchas de rocas, han sido disparados por movimientos tectónicos sub-recientes y recientes.

En el capítulo de neotectónica se analizan los movimientos tectónicos recientes y sub-recientes apoyados en evidencias geomorfológicas y sobre la interpretación de imágenes satelitales Aster. Los datos morfoTECTÓNICOS son correlacionados con la sismicidad instrumental registrados por el USGS y el INPRES. La utilidad de este estudio para los usuarios consiste en proveer información precisa sobre la peligrosidad sísmica que pueden afectar a la infraestructura y las poblaciones.

El capítulo sobre modelos geoambientales de depósitos minerales se enfoca en el potencial minero del área y se describen las manifestaciones y depósitos minerales para conocer parámetros geológicos útiles en la evaluación de la incidencia de las mineralizaciones en la calidad del medio ambiente.

Los cursos permanentes como el río Santa María en el tramo que se alimenta de los deshielos, antes de rodear el extremo sur de la sierra de Quilmes, se caracteriza por ser tener un tipo de agua carbonatada a bicarbonatada cálcica-magnésica, pero a partir de Pie de Médano y en su recorrido hacia

el norte, las aguas del río Santa María varían su composición de cloruradas sulfatadas sódicas (Punta Balasto) a bicarbonatadas sódicas en la localidad de Santa María, variando su calidad debido a los aportes de otros tributarios.

El Campo del Arenal representa un recurso hidrogeológico subterráneo muy importante, caracterizado por aguas subterráneas con niveles estáticos, pH, quimismo y temperaturas distintas, indicando una probable estratificación hidrogeológica en el área.

Los suelos del área fueron definidos sobre la base de las unidades lito-geomorfológicas obtenidas mediante interpretación de imágenes satelitales. Los mismos son desarrollados sobre material aluvial volcánico, suelos de bajos salinos, suelos desarrollados sobre depósitos eólicos, sobre depósitos aluviales antiguos, en fajas aluviales, sobre basamento cristalino, pedimentos, bajadas aluviales, depósitos volcánicos. Se mencionan los distintos horizontes genéticos, el espesor de los horizontes, el color, la estructura, el pH y la presencia de carbonatos.

La cobertura vegetal es muy vulnerable y es a su vez sumamente importante en la fijación del suelo para controlar la erosión y la emisión de polvo fugitivo natural.

Las condiciones naturales abarcan un sinnúmero de variables que caracterizan la ecorregión, según el detalle con que se las mire. Estas condiciones naturales han sido y son modificadas por las actividades del hombre, que están en crecimiento ya sea por la industria minera, o por los otros desarrollos agrícolas e industriales (olivicultura y otros), para lo cual se requiere una adecuación permanente de los planes de manejo ambiental, coordinados en cada caso por la Autoridad de Aplicación que corresponde.

I.1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Establecer un instrumento de decisión con el fin de valorar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y en especial de los yacimientos minerales. El estudio geoambiental permite obtener una visión de conjunto de las propiedades de los diferentes elementos que constituyen el medio, de su estado y de su fragilidad frente a la actividad humana, de forma que se tenga suficiente juicio de valor para la toma de decisiones sobre la planificación y el desarrollo de un territorio. En este sentido, el objetivo fundamental es proporcionar información sistemática, ordenada y fiable (escala 1:100.000) sobre las características y estado del medio ambiente, así como de las actividades de riesgo de origen antrópico que existen en el área, incluyendo el aprovechamiento de los recursos naturales.

I.1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Entre los años 2015 y 2016 se llevaron a cabo las capacitaciones específicas y los trabajos de gabinete y campo que permitieron desarrollar el programa presentado en párrafos anteriores. Las principales tareas fueron:

- I. Caracterizar el medio físico desde el punto de vista de las diferentes disciplinas geocientíficas a considerar, tales como la geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología, etc.
- II. Identificar el estado inicial del medioambiente de la zona, determinando la línea base en el momento de la realización del estudio.
- III. Identificar los posibles recursos geológicos existentes en la zona (yacimientos mineros).

-
- IV. Caracterizar la zona objeto de estudio desde otros puntos de vista que también influyen en el medio ambiente (geografía, clima, población, infraestructuras, usos del suelo, actividades industriales, etc.).
 - V. Evaluar los posibles riesgos geológicos e hidrogeológicos de carácter natural, tales como movimientos en masa, inundaciones, sismos, etc.
 - VI. Evaluar los posibles riesgos ambientales de la actividad antrópica sobre el medio ambiente (industria, comercio, actividad agropecuaria), con un especial énfasis en las actividades de aprovechamiento de los recursos geológicos, tanto actuales, como pasadas o futuras.

I.1.4 AUTORES DEL ESTUDIO

El estudio geoambiental de Farallón Negro fue un trabajo multidisciplinario llevado a cabo por personal profesional del SEGEMAR. A continuación, se listan los responsables de la coordinación y de las áreas temáticas correspondientes:

Coordinador: Alejandra Tejedo

Teledetección y cartografía: Javier Benitez, Ana F. Tavitian Serrano y María Inés Tobío

Fisiografía, relieve y climatología: María Gabriela Greco

Geología: Raúl Segiaro

Geomorfología: Mario Rosas

Neotectónica: Analía Casa

Fauna: Federico Nicosia Burgos

Flora: Sandra Cavallaro

Socioeconomía: Catalina Fratalocchi e Irma Rivas

Recursos minerales: Norma Tello e Irma Rivas

Peligrosidad geológica: Mario Rosas

Pasivos mineros: Norma Tello

I.2 RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto “Estudio Geoambiental Farrallón Negro” es un relevamiento de información geoambiental de base.

El área de estudio Farrallón Negro está localizada en el centro este de la provincia de Catamarca, ocupando el sector centro y oeste del departamento de Andalgalá y el sureste del departamento de Belén. El área de estudio se extiende entre 27° 15' a 27° 50' de latitud sur y entre 66° 10' a 66° 54' de longitud oeste, abarcando un área de 5.440 km². La localidad más importante es Andalgalá (12.600 habitantes) y los principales accesos son la ruta provincial 46, que atraviesa la zona de este a oeste y la ruta provincial 48, que une la ciudad de Andalgalá por el noreste con la provincia de Tucumán.

El estudio Geoambiental realizado consta de cuatro partes fundamentales:

- I. Ubicación y descripción fisiográfica: se delimitó la zona de estudio y se describió los aspectos generales relacionados con la geografía y el relieve. Esta información se obtuvo de fuentes de información externas.
- II. Caracterización y descripción del medio físico: incluye todas las disciplinas más directamente asociadas a las ciencias de la tierra y de carácter socioeconómico. Para desarrollar esta parte fue necesario disponer de estudios específicos de cada una de las áreas de conocimiento, incluyendo viajes de campo, toma de muestra y análisis. El cuadro siguiente resume los estudios realizados y su contenido:

ESTUDIO	CONTENIDO
Topografía	Mapa topográfico (1:100.000)
Geología	Caracterización geológica de la zona.
Climatología	Caracterización climatológica de la zona.
Geomorfología	Caracterización geomorfológica de la zona. Mapa geomorfológico (1:100.000)
Suelos	Caracterización de los suelos de la zona.
Recursos hídricos	Caracterización hidrológica e hidrogeológica.
Socioeconomía	Caracterización socioeconómica de la zona. Usos de suelos. Mapa de usos de suelo e infraestructura (1:100.000)
Flora y fauna	Caracterización de los ecosistemas de la zona. Mapa de hábitats potenciales de fauna (1:100.000) Mapa de unidades fisonómicas estructurales de vegetación actual (1:100.000)

- III. Estimación del potencial de los recursos mineros: contempla la información relativa a la identificación y valoración de los recursos minerales y el potencial geológico-minero de la región. El cuadro siguiente resume los estudios realizados y su contenido:

ESTUDIO	CONTENIDO
Recursos Minerales	Determinación de manifestaciones y depósitos minerales del área.

IV. Impactos ambientales identificados y potenciales: incluye el conjunto de estudios orientados a identificar y caracterizar los impactos al medio natural y las personas producidos por acciones antrópicas y naturales.

ESTUDIO	CONTENIDO
Peligrosidad geológica	Evaluación de áreas susceptibles a múltiples amenazas naturales desencadenadas por procesos geológicos activos.
Impactos de la actividad minera	Identificación de los pasivos mineros en el área de estudio y la evaluación de los impactos que sobre la salud de las personas y el medio ambiente generan. Mapa de pasivos ambientales mineros (1:100.000)

I.3 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El área del proyecto se halla comprendida en un sector de la provincia de Catamarca totalmente circunscripta en las Sierras Pampeanas Occidentales. El área de estudio se encuentra dentro del Complejo Volcánico Farallón Negro ubicado en el distrito de Hualfín, departamento Belén (Fig. I.3.1), se extiende entre 27° 15' a 27° 50' de latitud sur y entre 66° 10' a 66° 54' de longitud oeste, abarcando un área de 5.440 km². El acceso desde la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca se realiza a través de la ruta nacional 38 empalmando con la ruta nacional 60 hasta la localidad de Aimogasta. A partir de este sitio, se toma la ruta nacional 40 hasta Hualfín para luego llegar al área de estudio.

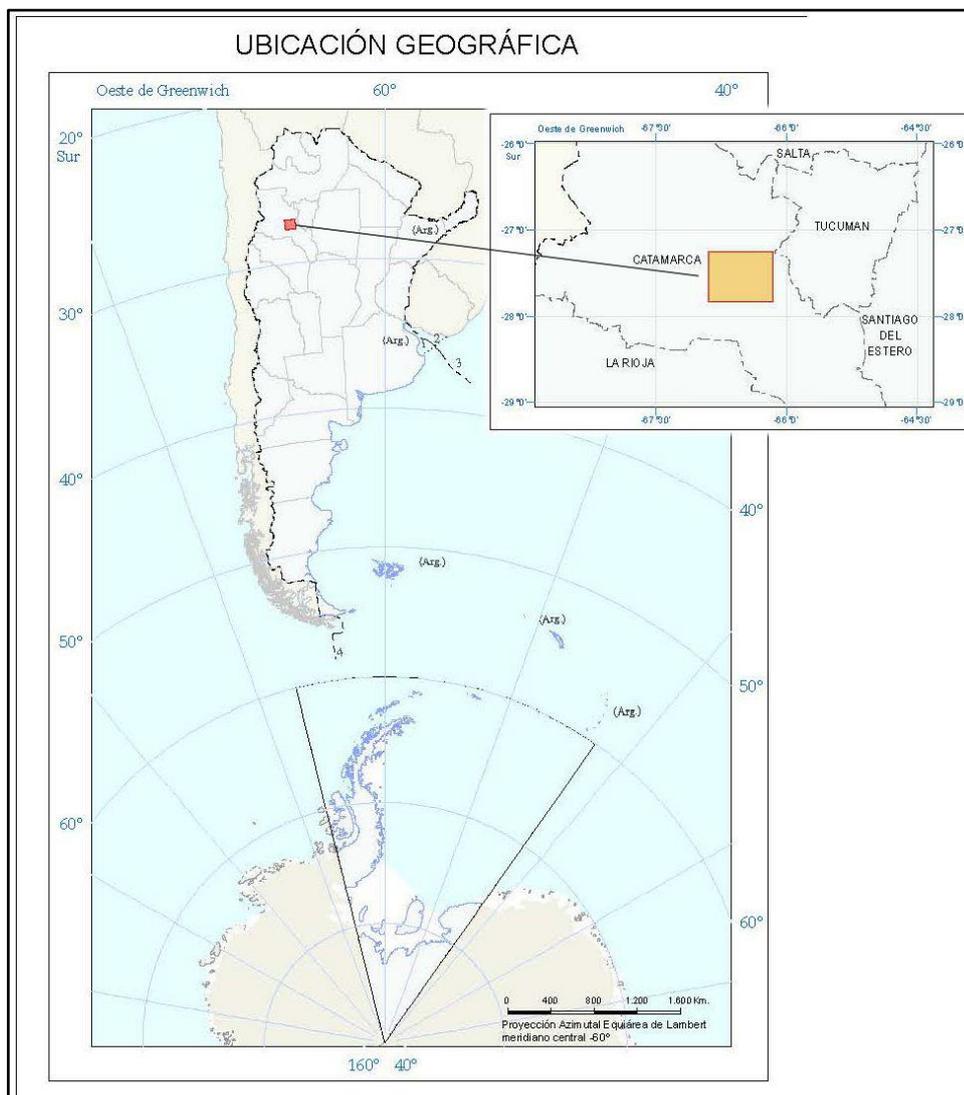


Figura I.3.1: Localización del área de estudio.

II. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

II.1. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE

La zona de estudio se encuentra limitada por la Sierra de Aconquija hacia el NE, la Sierra de Hualfin hacia el oeste y hacia el sur el Salar de Pipanaco.

La Sierra de Aconquija se presenta como un bloque alargado con rumbo noreste-suroeste, con una longitud de 105 km y un ancho que varía entre los 40 y los 60 kilómetros. De altitud uniforme, existen zonas de la sierra que superan los 5.000 m. Esta cordillera también es conocida como Nevados del Aconquija, ya que sus cumbres más elevadas poseen hielos y nieves eternas. La ladera occidental, es árida y rocosa presentando vegetación de arbustos espinosos.

Al pie de las estribaciones meridionales de la sierra de Aconquija se encuentra ubicada la población de Andalgalá, y al sur el Campo de Belén, un espacio desértico que forma parte del Salar de Pipanaco.

El valle de Belén es un valle intermontano, limitado al norte por las sierras de Belén y Capillitas y al oeste por la de Zapata. Es una cuenca endorreica, aunque asimétrica, que drena hacia el sureste, al Salar de Pipanaco. Gran parte del valle de Belén se halla cubierto por sedimentos arenosos originados por la acción del viento, determinando la formación de dunas y mantos eólicos denominados campo eólico de Belén.

El Salar de Pipanaco está constituido por numerosos ríos y arroyos que convergen en esta depresión central. Su extensión es de aproximadamente es de 600 km². La cuenca limita al norte, oeste y este por altas montañas y al sur por una planicie.

II.2. CLIMA

Esta región del país está dominada por un clima templado, con una marcada continentalidad. Según la clasificación de Köepen y Geiger, corresponde al tipo BWk, “frio de desierto”. Se caracteriza por su aridez, amplitud térmica y fuerte insolación, con lluvias concentradas en la época estival y un marcado déficit hídrico. Los vientos son desecantes y la humedad atmosférica es muy baja. (Paoli 2003).

Se describen los parámetros temperatura y precipitaciones a partir de los datos meteorológicos registrados en las localidades Andalgalá y Belén, que poseen representatividad para la región en virtud de su ubicación geográfica y continuidad de registros por más de 30 años.

El promedio de precipitaciones registrado en la estación meteorológica Andalgalá (datos de 70 años) es de 310 mm anuales, con picos máximos en 1923 y en 1977 y mínimos en 1941 y 1950. En la cuenca del río homónimo se calcularon precipitaciones medias anuales de 560 mm y máximas de 920 mm y mínimas de 405 mm/año (Comba 2017). En la figura II.2.1 se grafican las precipitaciones medias mensuales en gráfico de barras y las temperaturas medias mensuales con líneas, a partir de datos tomados de Paoli (2003).

Tabla II.2.1: datos climatológicos de la localidad de Andalgalá (Paoli, 2003).

Andalgalá	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T° media (°C)	25,1	24,0	21,9	17,9	13,7	9,9	10,0	12,6	16,7	20,1	22,9	25,0	18,3
Ppt media (mm)	79,1	86,6	50,7	9,0	8,6	4,1	9,3	6,8	3,8	8,0	16,6	29,6	301

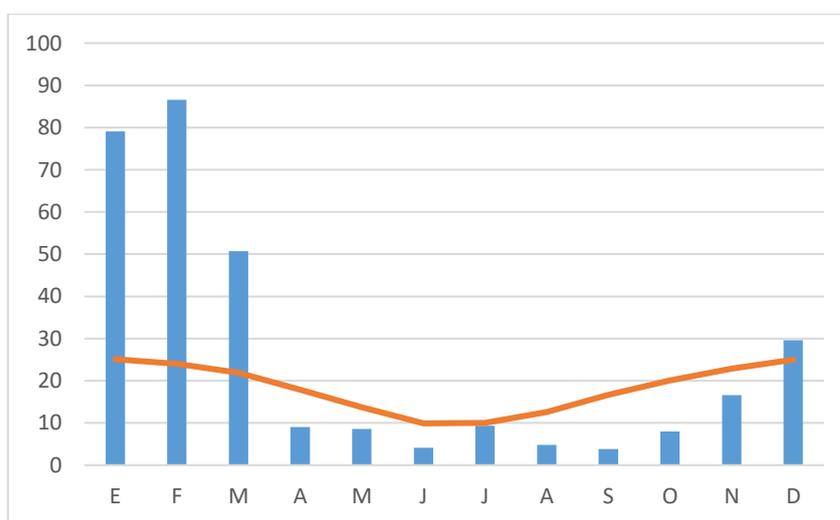


Figura II.2.1: Precipitaciones medias mensuales (barras) y temperaturas medias mensuales (línea) de la localidad de Andalgalá.

En la localidad de Belén, se el promedio de precipitaciones anuales es de 244 mm anuales. La temperatura media en verano es de 25,6 °C y en invierno de 13,4 °C (Gonzalez Bonorino 1972; Paoli 2003). En la figura II.2.2. se esquematizan las medias mensuales de los parámetros climáticos temperatura y precipitaciones.

Tabla II.2.2: Datos climatológicos de la localidad de Belén (Paoli 2003).

Belén	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T° media (°C)	22,4	21,6	19,5	16,1	12,7	9,4	9,2	11,4	14,4	17,8	20,3	17,8	16,4
Ppt media (mm)	71	73	38	11	2	0	2	1	1	6	9	30	244

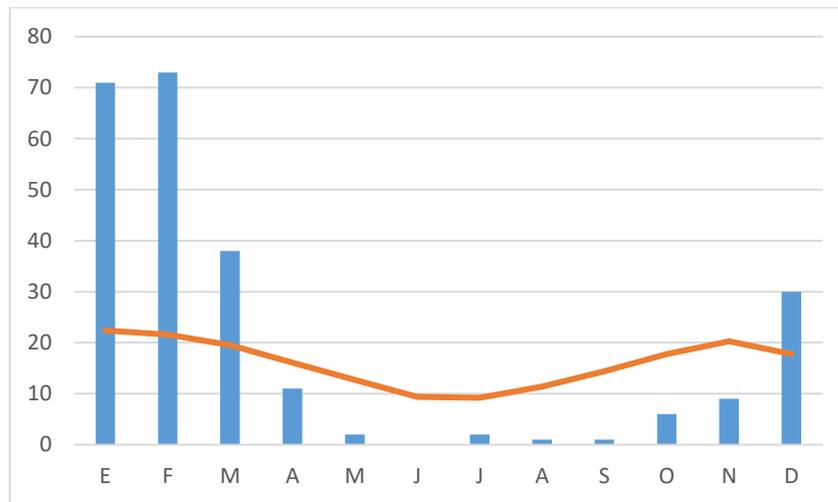


Figura II.2.2: Precipitaciones medias mensuales (barras) y temperaturas medias mensuales (línea) de la localidad de Belén.

La sierra de Aconquija constituye un elemento estructural positivo determinante en la configuración del clima de la región. Conforma una importante divisoria de aguas que se extiende en el sector oeste de la provincia de Tucumán y centro de la provincia de Catamarca, determinando una variabilidad climática notable en esa región del noroeste de la República Argentina. Esta barrera orográfica determina un clima subtropical, con precipitaciones que alcanzan los 3.000 mm anuales, en el piedemonte oriental mientras que en el sector occidental reina un clima cálido a templado, continental y semiárido, con precipitaciones variables entre los 100 y 300 milímetros anuales ocurridas generalmente durante la época estival. En las altas cumbres hay marcados extremos térmicos y en las laderas occidentales hay desiertos de altura originados por la sombra de lluvia ocasionada por el efecto topográfico. En esta región semiárida las temperaturas medias en verano son de 25,6 °C y en invierno de 13,4 °C. Allí predominan los vientos del sudeste, sur y oeste (González Bonorino 1972; Servicio Meteorológico Nacional 1981).

II.3. MARCO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

El área de estudio se ubica en las Sierras Pampeanas Noroccidentales y está constituida por cordones montañosos que se orientan con rumbo general NE-SO, entre los que se ubican las depresiones del Campo del Arenal y de Pipanaco.

Los cordones serranos constituyen bloques basculados del basamento cristalino, los mismos se orientan con rumbo general NNE-SSO a NE-SO y forman las sierras de Altohuasi, Fiambalá, Zapata, Belén, Capillitas, Hualfín, Aconquija, etc. Las alturas máximas se ubican en la sierra del Aconquija (cerro del Bolsón 5.550 m s. n. m.).

Las unidades litológicas más antiguas constituyen el basamento conformado por rocas metamórficas y graníticas de edad precámbrica superior a paleozoica inferior. Las rocas metamórficas son filitas, pizarras, esquistos, gneises y migmatitas de la Formación Loma Corral, Formación Suncho y Formación Famabalasto. En el extremo sur de la sierra de Fiambalá se identifica el Ortogneis La Puntilla, que consiste en un granitoide tonalítico metamorfozado. También en la sierra de Fiambalá se emplazan rocas máficas y ultramáficas estratificadas de edad cambro-ordovícicas. Fajas de milonitización de probable edad pre-Carbonífera afectan a todo este paquete litológico. Granitos carboníferos (Granitos los Ratones y La Florida) sellan las fajas de deformación milonítica.

Sobre una peneplanicie pre-cenozoica, labrada sobre el basamento, se depositan sedimentitas de probable edad paleógena y las secuencias neógenas del Grupo Santa María. El volcanismo neógeno está bien expuesto en la parte central de la hoja, representado en su mayor parte por el Complejo Volcánico Farallón Negro. El volcanismo y la sedimentación neógena se desarrollan en una zona de transtensión, generando cuencas de *pull-apart* entre las que se destaca la del Campo del Arenal, ubicada entre el bloque de basamento Aconquija-Capillitas al sureste y el bloque conformado por las sierras de Altohuasi - Hualfín al norte y oeste, por ser la de mayor tamaño y en cuyo borde sureste se emplaza el complejo volcánico Farallón Negro.

Otras cuencas menores como las de Capillitas y Cerro Atajo ubicadas al este, también entre bloques de basamento, están conectadas hacia el norte con la cuenca del campo del Arenal.

Los sedimentos cuaternarios se depositaron principalmente en dos grandes cuencas intermontanas: el Campo del Arenal y el bolsón de Pipanaco. Y, en menor proporción hay depósitos ubicados en valles menores. En las partes altas de la sierra del Aconquija se observan rasgos de actividad glacial cuaternaria.

La estructura de la región está dominada por bloques de basamento asimétricos, limitados por fallas en los flancos noroeste o sureste. Las fallas son en su mayoría transcurrentes con buzamientos próximos a la vertical. Sobre las espaldas de los bloques basculados los depósitos cenozoicos yacen sobre una superficie de peneplanización.

El área se enmarca en el lineamiento de Aconquija o de Tucumán de orientación NE - SO, interpretado en otros trabajos como una zona de transferencia regional con desplazamiento lateral derecho.

Sobre las fallas principales de rumbo NE - SO se obtuvieron datos cinemáticos de desplazamientos dextrales, mientras que en otras de orientación N-S se obtuvo un sentido de desplazamiento sinistral.

La transurrencia generó la apertura de cuencas de *pull apart* paralelas y conectadas entre sí, integradas por depósitos sedimentarios continentales y volcánicos, piroclásticos, coladas y brechas

andesítico - basálticas intercaladas. Las brechas volcánicas se han emplazado principalmente a lo largo de fallas, presentando un carácter fisural.

En la cuenca del cerro Atajo, la relación del basamento con las sedimentitas terciarias es por falla en las partes basales y discordante en la parte superior, lo que constituye una clara evidencia de la sincronía existente entre tectónica y sedimentación.

Los depósitos volcano-sedimentarios de esta cuenca están intruidos por el cuerpo subvolcánico cerro Atajo, intensamente alterado con contenidos anómalos de Au y metales bases. El cerro Atajo esta deformado por fallas extensionales menores con orientación NO-SE asociadas al sistema dextral principal del lineamiento del Tucumán.

La quebrada Potreros que tiene sus nacientes en el prospecto Agua Rica es coincidente por tramos con la traza de una falla sinistral de rumbo N-S que desplaza rocas del basamento. En el área de Agua Rica, la falla presenta una geometría curva hacia el oeste, rasgo que, asociado a su movimiento izquierdo resulta favorable para la generación de una zona transtensiva localizada y el emplazamiento de un sistema intrusivo porfírico. Movimientos rotacionales posteriores habrían generado grietas y fallas menores de orientación NE-SO donde se disponen las vetas mineralizadas. A lo largo de esta falla se registraron depósitos piroclásticos proximales que indican la existencia de un centro volcánico terciario posiblemente obliterado por la deformación.

La zona de alteración hidrotermal con mineralización del tipo pórfiro con Mo, de Filo Colorado presentacaracterísticas estructurales similares a la de Agua Rica razón por la cual se interpreta su emplazamiento bajo el mismo régimen tectónico.

La minería es una de las actividades económicas relevante de toda la región de estudio, ya que en el área se ubican importantes distritos mineros como Culampajá, Cerro Atajo, Capillitas, Agua Rica y Farallón Negro - Alumbraera.

Las poblaciones más importantes son las ciudades de Santamaría, Andalgalá y Belén. Otras poblaciones menores son: Londres, Corral Quemado, Hualfín, Villa Vil y los establecimientos mineros La Alumbraera y Farallón Negro.

II.3.1. ESTRATIGRAFÍA

II.3.1.1. BASAMENTO CRISTALINO

Se consideran en esta sección todas aquellas unidades metamórficas y granitoides asociados que constituyen el zócalo sobre el cual se apoyan las unidades más jóvenes.

II.3.1.1.1. Metamorfitas de Bajo Grado

Se incluyen dentro de esta categoría a aquellas rocas que aún conservan características que permiten inferir su origen sedimentario. Son producto de metamorfismo regional de muy bajo a bajo grado. En general se trata de pizarras, pizarras filíticas y filitas, las que pueden ser bandeadas. Cuando lo son, esta estructura se encuentra pobremente desarrollada, con bandas de milímetros a centímetros de espesor. Es común reconocerlas como transición paulatina o abrupta hacia rocas de mayor grado metamórfico. Adicionalmente se han reconocido mármoles, los que se encuentran como intercalaciones de hasta 15 metros de potencia. Este grupo de rocas está representado por las Formaciones Loma Corral integrada por esquistos cuarcíticos, anfibolitas, milonitas, filonitas y mármoles y Suncho constituida por pizarras, esquistos de bajo grado y hornfels. La homogeneidad

litológica y textural de los afloramientos permite considerar a ambas formaciones como similares y asignarlas en conjunto a una sola unidad.

II.3.1.1.2. Metamorfitas de Grado Mediano a Alto

Corresponden a esquistos bandeados, gneises, gneises de ojos, migmatitas y escasos niveles de anfibolitas y calcosilicatos. Las rocas con textura gnéisica están formadas por bandas leucocráticas cuarzo - feldespáticas y bandas oscuras con abundantes minerales micáceos. La foliación es de tipo composicional con muy variados diseños, desde folias claras, finas y pobremente definidas hasta la formación de lentes cuarzo-feldespáticos, relacionables a fundidos graníticos de origen migmatítico.

Esta unidad incluye a la Formación Famabalasto integrada por metamorfitas con características polifásicas, entre las que se reconocen procesos de fusión parcial y/o migmatización, en ocasiones con granitoides asociados.



Figura II.3.1. Cumbres de Aconquija. Relación de contacto entre unidades metapelíticas de la Formación Suncho (parte superior), y facies monzograníticas del Batolito de Capillitas. Sector norte de Filo Colorado. Se observa también el desarrollo de relieves y depósitos glaciares.



Figura II.3.2. Detalle de unidades metamórficas de muy bajo grado en la quebrada de Amano, sur de la Alumbreira. La metapelitas están afectadas por deformación dúctil durante el Paleozoico Inferior. Faja de deformación Amanao, con orientación aprox. N-S.



Figura II.3.3. Esquistos micáceos. Metamorfitas de medio grado conformadas por una asociación de cuarzo, biotita, muscovita, plagioclasa y escaso feldespato potásico. Unidad inferior del Complejo Metamórfico de la Chilca. El metamorfismo aumenta progresivamente hacia el este hasta alcanzar fácies de anfibolita alta.



Figura II.3.4. Rocas migmatíticas, con eventos de deformación superpuestos. Al menos se observan dos fases. La asociación mineral característica es cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, granate. Fácies de anfibolita alta. En sectores de la sierra de Aconquija y de Quilmes, la generación de leucosomas de composición granítica es más importante.

II.3.1.1.3. Granitos

Granitos deformados

Corresponde a granitoides que se encuentran irregularmente distribuidos en la mayoría de las sierras de la región, y estrechamente relacionados con las áreas migmatíticas. En general son de tamaño variable y pueden formar una alta densidad de afloramientos. La composición no es homogénea con distintos grados de deformación, según los sitios de observación. En su composición se reconocen desde facies de sienogranitos hasta tonalitas. Son rocas de colores claros, con texturas granosas hasta porfíricas, compuestas predominantemente por cuarzo, feldespatos, biotita, muscovita y en menor medida por cordierita y granate. Son comunes las texturas de intercrecimiento como mirmequitas y pertitas. Entre los cuerpos de mayor envergadura se pueden citar: El granito La Primavera, el Chango Real, el ortogneis La Puntilla, el granito de la sierra de Belén y el que aflora en las sierras de Capillitas, Santa Bárbara y alrededores de Andalgalá conocido como Batolito Granítico de Capillitas.



Foto II.3.5. Facies graníticas porfíricas del granito de Capillitas. Faja de deformación dúctil de Amanao – Atajo. Se observa el estiramiento del cuarzo, conformando cintas y la deformación frágil de los fenocristales de feldespato potásico, conformando un gneis de ojos. Se estiman.

Granitos no deformados

Se han reunido en esta sección a una serie de granitoides de dimensiones variables cuya característica más destacada en el afloramiento son las relaciones discordantes con las rocas de caja previamente descritas. Estas rocas muestran comúnmente una similar asociación de minerales de mena con Sn, W y en algunos casos minerales de uranio. Muchos de ellos localmente producen, por concentración de volátiles en la cúpula, efectos metasomáticos en las cajas generalmente con aporte de turmalina, topacio y fluorita.

Por último, hay que mencionar que, en la periferia de alguno de estos cuerpos, o en fracturas en la roca de caja, se han encontrado junto con cuarzo diminutos cristales de granate, probablemente espesartina asociados a una fase volátil de baja temperatura. Ejemplos de estos cuerpos se observan en: Vilachay, Ratones, Florida, Papachacra, Quimivil, Rodeo, Cumbre de Las Lajas El Zarzo y Villa Vil.



Figura II.3.6. Facies de leucogranito, granito Villa Vil en relación de falla sobre unidades metamórficas de bajo grado de la Formación Suncho. Quebrada de Villa Vil.

II.3.1.2. UNIDADES SEDIMENTARIAS Y VOLCANOGENICAS

II.3.1.2.1. Paleógono

Formación Hualfín: Areniscas de grano fino y mediano, color rojo ladrillo oscuro a violáceo, bien cementadas, estratificadas en capas de 1 a 2 m de base plana, macizas, con laminación paralela e inclinada. La parte inferior de la unidad presenta rodados dispersos y algunas intercalaciones de areniscas conglomerádicas con guijas y sábulos de granitoides, metamorfitas y escasas vulcanitas mesosilícicas. En la parte superior se reconoce un nivel arenoso con paraclastos de material tobáceo y concentraciones de pumicitas blancas deformadas por aplastamiento.

Hasta el momento no se han encontrado fósiles en esta unidad, salvo trazas de vermes en los niveles pelíticos. El grado de diagénesis de esta unidad es notablemente más intenso que el resto de las unidades suprayacentes.

Formación Las Arcas: Areniscas rojas finas, limolitas y areniscas conglomerádicas. Esta unidad es equivalente a la Formación Morterito definida al este de la sierra de Hualfín en las sierras de Capillita y Aconquija.

Está integrada por areniscas rojas finas y medianas, limonitas y areniscas conglomerádicas, dispuestas en capas tabulares macizas o con laminación paralela muy continuas lateralmente. La sucesión está organizada en cuerpos granocrecientes de 8 a 10 m, coronados por facies de areniscas finas. Las pelitas se presentan como delgadas intercalaciones con abundantes grietas de desecación en la parte inferior de la unidad. En las facies pelíticas se encuentran algunos niveles de caliza con bivalvos y ostrácodos.

Las características de esta unidad observada a lo largo del río Hualfín y en los Nacimientos no permiten a priori separarla de la secuencia correspondiente a la Formación Hualfín. En los Nacimientos el límite basal de esta unidad dado por un banco de pelitas con pómez blancas presenta una relación de aparente continuidad estratigráfica con la unidad basal, mientras que la relación con la Formación Chiquimil es fuertemente erosiva.



Figura II.3.7. Secuencias rojas de areniscas conglomerádicas en la zona de Hualfín. Se intercalan con niveles ricos en clastos pumíceos de Formación Calchaqui.



Figura II.3.8. Relación de contacto entre la Formación Hualfín y Formación Las Arcas (sector izquierdo) en el área de Hualfín. Se observa la continuidad estratigráfica entre las dos unidades buzantes hacia el norte.



Figura II.3.9. Formación Morterito, en la cuenca de Capillitas. Se deposita en relación discordante sobre la peneplanicie desarrollada en unidades graníticas del basamento.



Figura II.3.10. Formación Morterito. Depósitos de areniscas rojas, correspondiente a sistemas fluviales en el área de la cuenca de Capillitas.

II.3.1.2.2. Neógeno

Formación Chiquimil: Areniscas, conglomerados, niveles piroclásticos

La sección inferior de esta formación (Miembro Los Baños) representa un ambiente fluvial de llanura, en tanto que la sección superior (Miembro El Áspero) representa un sistema fluvial entrelazado gravoso con frecuentes depósitos de inundación, flujos mantiformes y fango preservados escasamente que conformaban una planicie de inundación. Esta unidad alcanza 1.392 m de espesor.



Figura II.3.11. Depósitos de aglomerados volcánicos pertenecientes al Miembro el Áspero, intercalados entre niveles de areniscas y conglomerados de la Formación Chiquimil.

Unidad Volcánica Central del Complejo Farallón Negro (CVFN): compuesta por brechas y aglomerados andesíticos con intercalaciones de coladas andesíticas a basáltico-andesíticas y flujos piroclásticos. La sucesión está pobremente estratificada en bancos de varios metros de espesor. Intercalados se encuentran las coladas y filones capa de andesitas y andesitas basálticas. Estas últimas de color oscuro abundan en la parte central del complejo volcánico y resaltan en el paisaje por su mayor resistencia a la erosión.

Las brechas y aglomerados presentan en su conjunto tonalidades moradas a violáceas con clastos y matriz de composición andesítica. Los bloques presentan texturas porfíricas con fenocristales de plagioclasa zonal, anfíbol y escasa biotita.

Miembro El Jarillal: Representa una sucesión granodecreciente de areniscas finas castaño amarillentas a verde amarillentas, macizas con intercalaciones de conglomerados finos y areniscas gruesas, estas últimas más frecuentes en la base y parte media del miembro. La composición de la fracción gruesa de los conglomerados muestra una notable disminución de la participación de rodados volcánicos del miembro el Áspero y un crecimiento de fragmentos del basamento hacia el techo. Las paleocorrientes indican procedencia desde el oeste.

II.3.1.2.2.3 Intrusivos dacíticos - riolíticos

Se incluyen en esta unidad diversos cuerpos subvolcánicos intrusivos de composición riolítica, dacítica, monzodiorítica a granodiorítica, principalmente, secuencias lávicas, cuerpos andesíticos, depósitos

piroclásticos, relacionados con importantes depósitos mineralizados con Cu - Au - Mo y Pb - Zn - Ag. La edad de los intrusivos varía entre los 9 a 3 Ma.

Andesita La Chilca (CVFN): Andesitas

Domos subvolcánicos andesíticos de hasta 4,3 km² de extensión. Son rocas porfíricas de pasta afanítica y textura fluidal con fenocristales de plagioclasa zonal (andesina-labradorita), oxihornblenda y escasa biotita. En esta unidad litológica también se incluyen coladas andesíticas.

Alto de la Blenda – El Durazno (CVFN): Monzonitas y granodioritas.

Monzonitas compuestas por plagioclasa, clinopiroxeno, biotita, escaso anfíbol, opacos sanidina y cuarzo (menos del 6%). Esta unidad intruye la Brecha y Aglomerado Andesítico Central. El stock monzonítico es intruido por diques dacíticos y riolíticos.

Agua Tapada – Macho Muerto – Los Leones (CVFN): Andesitas cuarcíferas, dacitas y riolitas.

Unidad formada por cuerpos subvolcánicos, domos y diques de hasta 1,2 km² de andesitas cuarcíferas, dacitas y riolitas. Se trata de rocas porfíricas que presentan generalmente fuerte alteración hidrotermal, asociadas a mineralizaciones epitermales y de pórfiro cuprífero. Las variedades riolíticas muestran textura fluidal.

Agua Rica - Capillitas – Filo Colorado- Cerro Atajo: Complejos porfíricos, riolitas, riodacitas y monzodioritas.

Cuerpos intrusivos hipabisales relacionados con desarrollo de brechas, diatrema, depósitos piroclásticos. Todos presentan zonas de alteración hidrotermal, vinculados con depósitos epitermales y de tipo pórfiro de Cu – Mo.

II.3.1.2.2.4 Unidades volcanogénicas indiferenciadas: Dacíticos y andesitas

Cuerpos irregulares dacíticos y andesíticos, diques, filones capa y lavas.



Figura II.3.1.2. Filo Colorado.



Figura II.3.13. Agua Rica.



Figura II.3.14: Capillitas.



Figura II.3.15: Cerro Atajo.

Formación Andalhuala: Esta unidad, denominada anteriormente como Araucanense, está caracterizada por secuencias arenoso-limosa de colores castaño claro a grisáceo. Contiene abundantes depósitos conglomerádicos con base erosiva que se incrementan hacia la parte superior de la unidad.



Figura II.3.16. Secuencias pertenecientes a la Formación Andalhuala en el área de Santa María.

Las areniscas arcósicas son friables, con colores grises medios a claros, en tanto que los conglomerados presentan color gris oscuro, con clastos y bloques de rocas metamórficas. Hacia la parte superior de la unidad intercalan bancos de tobas, entre los que se destaca una de gran expresión areal en el valle de Villa Vil datada por Marshall *et al.* (1979) en 6,67 Ma. Esta unidad presenta una rica y variada fauna de mamíferos y aves.

Formación Corral Quemado: Esta unidad está compuesta por conglomerados medios a finos clastosoposte con guijones y bloques dispersos dispuestos en estratos gruesos lenticulares y lateralmente continuos que alternan con lentes de areniscas gruesas poco consolidadas. En la sección superior participan areniscas medianas y finas entre los conglomerados. Se destacan niveles tobáceos, uno de los cuales, datado por Marshall y otros (1979) en 3,35 Ma representa el contacto con la Formación Andalhuala.

Rodados de la Puna (Punaschotter): Se trata de conglomerados finos a medianos, ocasionalmente gruesos, con guijones y bloques dispersos, de composición granítica y metamórfica, con clastos y

rodados subredondeados, que alternan con lentes de areniscas gruesas arcósicas. Se observan espesores máximos de 50 metros.

II.3.1.3. Cuaternario Indiferenciado

Niveles pedemontanos antiguos: Bloques, gravas y arenas.

Unidad compuesta por granulometrías muy gruesas y heterométricas (bloques, gravas y arenas), dispuestas en depósitos carentes de selección, de sedimentación caótica, con estratificación ausente, a menudo groseramente entrecruzada. Los bloques y gravas están compuestos por rocas graníticas y metamórficas, y en menor proporción por sedimentitas y vulcanitas cenozoicas. La unidad presenta un espesor de 50 metros.

Abanicos aluviales y gravas de pedimento: Fanglomerados y conglomerados.

Fanglomerados y conglomerados pobremente seleccionados, con matriz arenosa, de sedimentación caótica y estratificación muy grosera a ausente.

Los depósitos de las facies proximales, cercanos al frente serrano corresponden a flujos densos como coladas de fango (*mud flows*), de detritos (*debris flows*) y avalanchas de rocas, cuyos depósitos retrabajados aportan detritos muy gruesos. Las facies distales están compuestas por sedimentos limosos y arcillosos que pasan a planicies de inundación.

En esta unidad se incluyen depósitos cuaternarios inferiores a 10 metros, que cubren superficies pedimentadas desarrolladas sobre las sedimentitas cenozoicas dislocadas.

Sedimentos limosos y arcillosos de planicies de inundación: Limos y arcillas.

Materiales clásticos finos, en los que se intercalan niveles lenticulares de granulometría más gruesa. Se trata de depósitos generados por derramamiento de los ríos durante las crecientes.

Sedimentos eólicos: Arenas y limos.

Extensas dunas de arenas transportadas por el viento. Los médanos alcanzan 6 m de altura con anchos de 30 a 40 metros. Importantes acumulaciones eólicas se encajonadas en las quebradas.

Depósitos evaporíticos de las playas salinas: Evaporitas.

Facies pelíticas distales con evaporitas de centro de cuenca y eflorescencias salinas por ascenso capilar.

Depósitos de avalanchas de rocas y deslizamientos: Bloques.

- a) Depósitos de avalancha (Campo del Arenal): Avalanchas secas de rocas, que se han movilizados como flujos sobre el piedemonte, originando depósitos localizados de hasta 15 metros de espesor. Se componen de una brecha con fragmentos muy angulosos, en matriz fina con bloques de hasta 20 m de diámetro. La distribución del tamaño de los clastos varía sistemáticamente concentrándose el material más grueso hacia la parte superior, abundando

el material fino en la parte baja del depósito

- b) Depósitos de deslizamiento (Villa Vil): Depósitos de deslizamientos planares (*landslide*) que se desarrollaron a partir de estratos inclinados de las secuencias volcano-sedimentaria cenozoicas.

Depósitos glaciénicos: Reducidos depósitos glaciénicos como morenas marginales y glaciares de escombros. Las morenas, en general, no se presentan como arcos continuos, debido a la erosión sufrida por la acción fluvial fini y posglacial y por la gran cantidad de movimientos de remoción en masa que las afectan. Los glaciares de escombros son depósitos lingüiformes, espatulados o lobulados, que ocupan el fondo de los circos y artesas glaciarias. Están integrados por hielo y detrito, y cubiertos en toda su superficie por escombros.

Depósitos de planicies aluviales: Arenas y gravas. Se trata de acumulaciones aluvionales de cauces entrelazados, compuestos por arenas gravas y bloques. Estos depósitos se desarrollan a partir de la disgregación de las sedimentitas neógenas muy friables.

II.3.2. TECTÓNICA

II.3.2.1. ESTRUCTURAS PALEOZOICAS

Las estructuras paleozoicas se analizaron en particular en el área de la quebrada La Chilca, extremo sur de la sierra de Aconquija, donde se elaboró un modelo estructural que puede ser aplicado a otras zonas del área relevada.

La quebrada La Chilca se encuentra en la ladera occidental de la sierra de Ambato al sureste de Andalgalá. Está integrada por unidades del basamento precámbrico y paleozoico con metamorfismo de bajo grado en el oeste a mediano y alto grado en el este.

Parte del basamento fue exhumado durante la tectónica andina por medio de un anticlinal suavemente buzante al norte, cortado por una falla en su flanco occidental. Esta falla de rumbo meridiano pone en contacto una faja de deformación milonítica con gneises y esquistos aflorantes al pie de la cuesta La Chilca y sería la responsable de la elevación de la sierra de Ambato hacia el oeste.

II.3.2.2. ESTRUCTURAS ANDINA

Las estructuras más evidentes del área analizada son fallas de rumbo NE-SO que delimitan bloques elevados de basamento y valles angostos y fallas secundarias con rumbo norte-sur.

A escala regional esta asociación estructural forma parte del lineamiento de Aconquija o de Tucumán de rumbo NE - SO, interpretado como una zona de transferencia con desplazamiento lateral derecho.

Las fallas principales ponen en contacto granitoides y metamorfitas del basamento que integran las sierras de Ambato, Aconquija, Capillitas, Hualfín, Belén y Quilmes con sedimentitas terciarias dispuestas a lo largo de los valles de los ríos Capillitas, Cerro Atajo y Santa María, configurando una fisiografía de valles y sierras (*basin and range*).

Sobre las fallas principales de rumbo NE - SO se obtuvieron datos cinemáticos de desplazamientos dextrales, mientras que en otras de orientación N-S se obtuvo un sentido de desplazamiento sinistral.

Las sierras de Aconquija, Capillitas y La Chilca presentan fallas en sus laderas orientales y relaciones discordantes entre el basamento y la cobertura en las laderas occidentales.

La cinemática transcurrente combinada con geometrías de fallas principales provocó la localización alternada de ambientes transpresivos con elevaciones de bloques y transtensivos con la generación de cuencas de *pull apart* y el emplazamiento de cuerpos intrusivos, en su mayoría mineralizados, entre los que se destacan los de Farallón Negro, Cerro Atajo, Capillitas, Agua Rica y Filo Colorado.

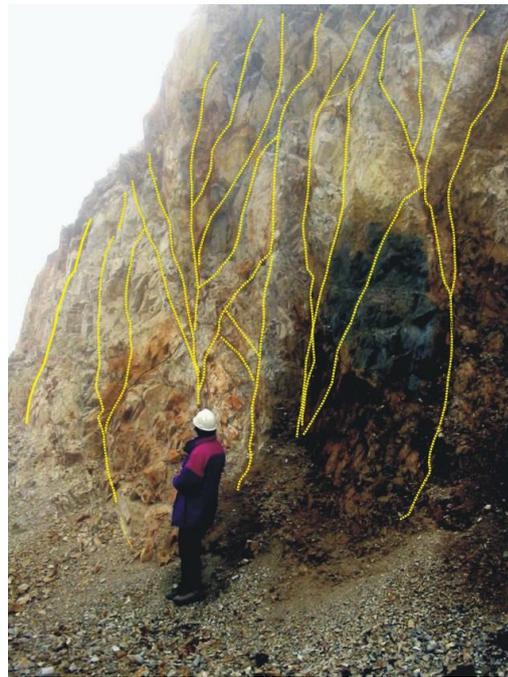


Figura II.3.17. Falla Potrero en el prospecto Agua Rica, donde se observa el diseño en flor negativa, asociada a un movimiento con desplazamiento horizontal y sentido sinistral. La geometría de esta falla y su cinemática favoreció tanto el emplazamiento de cuerpos porfíricos y posteriormente la superposición de un sistema epitermal.

II.4. GEOMORFOLOGÍA

II.4.1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

El conocimiento y caracterización del medio físico es de significativa importancia para el desarrollo y ordenamiento del territorio especialmente en aquellas regiones expuestas a amenazas de índole geológica, donde se planifican y/o desarrollan actividades humanas. Los procesos geológicos son los responsables del modelado del paisaje variando en recurrencia e intensidad; por lo tanto su entendimiento es muy importante para prevenir o mitigar daños a personas y/o infraestructura.

En este informe se exponen los aspectos geomorfológicos de un área aproximada de 5.440 km², ubicada en la unidad geológica de Sierras Pampeanas Occidentales, en la provincia de Catamarca (Fig. II.4.1). El trabajo es el resultado del análisis crítico de la información geológica, estructural, geomorfológica, cartográfica y sísmica preexistentes y de las observaciones de campo realizadas en el mes de junio de 2016, haciendo hincapié en los procesos geomórficos y en la susceptibilidad relativa asociada a cada uno de ellos.

Además del presente texto, el informe incluye un mapa geomorfológico y uno de susceptibilidad geomorfológica a escala 1:100.000 (Anexos I). Para la determinación de la susceptibilidad se utilizó el método geomorfológico basado en la individualización y caracterización de los diferentes movimientos en masa y los procesos asociados a los mismos.

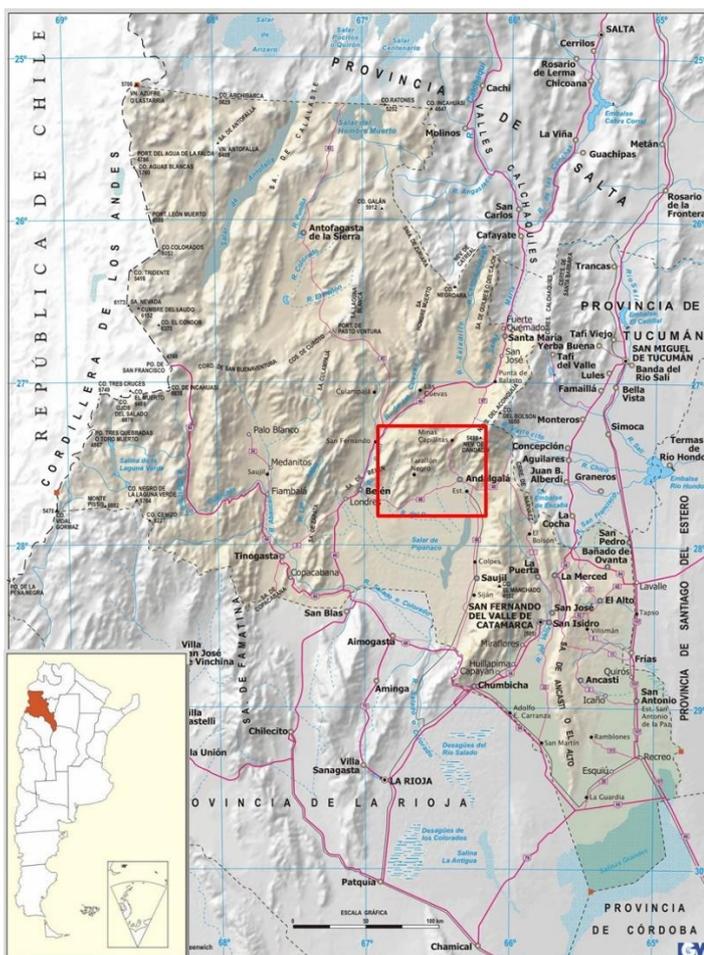


Figura II.4.1: Ubicación del área de estudio.

II.4.2. MARCO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL – EVOLUCION DEL PAISAJE

La región de Sierras Pampeanas Occidentales muestra un paisaje cuya evolución data desde el Proterozoico superior. Sin embargo, su aspecto actual es, en gran parte, el resultado de los eventos tectónicos sucedidos durante el Ciclo Orogénico Andino, los cambios climáticos acontecidos durante el Pleistoceno y los procesos geomórficos que han estado modelando el terreno hasta la actualidad.

El paisaje está compuesto por cordones montañosos separados por valles y amplias depresiones o pampas (Fig. II.4.2), razón que motivó a Stelzner (1873) a usar el nombre de Sierras Pampeanas para esta unidad o provincia geológica. Esas características morfológicas son el resultado de la combinación de procesos endógenos principalmente, como la tectónica y el volcanismo, y del modelado exógeno a través de procesos fluviales, glaciares, periglaciario, eólico y de remoción en masa.

La Orogenia Andina, de carácter compresiva, estructuró el área como una faja plegada y corrida, representada por una serie de cordones serranos con rumbos submeridionales. A esta estructuración se superimpuso una dinámica transversal oblicua, con rumbo aproximadamente noroeste-sudeste a oeste-este, con importante componente transcurrente. Esta combinación resultó en la formación de valles longitudinales y controló la integración de diferentes cuencas endorreicas preexistentes como así también, el desarrollo del volcanismo terciario.

Las sierras exponen las rocas más antiguas compuestas por metamorfitas, migmatitas y rocas graníticas formadas durante el Precámbrico y Paleozoico, mientras que los valles y pampas están cubiertas por depósitos formados por los sedimentos transportados por los ríos y el viento. Luego de la formación de las rocas más antiguas y hasta la conformación de las sierras, transcurrió un largo período de tiempo (290 millones de años) donde tuvieron lugar procesos de erosión y depositación sobre el basamento.

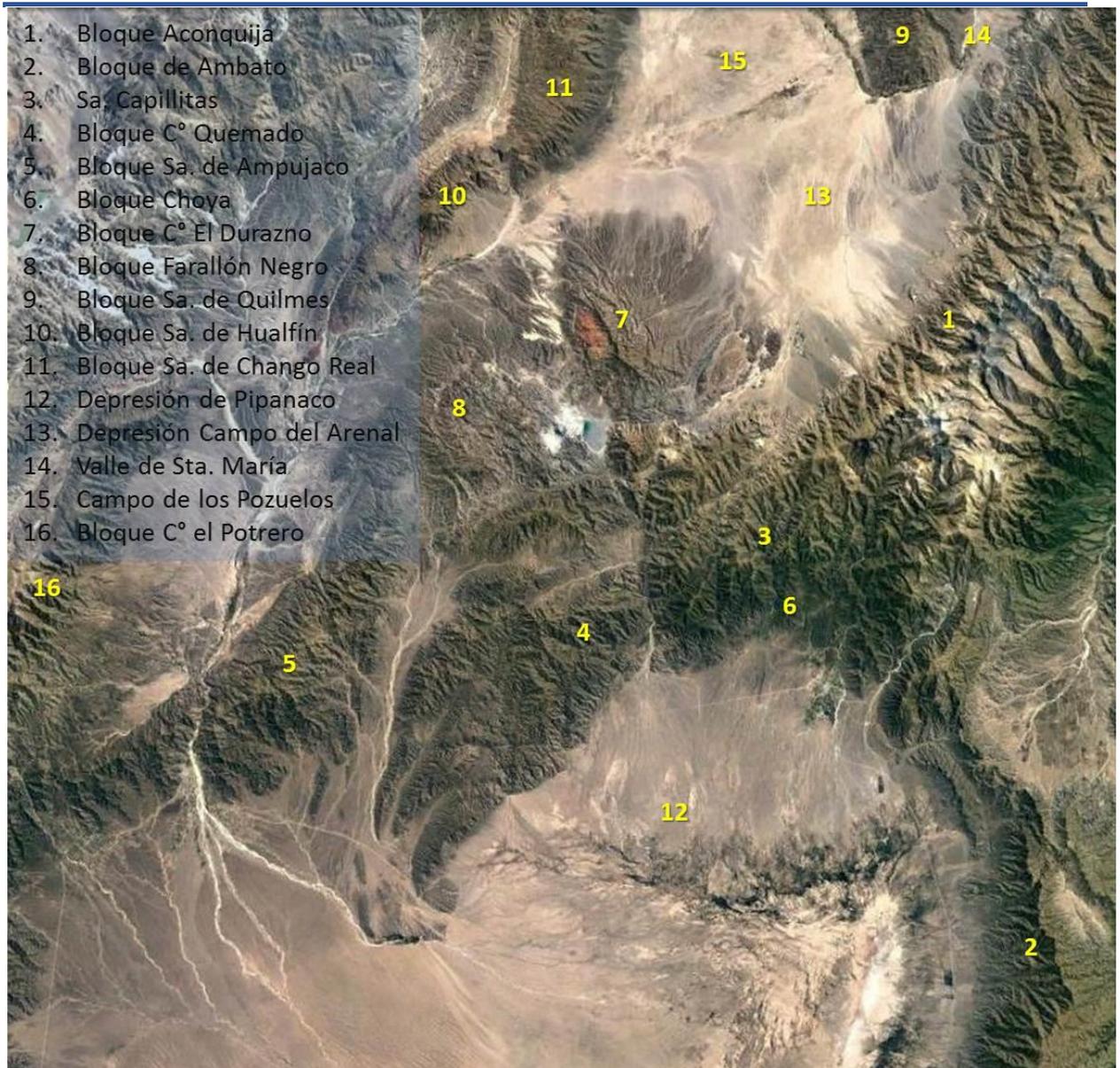


Figura II.4.2: Unidades morfotectónicas del área.

Las fuerzas compresivas que actuaron sobre la corteza terrestre provocaron el ascenso paulatino de las sierras hace 5,5 millones de años. Este ascenso fue migrando de oeste a este por lo que primero ascendió la Cordillera de los Andes, luego la Precordillera y finalmente las Sierras Pampeanas (Fig. II.4.3). El progresivo ascenso permitió que tuviera lugar un prolongado proceso de erosión que originó depósitos sedimentarios al pie de la sierra que ulteriormente fueron arrastrados, levantados y plegados a medida que ascendían los bloques del basamento (Fig. II.4.4 a y b). Estos depósitos sedimentarios fueron cubiertos por otros materiales modernos que rellenan las grandes depresiones o constituyen serranías menores en el paisaje.

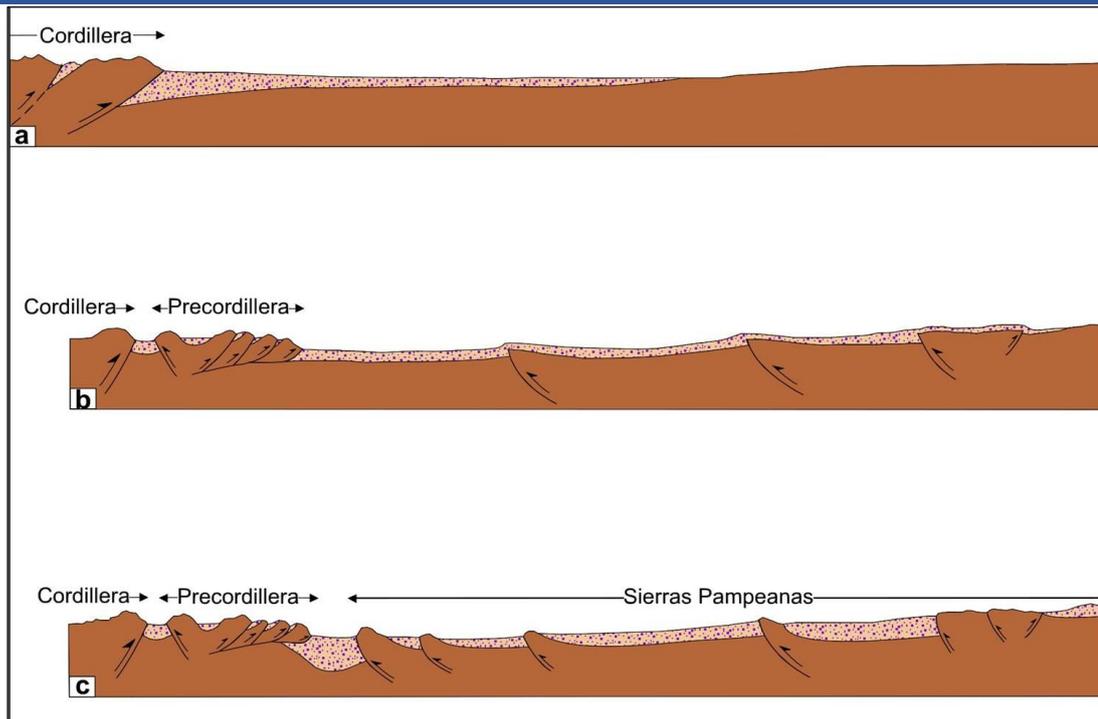


Figura II.4.3: Perfiles esquemáticos que exponen el ascenso de la Cordillera (a), Precordillera (b) y de las Sierras Pampeanas (c) (modificado de Ramos 1999).



Figura II.4.4 a y b: Depósitos terciarios apoyados sobre la peniplanicie precámbrica - paleozoica.

El ascenso de las sierras dejó delimitado cuencas y cadenas montañosas que fueron modificándose a través de los procesos exógenos como el fluvial, eólico, glaciario periglaciario y de remoción en masa. La intensidad y el tipo de proceso variaron según la altura y orientación de las sierras, el nivel de base de erosión, la posición de las estructuras predominantes (fallas) y los diferentes cambios climáticos. La sierra de Aconquija, ascendida por encima de los 5.000 metros, actuó como barrera climática frente a los vientos húmedos del este. El englazamiento de este cordón montañoso durante el Pleistoceno le imprimió el modelado que muestra en la actualidad, algo que no ocurrió en sierras de menor altura.

La región está dominada por un clima cálido a templado, continental y semiárido; el promedio de las precipitaciones, en la localidad de Belén, es de 300 mm anuales, con vientos predominantes del sudeste, sur y oeste (González Bonorino 1972; Servicio Meteorológico Nacional 1981). En este contexto el proceso eólico tiene un papel preponderante en la configuración del paisaje; ha dado lugar a la formación de grandes acumulaciones de arena producto de la deflación diferencial de materiales aluviales y piroclásticos. Estas características se observan en el Campo del Arenal, campo de Los Pozuelos y en el Campo eólico de Belén y en la depresión de Pipanaco.

II.4.3. GEOFORMAS Y PROCESOS

Las geoformas son expresiones del relieve resultantes de la interacción entre diferentes procesos que han actuado a través del tiempo geológico. Aquellos que continúan modificando el paisaje se los señala como activos y afectan con distinta intensidad y recurrencia según el lugar donde se lo analice. La estabilidad de las laderas con fuertes pendientes está condicionada por factores internos y externos. Los factores internos están relacionados con las propiedades del material, su resistencia, la morfología de las laderas y sus condiciones ambientales. Mientras que los externos, como la infiltración de agua, la sismicidad, las explosiones y la acción antrópica, actúan directamente sobre los materiales que componen las laderas y son los que desencadenan diferentes procesos geológicos.

En el ambiente de sierras Pampeanas tienen lugar el proceso fluvial, eólico, periglaciario, de remoción en masa y los asociados a la neotectónica. Las crecientes, deslizamientos, movimientos de ladera en condiciones periglaciales, deflación y/o acumulación eólica y eventos sísmicos constituyen una amenaza especialmente cuando se producen en los alrededores de poblaciones u obras de infraestructura diversas. En la zona comprendida por este proyecto los procesos fluvial y eólico son los más conspicuos. El ambiente semiárido reinante determina la ocurrencia de precipitaciones de tipo torrencial durante la época estival, sucedidas normalmente en un período de tiempo corto. Las laderas empinadas con escasa cobertura vegetal, típica en estos paisajes serranos, están recubiertas con abundante material detrítico que es incorporado por las corrientes de agua originando importantes flujos de detritos (*debris flow*). Con el aumento en la intensidad y duración de las precipitaciones se produce mayor infiltración en el terreno facilitando la removilización de los materiales meteorizados y algunos suelos dispuestos en los faldeos, dando lugar a flujos de barro (*mud flow*). De esta manera según sea la intensidad de las precipitaciones y la cantidad de material que aporten las laderas, pueden originarse desde una creciente fluvial hasta un flujo de detritos, pasando por un flujo hiperconcentrado (*debris flood*). Un ejemplo de estos procesos fueron las crecientes con características destructivas ocurridas en la localidad de Andalgalá a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, citadas en la descripción de los procesos fluviales. Fuera del ámbito del proyecto, uno de los eventos más llamativo por los daños que ocasionó, fue el ocurrido el 2 de febrero de 2003 en las Termas de Fiambalá,

estudiado por González (2003). En esa oportunidad un alud de barro y piedra destruyó gran parte de la infraestructura de las termas sin provocar daños a personas.

A continuación, se describen brevemente los procesos que afectan al área.

II.4.3.1. PROCESO FLUVIAL

Si bien las condiciones climáticas de la región son de acentuada aridez, el proceso fluvial ha sido la causa exógena más influyente en el modelado del paisaje. Solamente ha sido superada, en el bloque de Aconquija, por los procesos glaciarios sucedidos durante el Pleistoceno.

La asimetría de los bloques serranos, provocada por el ascenso y basculamiento de estos, hace que la divisoria de aguas se encuentre desplazada hacia uno de los bordes de la sierra, coincidiendo con las escarpas de fallas (Fig. II.4.5). Los cursos de agua que surcan estas vertientes tienen diferente poder erosivo como así también competencia y capacidad de transporte que los que drenan las vertientes opuestas. Esta importante actividad fluvial actuó sobre el relieve positivo y dio lugar a un proceso de agradación pedemontana que originó distintos niveles de bajada que ocasionalmente pasaron distalmente a playas salinas. En su trayecto los cursos de agua también erosionaron los depósitos terciarios, adosados a los bordes bajos de los frentes serranos, dejando como resultado niveles de pedimentos, algunos de ellos afectados por neotectónica.



Figura II.4.5: Imagen oblicua mostrando la asimetría de los bloques serranos.

La profundización de la red fluvial (Fig. II.4.6) es una característica importante en las áreas montañosas y puede ser atribuida a cambios climáticos, como el pasaje de un período glacial a otro no glacial, a eventos neotectónicos o a interrupciones en el flujo normal de la corriente, provocado por represamiento natural de una quebrada a causa de algún movimiento en masa. Durante la época

glacial la gran carga detrítica que transportaban los ríos provocó una disminución de su potencia determinando así la agradación en sus lechos y la formación de extensos depósitos en el área pedemontana. Al cambiar las condiciones climáticas, hacia una época más cálida, el aporte detrítico hacia los ríos disminuyó notoriamente; esto resultó en un aumento de la potencia en las corrientes y una mayor incisión en los depósitos preexistentes. Al avanzar la onda de erosión retrocedente aumentó la profundización en el fondo de los valles y el socavamiento en los laterales de los mismos. Esto redujo la sustentación basal en las laderas y dio lugar a la ocurrencia de pequeños deslizamientos y derrumbes locales principalmente en depósitos susceptibles como lo son las morenas y glaciares de escombros ubicados en las nacientes de los valles. Este volumen de material movilizado por gravedad es susceptible de ser removilizado durante las lluvias torrenciales encauzándose quebrada abajo en forma de flujos de detritos o de barro.



Figura II.4.6: Escarpas erosivas provocadas por el rejuvenecimiento en el río Andalgalá.

En la actualidad, la combinación de un clima de altura con otro de tipo árido o desértico suscita una importante variabilidad espacial dada las características del relieve de la región. Las lluvias torrenciales que tienen lugar en la región, durante la época estival, han provocado crecientes con características destructivas en la localidad de Andalgalá a finales del siglo XIX y principios del XX. Kantor (1916) las menciona como fenómenos naturales frecuentes provocados por una combinación entre el clima y la topografía. En su trabajo reúne algunas citas como las del doctor Samuel A. Lofone Quevedo que describe al fenómeno, ocurrido entre los años 1879 y 1880, como un torrente de agua o de barro “que bajaba como una inmensa pared de barro negro retinto toda erizada de troncos de árboles seculares que había derrumbado en su marcha irresistible”. Otra, ocurrida el 17 de febrero de 1913 y descrita por el doctor Kühn como una creciente de grandes dimensiones donde menciona que “la llegada de la noche del 16 al 17 de febrero se hacía sentir por el ruido semejante a truenos lejanos, que producían los grandes cantos rodados en el cauce del río por sus choques continuos en el transporte; en la mañana, el lecho del río, ordinariamente seco, era llenado por un caudaloso torrente de color chocolate y con corriente rapidísima...” Otra creciente ocurrida en la noche del 17 de diciembre de 1915 (Kantor 1916) fue precedida por otros dos fenómenos de similares características las dos noches

anteriores. El disparador de estos eventos fue una lluvia torrencial que precipitó 116 milímetros en un corto lapso, aumentando rápidamente el caudal a 700 m³/s provocando inundaciones en los potreros, viñas y casas. El saldo fatal de este evento catastrófico fueron 67 fallecidos de un poblado que en esa fecha contaba con 4.000 habitantes.

A raíz de estos sucesos se propuso desviar el río Andalgala hacia el arroyo La Cañada, ubicado en forma paralela al anterior (Bravo 2009). La obra fue realizada entre los años 1921 y 1927 y consistió en desviar el río hacia el arroyo mencionado 3.600 m aguas arriba de la plaza principal (Fig. II.4.7) y hacerlo desembocar al río nuevamente 2.760 m aguas abajo de la misma. La obra realizada logró resolver el problema de los aluviones hasta la actualidad; no obstante, hoy en día, el cauce del río Andalgala en el sector de la obra está casi al mismo nivel que el antiguo cauce por donde avanzó en 1915. La ocurrencia de un evento similar a los ocurridos, con grandes volúmenes de agua, roca, barro, etc. podría provocar una avulsión en ese sector haciendo que el río retome el cauce original causando graves daños en la población (Fig. II.4.8). Si embargo esta situación se atenuaría porque la onda de erosión retrocedente está profundizando el cauce del arroyo La Cañada (Fig. II.4.9) aguas abajo del desvío. Una vez que haga lo propio sobre el cauce del río Andalgala reducirá el riesgo de que el flujo vuelva al cauce original, como ocurrió en el año 1915.

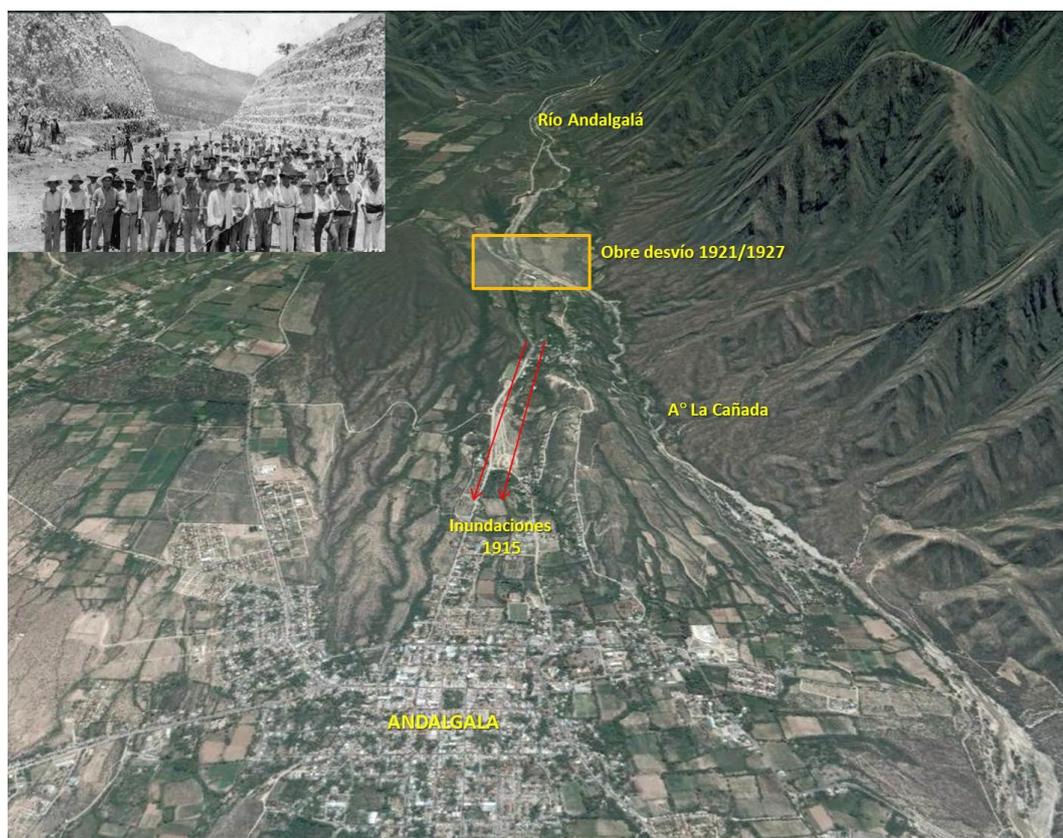


Figura II.4.7: Imagen oblicua mostrando el sector de la obra hidráulica (1921) luego de las inundaciones del año 1915. Vértice superior derecho una fotografía de la época.



Figura II.4.8: Cauce antiguo del río Andalgala.



Figura II.4.9: Profundización del cauce del arroyo La Cañada.

En el año 1984 una crecida extraordinaria del río ($2.000 \text{ m}^3/\text{s}$) hizo que el agua sobrepasara algunas defensas sin ocasionar pérdidas de ningún tipo. En diciembre del año 1996 una creciente disparada por una tormenta se concentró en el río Candado y en su trayecto provocó la rotura de la toma de agua del río Andalgala (Fig.II.4.10). La cantidad de agua caída fue de 86,78 mm en 11 horas, registrada por la estación meteorológica ubicada en el campamento del Proyecto Agua Rica, en la quebrada Minas.



Figura II.4.10: Toma de agua en el río Andalgálá.

En los años 2004 y 2006 las abundantes lluvias ocurridas en la región condujeron a una profundización repentina en el cauce del río Villa Vil provocando la rotura del mineraloducto que la compañía Minera Alumbreira ha trazado a lo largo de esta quebrada (Fig. II.4.11).



Figura II.4.11: Sector de ubicación de la rotura del mineraloducto en el río Villa Vil.

En el piedemonte distal la acción fluvial esporádica pero intensa, en complicidad con la tectónica que afecta al sector proximal, ha dado lugar a la formación de gran cantidad de pequeños cauces interconectados y la profundización de otros (Fig. II.4.12). Es importante destacar que las corrientes ocasionales y la tala notoria de los bosques de algarrobo, junto a la acción eólica, están provocando

un proceso de desertificación notable en el sector norte del salar de Pipanaco (Fig. II.4.13). Asimismo, la dinámica de la tectónica actual en el borde occidental de la sierra de Ambato ha promovido la erosión fluvial de antiguos depósitos lacustres correspondientes al salar (Fig. II.4.14).



Figura II.4.12: Evidencias de profundización fluvial en el piedemonte distal, aguas abajo de la localidad de Andalgalá.



Figura II.4.13: Evidencias de desertificación en el piedemonte distal aguas abajo de la localidad de Andalgalá.



Figura II.4.14: Afloramiento de depósitos lacustres al norte del salar de Pipanaco.

En el piedemonte occidental de la sierra de Ambato, fuera de los límites del área de estudio, se ubica la localidad de Siján. Esta población fue testigo de un catastrófico aluvión (flujo de detritos) el 23 de enero del año 2014, ocasionado por las fuertes precipitaciones ocurridas en las inmediaciones del cerro Manchao. Las crecidas de los ríos Ambato y Siján provocaron no sólo numerosos daños en la infraestructura (Fig. II.4.15) del lugar sino también el saldo de 13 víctimas fatales.



Figura II.4.15: Depósitos originados por flujos de detritos. Flujo de detritos de Siján.

II.4.3.2. PROCESO EÓLICO

Las características semiáridas de la región establecen que los procesos de transporte y depositación eólicos sean muy importantes, especialmente cuando hay sedimentos disponibles para ser transportados por el viento. Los materiales finos producidos por los diferentes agentes erosivos son transportados por el viento formando grandes acumulaciones de arena, en forma de extensas dunas longitudinales y grandes mantos eólicos, cuyas expresiones más conspicuas son el campo eólico de Belén (Fig. II.4.16) (Tripaldi *et al.* 2005) y la depresión tectónica campo del Arenal. Algunos sectores de la depresión de Pipanaco muestran un paisaje suavizado producto del soterramiento de los depósitos fluviales merced del material eólico (Fig. II.4.17 a y b).



Figura II.4.16: Campo eólico de Belén en la parte superior de la fotografía.



Figura II.4.17 a y b: Paisaje afectado por acción eólica.

El material piroclástico proveniente de campos volcánicos cercanos constituye un aporte importante especialmente sobre los pedimentos antiguos del borde noroeste de los bloques de Farallón Negro y cerro Durazno como así también en la depresión tectónica campo del Arenal.

II.4.3.3. PROCESO GLACIARIO

La sierra de Aconquija, desde su ascenso, se ha comportado como una enorme barrera orográfica para los vientos húmedos del noreste (Fig. II.4.18), condición que permitió el mayor englazamiento en la vertiente oriental durante el Pleistoceno. Esto se refleja en el mejor desarrollo de las formas de erosión y acumulación glaciaría en esa vertiente respecto de la occidental.

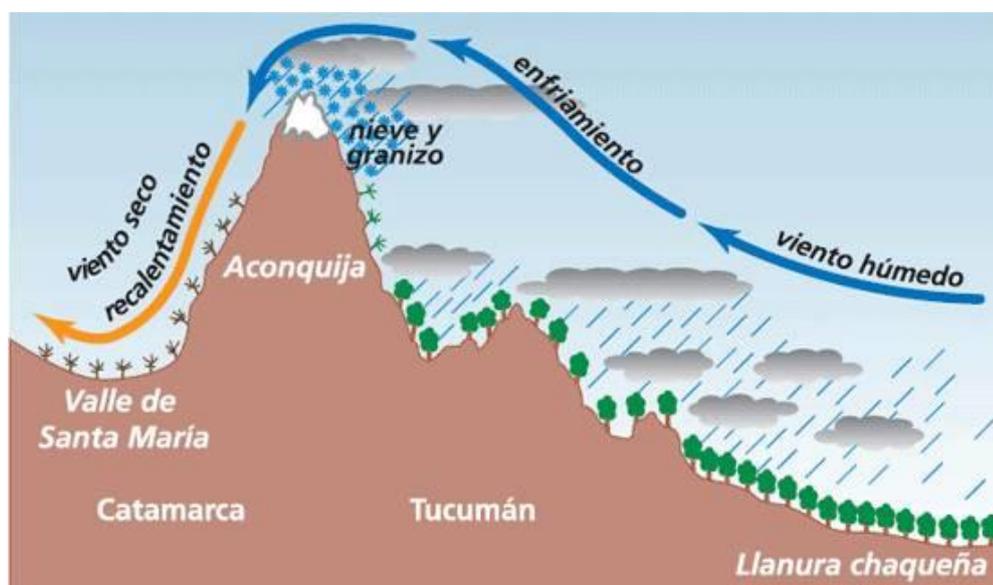


Figura II.4.18: Esquema de circulación eólica en la sierra de Aconquija.

II.4.3.4. PROCESO PERIGLACIAL

Las condiciones periglaciares actuales tienen lugar en el sector NE del área estudiada y corresponde al extremo sur de la sierra de Aconquija donde las cumbres alcanzan los 5.500 metros. Este ambiente periglaciario fue estudiado en detalle por Fauqué y Azcurra (2009) debido a la importancia que revisten como área de recarga del acuífero del Campo del Arenal, de donde se obtiene el agua para el desarrollo del proyecto de Bajo de La Alumbra. Los procesos geocriogénicos producto del congelamiento y descongelamiento estacional, y los suelos congelados (permafrost de montaña o alpino) son los fenómenos más comunes en este sector de la sierra. El desplazamiento del límite inferior del permafrost hacia las cumbres, a medida que lo hacía la línea de nieves permanentes, ha determinado la presencia de glaciares de roca activos, inactivos y relícticos o fósiles, estos últimos citados en la zona por Czajka (1955). En su trabajo sobre la sierra de Aconquija, Fauqué y Azcurra (2009), realizaron una zonación geocriogénica determinando una zona geocriogénica, una zona para-geocriogénica y una zona de congelamiento y descongelamiento irregular.

La zona geocriogénica se ubica por encima de los 4.600 metros y el permafrost puede aparecer en superficie o cercano a ella, coincidiendo con el límite inferior de los glaciares de roca activos. Predominan en esta zona los procesos de gelifracción y soligeliflucción como así también los glaciares de roca y taludes de escombros. La gelifracción es el proceso más conspicuo que afecta a los afloramientos rocosos de las altas cumbres. Los planos de esquistosidad y el alto grado de

fracturamiento que tienen las rocas aflorantes favorecen la infiltración del agua de deshielo que al congelarse aumenta de volumen y presión provocando la desagregación del macizo rocoso. El material resultante son clastos angulosos y si el proceso se repite dichos clastos pueden transformarse en materiales finos que tapizan las laderas de los valles. Este material detrítico se moviliza por geliflucción alimentando a los taludes y glaciares de escombros. La soligeliflucción se da en áreas de suelo helado donde el material detrítico saturado en agua fluye lentamente por efecto de la gravedad facilitado por una capa congelada subyacente.

La soligeliflucción actúa de manera diferente en laderas opuestas, de allí la asimetría de los valles. El proceso es más activo en las que miran al norte debido a que la insolación es mayor por consiguiente la cantidad de ciclos de congelamiento y descongelamiento también lo son. Esta dinámica resulta en laderas más tendidas y suaves tapizadas por espesas capas detríticas con asomos aislados de afloramientos rocosos lo que resulta una desventaja para la fundación de cualquier obra de infraestructura.

De lo contrario las laderas que miran al sur por la escasa insolación y ciclos de congelamiento y descongelamiento tienen pendientes próximas a 45°. Poseen escarpes rocosos en la parte superior surcados por estrechos canales de desagüe, cubiertos de abundante material detrítico producto de la gelifracción. Por estos canales se moviliza el material detrítico que alimenta los amplios conos de talud o derrubios conectados, en la mayoría de los casos, a glaciares de escombros en la parte inferior.

Los glaciares de escombros se encuentran muy bien representados en la cuenca alta del río Andalgalá, en el sector austral de la sierra de Aconquija donde se ubican los cerros Nevado Del Candado (5.489 m) y Hueco (5.350 m). Son geoformas formadas por hielo y material detrítico, alimentadas por las precipitaciones níveas, avalanchas de nieve y detrito, granizo blando en el verano y esporádicamente la lluvia. Se hallan confinadas al fondo de los valles o a uno de sus laterales (Fig. II.4.19) y se movilizan lentamente por acción de la gravedad. Según su origen pueden ser criogénicos, formados por procesos asociados a avalanchas nivo-detríticas, geliflucción, etc. y glaciogénicos cuando se forman a partir de glaciares con balance negativo. En el sector mencionado los glaciares de escombros son de origen criogénicos, aunque no se descarta que originalmente hayan pasado por una etapa glaciogénica. Diversos estudios determinan que estas geoformas periglaciares constituyen una reserva muy importante de agua en regiones desérticas (Corte 1976a, 1976b, 1978, 1980; Marangunic 1976 y Buk 1983). El agua que drena de los glaciares de escombros se haya libre de contaminantes y partículas finas en suspensión ya que estas últimas quedan atrapadas dentro de la geoforma.

Otros elementos característicos de este ambiente son los taludes de escombros, fuente principal de alimentación de los glaciares de escombros. Se desarrollan en los sectores próximos a la cumbre, al pie de pendientes escarpadas y están formados por acumulaciones de bloques angulosos de diferentes tamaños y en menor porcentaje materiales finos. En general tienen formas cóncavas con pendientes que varían entre los 25° y 40°. Los bloques se desprenden de los afloramientos por gelifracción y se acumulan por caídas en la parte inferior del talud. Este proceso es más frecuente durante la época de deshielo donde, inclusive, el material puede moverse más allá de la base del talud por reptaje, rodadura o deslizamiento.

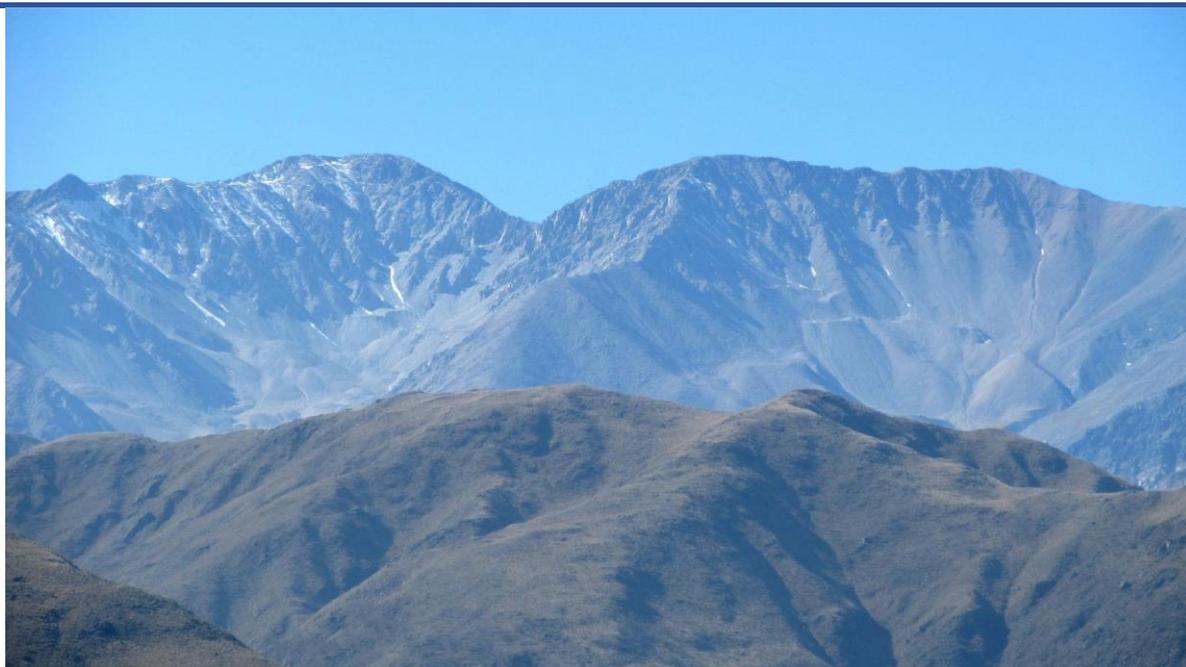


Figura II.4.19: Glaciares de escombros en el Nevado del Candado, sierra de Aconquija.

Entre los 4.600 m y los 4.100 metros se definió la zona para geocriogénica caracterizada por ciclos anuales de congelamiento y descongelamiento estacional o regular sin permafrost en superficie. En esta zona se encuentran los glaciares de roca inactivos formados por un núcleo helado, una importante capa detrítica que los cubre y abundante vegetación desarrollada a expensas del material fino presente. El proyecto minero Filo Colorado se halla dentro de esta zona.

Por debajo de los 4.100 metros está la zona de congelamiento y descongelamiento irregular donde está ubicado el proyecto Minero Agua Rica.

II.4.3.5. PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los movimientos en masa o de ladera incluyen el descenso ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierra por efectos de la gravedad (Tabla II.4.1). Algunos movimientos, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, mientras que otros movimientos como algunos deslizamientos y avalanchas de roca pueden desarrollar velocidades muy altas (Tabla II.4.2). La ocurrencia de estos procesos está condicionada por una serie de factores que van desestabilizando las laderas, en general, durante largos períodos de tiempo para luego ser disparados de manera más o menos instantánea por eventos tales como sismos, precipitaciones, volcanismo y cambios climáticos repentinos e inclusive explosiones importantes. Las fuertes crecientes disparan pequeños deslizamientos con arranques en las zonas medias y bajas de las laderas, producto de la fuerte profundización que causan en la base de las mismas. Estos movimientos en masa aportan volúmenes variables de material al cauce que son arrastrados por las corrientes hacia la desembocadura en el piedemonte.

Tabla II.4.1: Tipos de movimientos en masa (Proyecto Multinacional Andino 2008).

TIPO DE MOVIMIENTO	SUBTIPO DE MOVIMIENTO
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Estos procesos representan una amenaza potencial a personas u obras de infraestructura existentes o por construirse en regiones donde es susceptible que sucedan como son las áreas de serranías y cordillera. Por esta razón es necesario realizar los estudios pertinentes destinados a evaluar la posibilidad de ocurrencia (susceptibilidad) de estos procesos, especialmente en las regiones donde son poco conocidos. Estos procesos han ocurrido en épocas geológicas pasadas y continúan sucediendo en la actualidad.

Los frentes escarpados de las Sierras Pampeanas han sido testigos de movimientos complejos, de gran envergadura, ocurridos luego del abrupto levantamiento andino. Las avalanchas de roca fueron los movimientos preponderantes y habrían sido disparadas por actividad sísmica asociada a los movimientos tectónicos. El enorme volumen de roca movilizado y la dinámica del movimiento afectaron a otros menores desdibujándolos parcial o totalmente. Este tipo de movimientos de masa puede sucederse tanto en frentes serranos como en sus valles estrechos. En el primer caso están sujetas a la actividad tectónica vinculada al levantamiento rápido del frente, mientras que las sucedidas en los valles se produjeron por la desestabilización tectónica y la profundización del fondo del valle y sobrepinamiento de sus laderas por erosión fluvial.

Tabla II.4.2: Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).

CLASES DE VELOCIDAD	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (MM/S)	VELOCIDAD TÍPICA
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	Rápido	5×10^{-1}	1,8 m/h
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta	-	-

Movimientos antiguos de gran extensión, en Sierras Pampeanas y fuera del área de estudio, han sido descritos por Fauqué y González (1996), Hermanns y Strecker (1999), Fauqué y Tchilinguirian (2002) y Hermanns *et al.* (2008), quien destaca que los movimientos antiguos se han dado en un rango amplio de edades citadas por Hermanns *et al.* (2000) que van desde los 723 ± 89 ka a los $1.432 \pm 0,132$ años.

Los movimientos antiguos y con antecedentes históricos ocurridos en la región delimitada por este estudio serán descritos en las unidades morfoestructurales que los contengan.

II.4.4. PRINCIPALES MORFOESTRUCTURAS REGIONALES

II.4.4.1. MORFOESTRUCTURA SIERRA DEL ACONQUIJA

La sierra de Aconquija se encuentra dentro de la provincia geológica Sierras Pampeanas Occidentales, ascendida por la tectónica andina y modeladas posteriormente por los procesos: fluvial, eólico, glaciario y de remoción en masa. El área de estudio incluye sólo el sector austral de la sierra, donde se localizan los proyectos mineros Filo Colorado y Agua Rica. No obstante, regionalmente este bloque reviste importancia porque es el único de la región que conserva condiciones periglaciales y que éstas determinan la importancia de la sierra como área de recarga del importante recurso hídrico subterráneo del Campo del Arenal, ubicado en el borde occidental de la sierra. El estilo tectónico es el de un bloque fallado y basculado hacia el este-sudeste, configuración que se mantuvo desde su ascenso inicial y determinó su perfil asimétrico con su borde occidental muy escarpado; presenta relieves absolutos y relativos muy grandes, de 5.500 m y de 2.000 m respectivamente.

El modelado glaciario durante el Pleistoceno actuó con mayor energía en el flanco oriental de la sierra, debido a que por entonces los vientos provenientes del noreste descargaban toda su humedad en este flanco de la barrera orográfica. El mayor englazamiento de esta vertiente se ve reflejado en el mejor desarrollo de las formas de erosión y acumulación glaciaria, respecto de la vertiente occidental. Los circos glaciarios muestran mayor extensión en la vertiente oriental y sus paredes tienen diferente grado de erosión glacial según fue su exposición a la insolación (Fauqué y Azcurra 2009). Las paredes con mayor insolación, en general las que miran hacia el norte, es profusa la producción de escombros que cubren y desdibujan esa pared de los circos. Mientras que las paredes que miran al sur la nieve acumulada se han conservado a través del tiempo en forma de neviza o hielo. En el sector austral de la sierra de Aconquija, dentro del área del proyecto, no se han observado depósitos morénicos, quizás se deba a la fuerte erosión fluvial que ha afectado a ese sector.

Los aspectos geomorfológicos de la sierra, condicionados por la estructura del basamento y la evolución morfológica resultante de más de un ciclo de erosión, permiten definir dos grandes unidades morfoestructurales: ambiente serrano y ambiente pedemontano.

II.4.4.1.1. Ambiente Serrano

Es el elemento morfoestructural principal, se ubica en el flanco occidental de la sierra y tiene un relieve relativo muy grande de 2.000 m entre el ápice de los abanicos y la divisoria de aguas. Las quebradas que surcan este flanco tienen hasta 10 km de longitud, pendientes muy escarpadas con valles estrechos y muy empinados. Las condiciones glaciales reinantes durante el Pleistoceno erosionaron profundamente los valles existentes, las lenguas glaciales descendieron, aproximadamente, hasta

3.600 m y las condiciones periglaciares habrían llegado hasta el pie de sierra ubicado a 3.100 m. El ambiente serrano lo conforma la zona de altas cumbres, de filos y quebradas.

En la zona de altas cumbres tienen lugar procesos propios de condiciones periglaciares establecidos por las altitudes que alcanzan 5.500 m (Nevados de Cerrillos) y 5.450 m (Nevado del Candado). Son comunes los procesos de congelamiento y descongelamiento estacional (procesos geocriogénicos) y los suelos congelados (permafrost), como así también algunos fenómenos de remoción en masa, descriptos precedentemente, como son la gelifración, soligeliflucción, glaciares de roca y taludes de escombros. El análisis de los glaciares de roca, en función de su altitud, permitió a Fauqué y Azcurra (2009) definir una zona geocriogénica, una zona para-geocriogénica y una zona de congelamiento y descongelamiento irregular. El ascenso de la línea de nieves permanentes, a través del tiempo, determinó el ascenso del límite inferior del permafrost y con ello la existencia de glaciares de roca activos, inactivos y relicícos o fósiles.

En la zona geocriogénica, ubicada por encima de los 4.600 metros, se encuentran las capas de roca congeladas o permafrost en superficie o próximo a ella. Coincide con el límite inferior de los glaciares de roca activos, indicadores del límite inferior del permafrost esporádico.

La zona para-geocriogénica, ubicada entre 4.600 m y 4.100 metros, está sometida a ciclos anuales de congelamiento y descongelamiento estacional o regular y no tiene permafrost por lo menos cerca de la superficie. Los glaciares de roca no tienen movimiento o sea que están inactivos, pero aún conservan un núcleo helado y una capa externa detrítica que alcanza 10 m de espesor. En esta zona se encuentra el Proyecto minero Filo Colorado.

La zona de congelamiento y descongelamiento irregular se halla situada por debajo de 4.100 metros y en ella se sitúa el proyecto minero Agua Rica.

La zona de filos y quebradas se extiende por debajo de la de las altas cumbres y en ella coexisten dos aspectos geomorfológicos esenciales que generan inestabilidad en las laderas. Estos son la asimetría en el perfil transversal de las quebradas y el rejuvenecimiento de la red fluvial que provoca la pérdida en la sustentación basal de las laderas (Fig. II.4.20). La simetría de los valles se relaciona con el diferente grado de exposición a la insolación de las laderas. Durante la época fría del Pleistoceno las condiciones periglaciares propiciaron la ocurrencia de procesos de remoción en masa de naturaleza criogénica con mayor energía en las laderas que miraban al norte, respecto de las que miraban al sur. La mayor insolación y ciclos de congelamiento y descongelamiento en las laderas expuestas al norte promovieron la gelifración y soliflucción originando laderas con pendientes más extendidas que las opuestas con pendientes de 45° y afloramientos rocosos bien visibles en las partes altas.

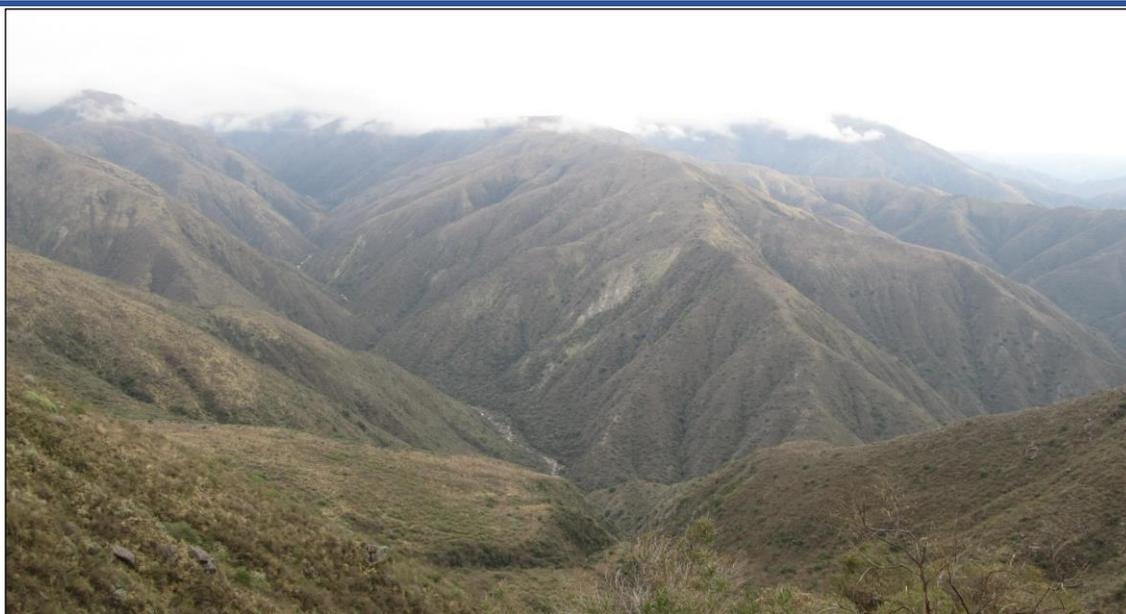


Figura II.4.20: Valles asimétricos afectados fuertemente por erosión fluvial.

En la zona de filos y quebradas tienen lugar la mayoría de los movimientos en masa tales como los deslizamientos, flujos, caídas de roca, avalanchas de roca, entre otros. El rejuvenecimiento de la red fluvial conllevó a una profundización de los cauces induciendo a múltiples deslizamientos y derrumbes en las zonas medias y bajas de las laderas. El material transportado formó grandes depósitos en el área pedemontana afectados posteriormente por erosión hídrica y actividad neotectónica.

En la quebrada del río Belén tuvo lugar uno de los ejemplos más conspicuos de deslizamiento en cuña provocado por la pérdida de sustentación basal del talud provocada durante la construcción de la ruta nacional 40 (Fig. II.4.21).



Figura II.4.21: Deslizamiento en cuña en la margen derecha del río Belén.

Los flujos lentos o reptaje (Fig. II.4.22) son comunes en laderas con pendientes relativamente abruptas. Involucra cantidades variables de material detrítico, disponible por meteorización física, que se

moviliza a partir del congelamiento y descongelamiento que se produce en los intersticios del detrito rocoso.



Figura II.4.22: Reptaje provocado por el congelamiento y descongelamiento de la capa detrítica.

Las caídas de roca están relacionadas con las pendientes muy escarpadas especialmente con las laderas menos insoladas. Se producen de manera natural o antrópica como ocurre en el camino que une la localidad de Choya con la mina Capillitas donde se deben realizar tareas de mantenimiento constantemente (Fig. II.4.23).



Figura II.4.23: Caída de rocas en la cuesta de Capillitas.

Avalancha de rocas del cerro Zapallar

Próximo a las nacientes del río Villa Vil, en el extremo sur de la sierra de Aconquija, se encuentra el depósito de la avalancha de rocas del cerro Zapallar (Banchig *et al.* 2008) (Fig. II.4.24). La zona de arranque de este movimiento se ubica en el flanco oriental del cerro, sobre la margen izquierda del río Villa Vil. La intersección de dos estructuras regionales, con evidencias de actividad cuaternaria, habría actuado como un elemento condicionante para que las precipitaciones, que son de tipo torrencial en la época estival, dispararan el movimiento. La actividad sísmica histórica registrada en el sector es relativamente baja y con focos ubicados a profundidades superiores a los 50 km. Una vez desprendido el enorme volumen de roca (estimado en 2,24 millones de metros cúbicos), se movilizó perpendicularmente a la quebrada del río, atravesó el valle y trepó por la ladera opuesta (*run up*) para luego encauzarse por la quebrada aguas abajo, alcanzando una distancia de 1.000 metros. El represamiento producido derivó en la formación de un lago cuya evidencia son 25 m de depósitos fluvio - lacustres de coloración rojiza ubicados en la margen derecha del valle. Sobre estos depósitos hay evidencias de asentamientos indígenas datados en alrededor de 1000 años a.C., lo que indica una edad superior para el evento.



Figura II.4.24: Avalancha de rocas del cerro Zapallar.

Con el tiempo el dique natural colapsó y el lago formado se desaguó súbitamente originando un aluvión aguas abajo. Estos eventos (aluviones) se han repetido históricamente y los lugareños los llaman “volcanes”, flujos de agua, lodo y todo tipo de material de arrastre que desciende rápidamente

por la quebrada, similares a los ocurridos en el río Andalgalá. La repetición del proceso está evidenciada por restos de material adosado en los laterales de la quebrada.

II.4.4.1.2. Ambiente Pedemontano

El área de estudio incluye solamente el sector sur del piedemonte occidental de la sierra de Aconquija, próximo a la mina Capillitas (Fig. II.4.25). El paisaje lo componen importantes depósitos sedimentarios formados por materiales procedentes de la sierra, producto de la meteorización, procesos de remoción en masa, erosión fluvial y glaciaria. El sector lo integran depósitos pedemontanos aterrazados y abanicos aluviales que coalescen formando una extensa bajada (Fig. II.4.26). Uno de estos depósitos pedemontanos, ubicado al noreste de la mina Capillitas, muestra un escalonamiento (escarpas) bien visible atribuido a la actividad neotectónica.



Figura II.4.25: Mina Capillitas ubicada a la izquierda de la fotografía.



Figura II.4.26: Depósitos del piedemonte occidental de la sierra del Aconquija.

II.4.4.2. MORFOESTRUCTURA FARALLÓN NEGRO – CAPILLITAS

La morfoestructura Farallón Negro-Capillitas es un mosaico de bloques limitados por fallas inversas, normales y con componentes de desplazamiento de rumbo. Constituye un alto estructural entre la depresión tectónica del Campo del Arenal y la cuenca de Pipanaco. Está integrada por los siguientes bloques (Fig. II.4.2): Farallón Negro, sierra de Capillitas, cerro El Durazno, sierra de Ampujaco, Cerro Quemado y sierra de La Ovejera.

II.4.4.2.1. Bloque Farallón Negro

El bloque Farallón Negro está caracterizado por morfologías originadas por procesos volcánicos afectadas severamente por erosión fluvial, deflación eólica y procesos de remoción en masa. Las formas volcánicas están representadas por relictos de volcanes compuestos o estratovolcanes y calderas. El Campo Volcánico de Farallón Negro es una antigua estructura volcánica de origen complejo en la que se destacan la caldera (Mioceno), domos, mantos ignimbríticos y depósitos piroclásticos modificados intensamente por acción fluvial. Los mantos ignimbríticos se extendieron en todo el ámbito de la caldera. La zona circundante de la misma tiene alturas entre 3.500 m y 3.700 metros y en su zona central aparecen los bajos de La Alumbreira y de La Pampita, que funcionan a modo de cuencas endorreicas con desarrollo de ambientes de bajada y playas. El área de Vicuña Pampa tiene un drenaje centrípeto y remanentes de planicies estructurales lávicas y *necks*. También se destacan los campos lávicos Negro, Blanco y los cerros Negro y Pabellón.

II.4.4.2.2. Bloque de sierra de Capillitas

El bloque de sierra de Capillitas está levantado por la falla inversa Lavadero ubicada al pie de su vertiente noroccidental y que según Durand (1980) tiene un rechazo de 4.000 m. El bloque está

inclinado al SE evidenciado por las sedimentitas terciarias que inclinan en esa dirección, apoyadas sobre una antigua superficie de erosión pre-cenozoica (peneplanicie) ubicada en la parte más baja de la vertiente SO. El bloque muestra una simetría dada por el alto grado de erosión fluvial que ha afectado a ambas vertientes, cuyos cursos principales están controlados por estructuras que atraviesan la sierra en dirección NO-SE. El elevado grado de erosión que muestra el bloque pone de manifiesto un prolongado tiempo de exposición de este. Sasso (1997) manifiesta que las fallas NE y ENE son estructuras anteriores al emplazamiento de las unidades volcánicas.

II.4.4.2.3. Bloque del cerro El Durazno

El cerro Durazno es un bloque de basamento granítico elevado por una falla inversa de rumbo NO ubicada en su flanco sudoeste (Fig. II.4.27). Al sur se haya limitado por la falla Lavadero que lo separa del bloque Capillitas. Está compuesto esencialmente por volcanitas terciarias y conglomerados volcánicos de edad Plio-Pleistoceno que inclinan al NE junto con la superficie de peneplanización labrada sobre el basamento. El piedemonte occidental del cerro, inmediatamente al norte del Proyecto Bajo de la Alumbraera, muestra sobre depósitos aluviales, escarpas de fallas con actividad reciente y resaltos variables entre 1,5 m y 3 m. En los bloques elevados se observan inclinaciones en contra de la pendiente normal (Casa 2008a 2008b, 2013).



Figura II.4.27: Piedemonte sudoccidental del cerro Durazno.

II.4.4.2.4. Bloque de la sierra de Belén-Ampujaco

El bloque Ampujaco-Belén está formado por las sierras homónimas separadas entre sí por la garganta del río Belén ubicada al SO del bloque. Si bien el área de trabajo no incluye en su totalidad el bloque, abarca sólo un sector de la sierra de Ampujaco (Fig. II.4.28), asimismo se describe brevemente el bloque en su conjunto. Ambas sierras presentan un esquema morfoestructural similar con algunas diferencias morfológicas. El levantamiento a través de fallas inversas, como la del río Ampujaco (borde este y sudeste) y su posterior basculamiento le imprimieron un perfil asimétrico donde las vertientes

E y SE, correspondientes a las escarpas de falla, han sido modificadas fuertemente por erosión fluvial. Por el contrario, las vertientes opuestas exponen con mayor o menor grado de erosión la peneplanicie preterciaria mejor conservada en la sierra de Ampujaco. La sierra de Belén tiene cotas de hasta 2.100 m mientras que la de Ampujaco supera esas elevaciones con el cerro Pampa de 3.240 m. También el grado de erosión es diferente; la sierra de Belén tiene un grado de erosión mayor lo que puede deberse, quizás, a que ascendió primero que la de Ampujaco. El frente serrano oriental de esta sierra muestra un paisaje áspero y con valles estrechos dado por un diseño fluvial tipo dendrítico muy profundizado por la erosión. La vertiente occidental preserva muy bien la superficie de la peneplanicie y tiene un diseño subdendrítico controlado por fallas, diaclasas y esquistosidad. La garganta del río Belén, entre la Puerta de San José y Belén, es un típico valle antecedente (González Bonorino 1972).



Figura II.4.28: Sierra de Ampujaco. Al pie de la misma se encuentran depósitos terciarios afectados por tectónica.

II.4.4.2.5. Bloque del cerro Quemado

El bloque del cerro Quemado (Fig. II.4.2) presenta una gran complejidad estructural. Ascendió a través de fallas inversas de rumbos NE y NO sobre la depresión recorrida por los ríos Vis Vis y Jasiyae. La profunda disección hecha por los ríos borró por completo la antigua peneplanicie terciaria. En la parte central del bloque se evidencia un alto grado de disección relacionado quizás con fallas normales de rumbo NO. El sector sudoeste muestra tres cordones serranos angostos y paralelos levantados por fallas inversas con vergencia hacia el SO. En este sector se destaca un rasgo morfológico que evidencia una estructura en crecimiento debido a neotectónica. El depósito de abanico aluvial ubicado en el extremo SO del frente serrano del bloque fue parte de un extenso abanico formado por el río Ampujaco (Fig. II.4.29), que drena la depresión que separa el bloque homónimo del bloque del cerro Quemado. El crecimiento de un pequeño espolón con posterioridad a la formación del depósito, asignado al Pleistoceno, aisló de la dinámica fluvial parte del extenso depósito. Esta particularidad junto a escarpas de falla que presenta el abanico evidencia actividad tectónica con posterioridad al Pleistoceno.



Figura II.4.29: Abanico aluvial del río Ampujaco.

En el río Vis Vis, aguas abajo de la localidad de Amanao, se observa un depósito de remoción en masa identificado como una avalancha de rocas, ubicado sobre la margen derecha del río (Fig. II.4.30). Su origen pudo haber estado asociado a la actividad de la falla de rumbo NE que controla el drenaje del río mencionado.



Figura II.4.30: Avalancha de roca del río Vis Vis.

II.4.4.2.6. Bloque Sierra de La Ovejería

Es un bloque asimétrico de dirección ENE. La falla de San Buenaventura en el extremo noroccidental de la sierra, con un rechazo de 3.000 m (Sasso 1997), pone en contacto las rocas del basamento de la sierra de La Ovejería sobre el complejo volcánico Farallón Negro. Pacheco (1988) señala para esta falla una componente de desplazamiento normal y cizalla dextral, destaca también que debió ser activa previo al emplazamiento del complejo volcánico.

El bloque de la sierra se halla inclinado hacia el SE, descendiendo en dirección de la depresión del ángulo de falla, recorrida por el río Jasiyae. Las antiguas superficies de peneplanicie alabeadas son reconocibles desde esta depresión, ocupada por sedimentitas terciarias parcialmente cubiertas por depósitos pedemontanos cuaternarios. El modelado fluvial ha sido el proceso exógeno que dio los rasgos finales al paisaje del bloque.

II.4.4.3. CAMPO DEL ARENAL – CAMPO DE LOS POZUELOS

La depresión tectónica del Campo del Arenal (Fig. II.4.31) está representada en un reducido sector del NO del área de estudio. Esta depresión ha sido agradada desde el Terciario por centenas de metros de depósitos sedimentarios que hospedan enormes recursos hídricos subterráneos explotados por el proyecto minero Bajo de La Alumbra. El drenaje superficial es muy pobre y tiene gradiente hacia el río Santa María ubicado en el sector NE de la depresión. La acción fluvial y la eólica son los procesos exógenos preponderantes en el modelado del paisaje y el resultado de estos procesos lo expresan los extensos niveles pedemontanos, playas salinas, salitrales, campos de dunas y mantos eólicos.



Figura II.4.31: Depresión tectónica del Campo del Arenal.

II.4.4.4. DEPRESIÓN O CUENCA DE PIPANACO

La depresión de Pipanaco (Fig. II.4.2) se halla limitada al norte por la sierra de Ampujaco, el bloque de cerro Quemado y el bloque de la sierra de Capillitas; las sierras de Viquis y Zapata al oeste; la sierra de Ambato al este; y la sierra de Velasco al sur. El área de estudio incluye sólo el sector norte de la depresión (Fig. II.4.32) que tiene tres ambientes morfológicos que la distinguen, el campo eólico de Belén, el ambiente pedemontano y el salar de Pipanaco. Presenta un clima cálido a templado continental y semiárido con precipitaciones escasas del orden de los 300 milímetros anuales ocurridas principalmente durante la época estival. Sus temperaturas medias son de 25°C en verano y 13°C en invierno y con vientos predominantes del sudeste, sur y oeste. Estas condiciones de semiaridez hacen que el transporte y sedimentación sea mayormente de tipo eólico que ha dado origen a extensas dunas longitudinales y grandes mantos de arena expuestos principalmente en el campo eólico de Belén.



Figura II.4.32: Depresión del Salar de Pipanaco vista desde la cuesta de La Chilca.

El proceso fluvial se ha desarrollado de manera subordinada a través de una red de drenaje de tipo endorreica, determinada por los cordones montañosos circundantes, cuyo nivel de base es el salar de Pipanaco. El sector norte de la depresión, en el piedemonte distal de los bloques de Cerro Quemado y Capillitas, abundan los bosques de algarrobos, acompañados por atamisqui, jume, jumecillos, jarillas e higuierillas. La tala indiscriminada del algarrobo, para diferentes usos, entre ellos leña, carbón (Fig. II.4.33) y fabricación de muebles, está favoreciendo la erosión hídrica y un significativo proceso de desertificación en este sector de la depresión. En el extremo NE del salar, la erosión fluvial, influenciada por la dinámica de la tectónica actual en el borde occidental de la sierra de Ambato, ha puesto al descubierto a antiguos depósitos lacustres.

El sector NO de la depresión está ocupado por el campo eólico de Belén, una de las numerosas acumulaciones de arena del noroeste argentino (Tripaldi *et al.* 2005), formadas por dunas y draas lineales junto a extensas superficies ocupadas por mantos eólicos. El área de estudio incluye sólo una porción de este campo eólico donde varios cursos fluviales efímeros entre ellos el río Carpintería, Belén y La Totorá, descienden de las sierras produciendo la erosión de la cubierta eólica.



Figura II.4.33: Fabricación artesanal de carbón de leña.

II.5. ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA

II.5.1. INTRODUCCIÓN

El sector de las Sierras Pampeanas Noroccidentales incluido en este estudio corresponde, como la mayor parte del territorio argentino continental, a un ambiente de intraplaca. En este tipo de ambiente tectónico las estructuras sismogénicas tienen bajas tasas de movimiento, generalmente inferiores a 1 mm/a. Estas tasas indican períodos de recurrencia de las estructuras de intraplaca pueden superar los 10.000 años; por ello, los registros sísmicos instrumental e histórico (menos de 400 años de información) resultan insuficientes para caracterizar el peligro sísmico en cualquier región del país. Para su correcta evaluación es imprescindible la investigación geológica de las evidencias paleosismológicas con el fin de completar el registro de la actividad neotectónica.

Entre las evidencias directas, o efectos primarios asociados a un evento sísmico y cercanos a su epicentro, se destacan las rupturas o deformaciones superficiales del terreno como las escarpas de falla. Estas deformaciones superficiales son evidencia de la repetida ocurrencia de eventos sísmicos someros, de gran magnitud ($M > 6$). Efectos secundarios vinculables a la sacudida sísmica asociada corresponden a ciertos movimientos en masa o registros de licuefacción de suelos que también pueden afectar directamente poblados y obras civiles.

Aun no existen estudios detallados en este sector, que aporten precisión de la geometría y cinemática de las estructuras, las edades numéricas de las unidades geológicas afectadas y con ello estimación de tasas de movimiento, que permitan avanzar en una correcta evaluación de la amenaza sísmica. La deformación neotectónica cuaternaria está caracterizada en la mayoría de estas sierras, por la reactivación de las fallas inversas que les dieron origen durante el Neógeno y por ramificaciones frontales, propagaciones o migraciones de esas estructuras hacia los sectores pedemontanos. Se reconocieron evidencias de actividad tectónica recurrente relacionadas a cada uno de los estilos estructurales que interactúan en el área, asociados al lineamiento o zona de transferencia Tucumán (Mon 1976, Urreiztieta *et al.* 1996). La estructuración regional muestra fallas con orientación NNO-SSE, NE-SO y aproximadamente N-S, dentro de las cuales se pueden hallar fallas inversas de vergencia noroeste, sureste y suroeste y componentes con desplazamiento de rumbo (Fig. II.5.1).

Para su descripción, se agrupan según las unidades morfotectónicas o sistemas de bloques fallados que definen: a) sector sur del frente occidental de la sierra de Aconquija; b) piedemonte occidental del cerro El Durazno; c) bloque sierra de La Ovejería; d) piedemonte sureste del bloque del cerro Quemado; e) sierra de Ambato (Fig. II.4.2).

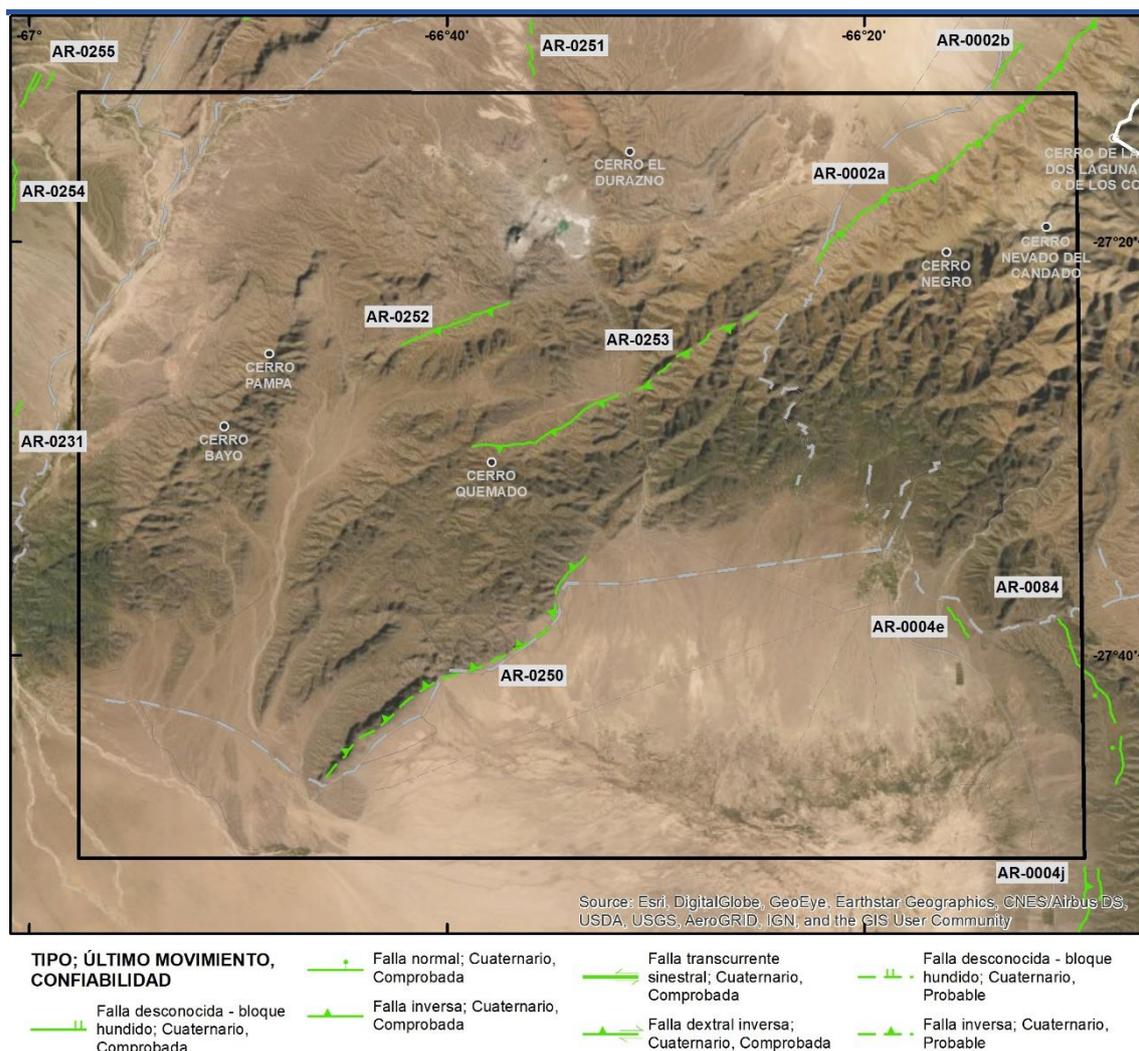


Figura II.5.1: Estructuras con actividad tectónica cuaternaria comprobada o probable incluidas en el sistema de información institucional con los códigos que las identifican en las base de datos de deformaciones cuaternarias de la República Argentina (SEGEMAR, 2019).

II.5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

II.5.2.1. SECTOR SUR DEL FRENTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE ACONQUIJA

La estructura del frente de la sierra de Aconquija es compleja dada la interacción de fallas de distinta escala y con variable orientación, que en conjunto permitieron el ascenso del bloque serrano doblévergente (Mon y Drozdowski 1999, Cristallini *et al.* 2004) con un frente occidental de orientación NE-SO.

El sistema de fallas de Aconquija (AR-0002; Fig. II.5.1) limita el borde occidental de la sierra homónima. Está formado por fallas de variada orientación y cinemática. Su complejidad se manifiesta en irregularidades locales del frente montañoso. La estructura principal (falla Aconquija) corresponde a una falla inversa con inclinación al este, responsable del levantamiento de la sierra de Aconquija, iniciado *ca.* 7 Ma que registra un pico de actividad en el Plioceno y reactivaciones *ca.* 0,6 Ma (Strecker *et al.* 1987, 1989).

Gutierrez y Mon (2004) describieron estructuras de rumbo NO que segmentan el bloque de la sierra. Fueron interpretadas como fallas oblicuas, de tipo normal con componente de desplazamiento de rumbo dextral (Gutierrez y Mon 2004) como las fallas del Clavillo y Agua Rica-del Manchao. Estas estructuras si bien influyen en la configuración morfológica de la sierra, no presentan evidencias comprobadas de actividad neotectónica (Casa 2009).

En la culminación sur del frente occidental de la sierra de Aconquija se observan al menos tres niveles pedemontanos escalonados conservados frente a la Mina Capillitas (Fig. II.5.2). En este sector los depósitos aluviales del segundo nivel se presentan subhorizontales o con inclinaciones hacia el sudeste cercanas a 10° . La disposición contrapendiente de las capas sólo se explica por la actividad neotectónica: los sedimentos provienen del frente de la sierra de Aconquija y en ellos se han observado clastos de composición granítica y de vulcanitas cenozoicas. Al frente del segundo nivel afloran rocas volcánicas fracturadas vinculables a la zona de fallas (Casa 2009, 2013; Seggiaro *et al.* 2014). Las mencionadas escarpas de fallas inversas que disectan los abanicos se disponen en forma divergente a partir del extremo suroeste de la sierra, donde aparece el bloque de la sierra de Capillitas (Fig. II.5.3). La estructura principal continúa hacia la quebrada del río Vis-vis a través de la falla Vallecito (AR-0253; Fig. II.5.1).



Figura II.5.2: a) Fotografía de campo donde se observan los niveles pedemontanos afectados por fallas inversas subparalelas al frente de la sierra de Aconquija indicadas en la Fig. II.5.3.

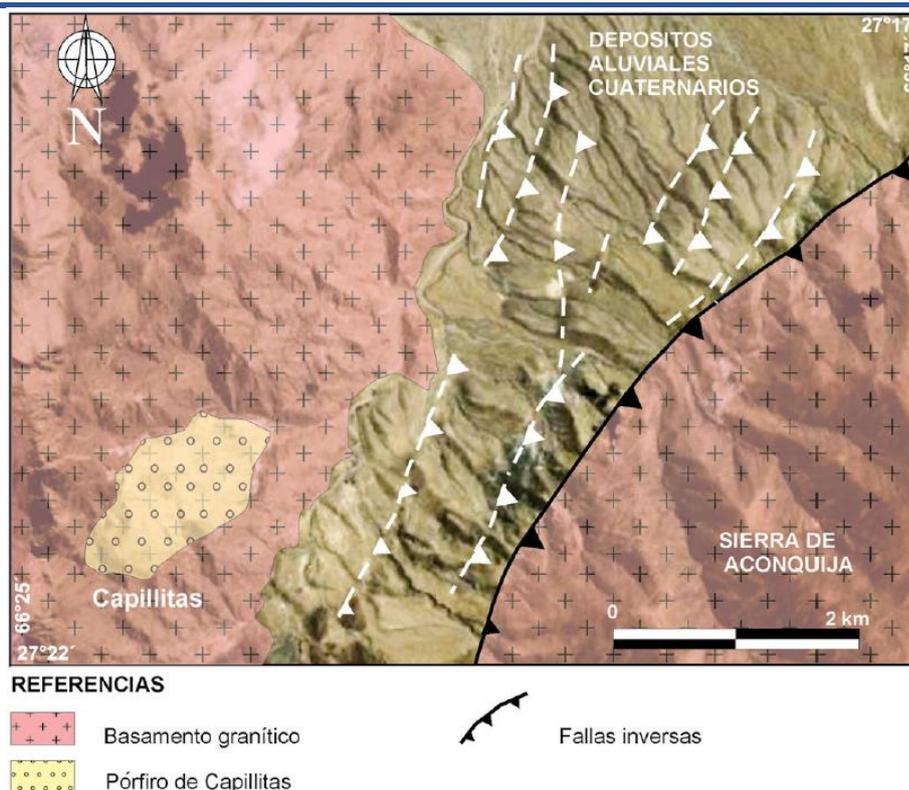


Figura II.5.3: Escarpas de fallas inversas en abanicos aluviales cuaternarios entre las sierras de Capillitas y Aconquija, interpretadas como ramificaciones frontales de la falla Aconquija (AR-0002, Fig. II.5.1). Mapa tomado de Seggiaro *et al.* (2014).

II.5.2.2. PIEDEMONTES OCCIDENTALES DEL CERRO EL DURAZNO

Por fuera de los límites del estudio, pero de importancia por estar vinculados al crecimiento del bloque del cerro El Durazno (7 en Fig. II.4.2) se incluyen las escarpas de falla pedemontanas que afectan a los depósitos aluviales que bajan hacia el oeste del cerro.

Las escarpas pedemontanas del grupo de fallas Durazno (AR-0251, Fig. II.5.1) mantienen rumbo NNO-SSE con resaltos entre 1,5 m y 3 m de altura. Afectan abanicos aluviales aterrizados de probable edad holocena, en los que se han observado basculamientos de los depósitos hacia el NE (Casa 2008a, 2008b). La disposición de este conjunto de fallas coincide al norte con la zona de inflexión entre las sierras Hualfín y Las Cuevas y hacia el sur con la zona de fallas de Vis Vis-Atajo-Amanao. Sobre el valle del río Vis Vis, que drena hacia el sur e ingresa a la depresión del salar de Pipanaco, es donde se apoya el dique de colas de Minera Alumbreira.

Las inclinaciones contra la pendiente normal en algunos de los depósitos afectados, ubicados en el bloque elevado de la falla, indicarían una componente inversa en el desplazamiento; la disposición escalonada podría estar asociada a una componente de rumbo (Casa 2013).

En el margen occidental del bloque del Cerro Durazno, Proffett (2003) interpretó un contacto por falla normal entre andesitas del Complejo Volcánico (al oeste) y areniscas miocenas (Formación Morterito, al este). Uno pocos cientos de metros al este, mediante una falla inversa con inclinación al este, se hallan en contacto rocas graníticas paleozoicas sobre la Formación Morterito (Proffett 2003). El sector norte de esta estructura fue interpretado como un pliegue anticlinal doble buzante, volcado al oeste,

cuyo eje se dispone con rumbo NO-SE (Casa 2008b, 2013, Seggiaro *et al.* 2014). La cinemática de estas estructuras no es concluyente o presenta variaciones en el tiempo. Casa (2013) interpretó que la estructura profunda que delimita al bloque se ramificaría en superficie y generaría las mencionadas escarpas de flexura monoclinas cuaternarias, cuyas fallas asociadas aún no alcanzaron a cortar la superficie.

Bossi *et al.* (1993) describió los depósitos cuaternarios que constituyen el piedemonte oriental del bloque del cerro El Durazno, compuestos por clastos volcánicos con paleocorrientes hacia el NE vinculables con proveniencia desde el sector del Alto de La Blenda. Estas evidencias indican que el inicio del plegamiento habría ocurrido hacia el Pleistoceno, con posterioridad a la generación del mencionado depósito pedemontano (Casa 2013).

II.5.2.3. ESTRUCTURAS AL NORTE DEL BLOQUE DEL CERRO QUEMADO

El límite norte del bloque del cerro Quemado (4 en Fig. II.4.2) corresponde a la falla Vallecito (AR-0253, Fig. II.5.1), una falla inversa de alto ángulo que pone en contacto las rocas de basamento por encima de las vulcanitas cenozoicas. Esta estructura afecta depósitos aluviales del Plioceno-Pleistoceno (Proffett 2003). Se ubica al sur de la localidad de Vis Vis y su traza continúa hacia el noreste en las fallas que controlan la sierra de Aconquija (Casa 2013).

El borde norte la sierra de La Ovejera, ubicada al norte del bloque del cerro Quemado, está dado por la falla Sanbuenaventura (AR-0252, Fig. II.5.1), de tipo inversa con evidencias indirectas de desplazamiento transcurrente dextral durante el cuaternario. Las quebradas que bajan hacia el noroeste se observan desplazadas hacia el noreste (Casa 2013, Fig. II.5.4).

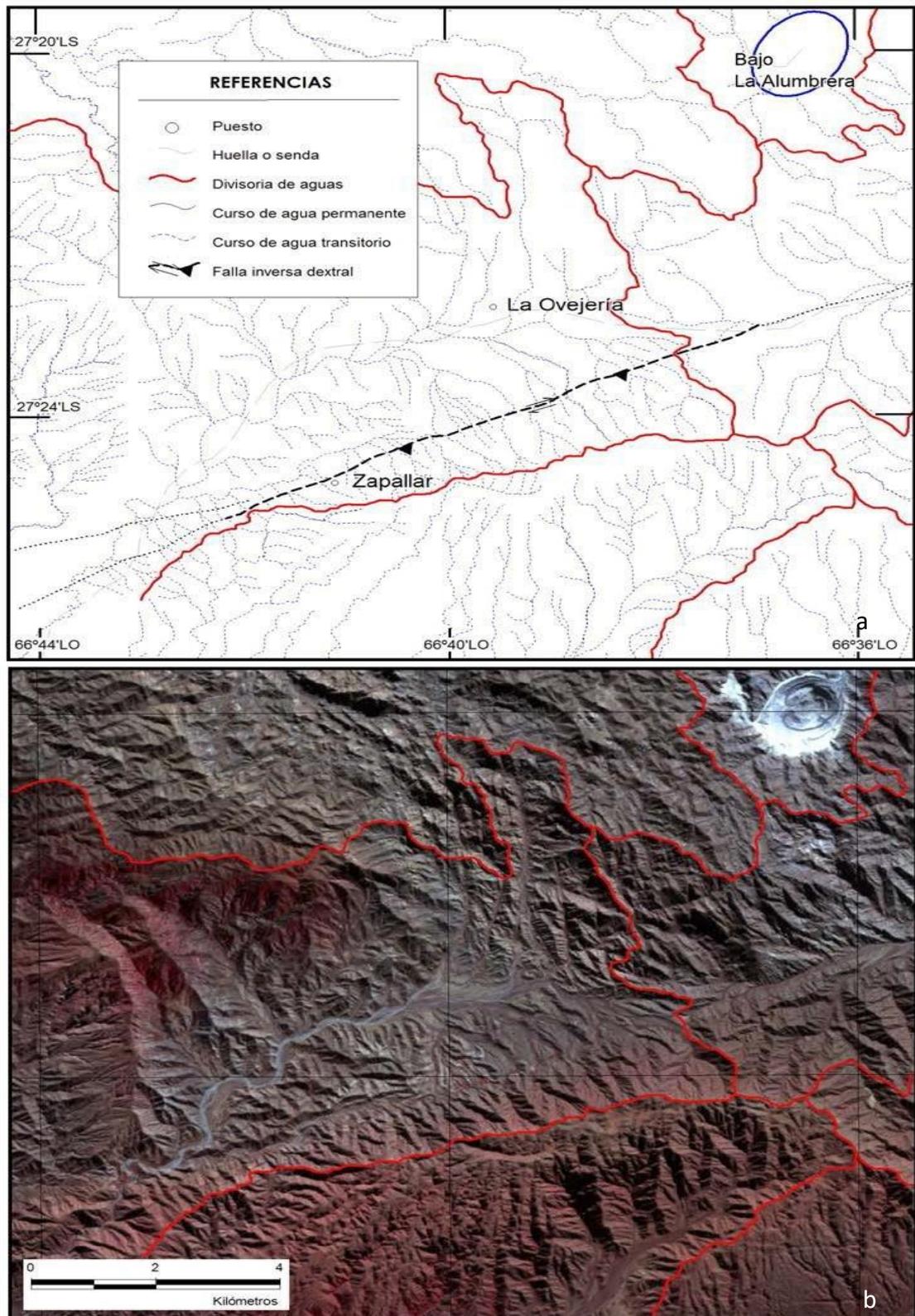


Figura II.5.4: a) Esquema morfotectónico de la falla Sanbuenaventura (AR-0252, Fig. II.5.1) al oeste de la quebrada de Amanao. b) Imagen ASTER del mismo sector, donde se manifiestan las evidencias de actividad cuaternaria. Se observan los cauces desplazados y la acumulación anómala de humedad sobre la traza de falla (Casa 2013).

II.5.2.4. PIEDEMONTES SURESTE DEL BLOQUE DEL CERRO QUEMADO

El piedemonte sureste del bloque del cerro Quemado está marginado por la falla inversa Agua Salada (AR-0250, Fig. II.5.1) de vergencia sudeste. El extremo sur de la sierra presenta un frente rectilíneo, con una red de drenaje de poco desarrollo y cuyos abanicos pedemontanos presentan pendientes mayores a las esperadas. Los mencionados rasgos geomórficos son indicativos de probable actividad neotectónica en las estructuras que controlan el frente.

En el tramo noreste de la estructura, el frente montañoso se caracteriza por una traza discontinua, con cambios de orientación. Se destaca en este tramo, un abanico aluvial aterrazado cortado por una escarpa de falla que expone en superficie unidades cenozoicas cuyos estratos presentan inclinaciones variables hacia el sudeste. Esta zona coincide con una anomalía residual de *Bouguer* positiva (Giménez *et al.* 2006) que probablemente corresponda a un bloque de basamento cercano a la superficie emplazado por las estructuras que controlan la sierra en el sector pedemontano.

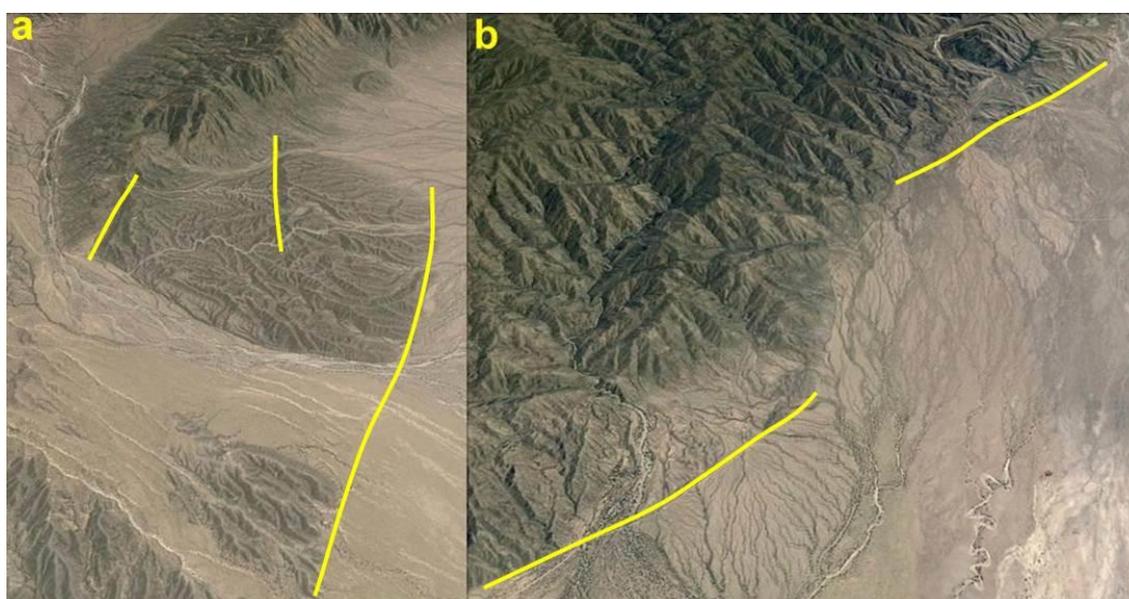


Figura II.5.5. Rasgos de actividad neotectónica en el frente suroriental del bloque del cerro Quemado indicados sobre imágenes de Google Earth. En a) se observan los relictos de acumulaciones cenozoicas en el extremo suroeste de la serranía (cuesta de Belén) y se indican escarpas y lineamientos con probable actividad cuaternaria; en b) detalle de uno de los cambios de orientación del frente serrano y las escarpas de falla rocosas vinculadas a la falla Agua Salada (AR-0250, Fig. II.5.1.).

Otra escarpa de falla afecta antiguos abanicos aluviales que cubren la superficie de pedimentación labrada sobre el basamento granítico, el resalto supera los 10 metros de altura (Fig. II.5.5 b) (Casa 2013). La degradación de la morfología original y la cobertura de la superficie aluvial antigua en el bloque hundido de la falla son indicio de que la deformación habría ocurrido entre el Plioceno y Pleistoceno inferior.

Este bloque serrano, junto con las dos escamas tectónicas subparalelas ubicadas hacia el noroeste y controladas asimismo por fallas inversas de vergencia sudeste, habría ascendido con posterioridad a la generación la antigua bajada conservada en altura debido a la recurrente actividad neotectónica. Estos relictos de acumulaciones aluviales pedemontanas (Fig. II.5.5 a) no pueden explicarse a partir de

un aporte clástico desde las pequeñas cuencas de drenaje que se definen en el frente suroriental del bloque.

II.5.2.5. PIEDEMONTE OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE AMBATO

La falla frontal que levanta la sierra de Ambato corresponde a una falla inversa de vergencia al oeste y rumbo N-S, que hacia el sur interactúa con los bloques que se unen a la sierra de Velasco ubicada al sudoeste (Casa *et al.* 2010). Reactivaciones normales fueron reportadas en bloques internos de la sierra de Ambato (Le Corre y Rossello 1989, Mon 1999, Gutiérrez 1999) las que podrían corresponder al colapso frontal de los bloques colgantes. Una de ellas es la falla Lomas Picasas (AR-0084, Fig. II.5.1) que se desarrolla al este de las lomas homónimas, al sur de la cuesta de La Chilca y presenta orientación subparalela a la sierra de Ambato. Fue descrita como una falla normal que forman parte del bloque de Ambato, ascendido por una falla inversa mayor que lo levanta hacia el oeste; el último movimiento habría ocurrido hacia el Pleistoceno Superior-Holoceno (Mon 1999).

Las escarpas pedemontanas subparalelas al frente occidental de la sierra de Ambato fueron integradas en el grupo de fallas Pipanaco (AR-0004, Fig. II.5.1) que continúa hacia el sur, más allá de los límites de este proyecto, hasta la localidad de Pomán. Estas escarpas corresponden a ramificaciones frontales de la estructura principal que controla el frente occidental de la sierra. Afectan a depósitos aluviales aterrizados asignados al Pleistoceno y depósitos aluviales atribuidos al Holoceno (González Bonorino 1978, Lafleur 1981). Dentro del área de estudio se destaca una escarpa de falla visible desde la ruta provincial 46 que, con orientación NO-SE, interrumpe las acumulaciones pedemontanas antiguas. Las características de los depósitos aluviales afectados no permiten detectar evidencias estratigráficas; los depósitos están compuestos por gravas y bloques de varios metros, al igual que los depósitos actuales que tapizan las quebradas (Casa 2013).

II.5.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si bien se describen las estructuras detectadas dentro del área de interés, toda la región presenta numerosas estructuras con evidencias de actividad cuaternaria. Un análisis detallado de la amenaza requiere considerar también esas potenciales fuentes sísmicas que pueden tener efectos secundarios dentro del área considerada. Tampoco puede descartarse que haya existido actividad cuaternaria sobre otras de las fallas que constituyen el sistema de estructuras que afecta la zona del complejo volcánico Farallón Negro, que aún requieren estudios neotectónicos de detalle.

Asimismo, son necesarios estudios paleosismológicos sobre las estructuras con deformación cuaternaria reconocida, mediante la realización de trincheras exploratorias o destapes, que brinden detalles acerca de cantidad y edad de los eventos que han sucedido. Los cortes exploratorios en sitios claves, permitirán confirmar la geometría de las estructuras, estimar la recurrencia de la deformación y el tiempo transcurrido desde el último evento con ruptura superficial. Una componente importante en estos estudios es el muestreo y datación de las capas o superficies afectadas, con el fin de definir la edad de la deformación ocurrida y realizar las estimaciones de los parámetros sísmicos mencionados.

Las estimaciones regionales dentro del ambiente de intraplaca de las Sierras Pampeanas indican intervalos de recurrencia que pueden variar entre 1 ka y 50 ka. La imprecisión en la edad de las capas

afectadas, en la cantidad de eventos registrados en cada traza de falla, así como las imprecisiones geométricas e incertidumbres cinemáticas impiden realizar conclusiones certeras acerca de la recurrencia de la actividad tectónica de cada una de ellas.

Los últimos eventos de deformación neotectónica descritos se considera que han ocurrido principalmente durante el Pleistoceno; sólo algunos sectores presentan evidencias de probable actividad holocena. Debido al prolongado período de recurrencia que podrían tener estas estructuras, las que presentan evidencias de desplazamiento Holoceno (<11 ka) no necesariamente corresponderían a las de mayor probabilidad de ocurrencia de un próximo sismo de gran magnitud. El sismo umbral para generar deformaciones en el contexto cortical de las Sierras Pampeanas ha sido estimado en $M > 6,5$ para focos someros (Costa 2004). Las longitudes de ruptura de las escarpas observadas en este sector de las sierras, considerando el modelo de Wells y Coppersmith (1994), concuerdan con las estimaciones del umbral sísmico citadas. La magnitud máxima puede estar igualmente subestimada debido, entre otras causas, a la distribución de la deformación en distintos planos de falla y a la débil preservación de los rasgos cosísmicos.

II.6. RECURSOS HIDRICOS

II.6.1. CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

El área de estudio está conformada por la unidad morfoestructural de Sierras Pampeanas Noroccidentales, integrada por los cordones montañosos de sierras de Aconquija, Capillitas, Quilmes y Belén entre otras, constituyendo bloques elevados, compuestos en su mayoría por rocas metamórficas y granitoides.

Sobre una peneplanicie precenozoica, labrada sobre el basamento, se depositaron sedimentitas de probable edad paleógena y las secuencias neógenas del Grupo Santa María. El volcanismo neógeno está representado en su mayor parte por el Complejo Volcánico Farallón Negro. El volcanismo y la sedimentación neógena se desarrollan en cuencas como la del Campo del Arenal, ubicada entre el bloque de basamento Aconquija-Capillitas al sureste y el bloque conformado por las sierras de Altohuasi-Hualfín al norte y oeste. Otras cuencas menores como las de Capillitas y Cerro Atajo ubicadas al este, también entre bloques de basamento, están conectadas hacia el norte con la cuenca del Campo del Arenal (Jara *et al.* 2013).

Las poblaciones más importantes son: Santa María, Andalgalá, Belén, Londres, Corral Quemado, Hualfín, Villa Vil, Amanao, y los establecimientos mineros en producción: Alumbreira y Farallón Negro.

El área de estudio puede ser dividida en dos grandes cuencas hidrográficas: Campo del Arenal y Salar de Pipanaco, las cuales a su vez son integradas por pequeñas subcuencas (Jara *et al.* 2013) (Fig. II.6.1).

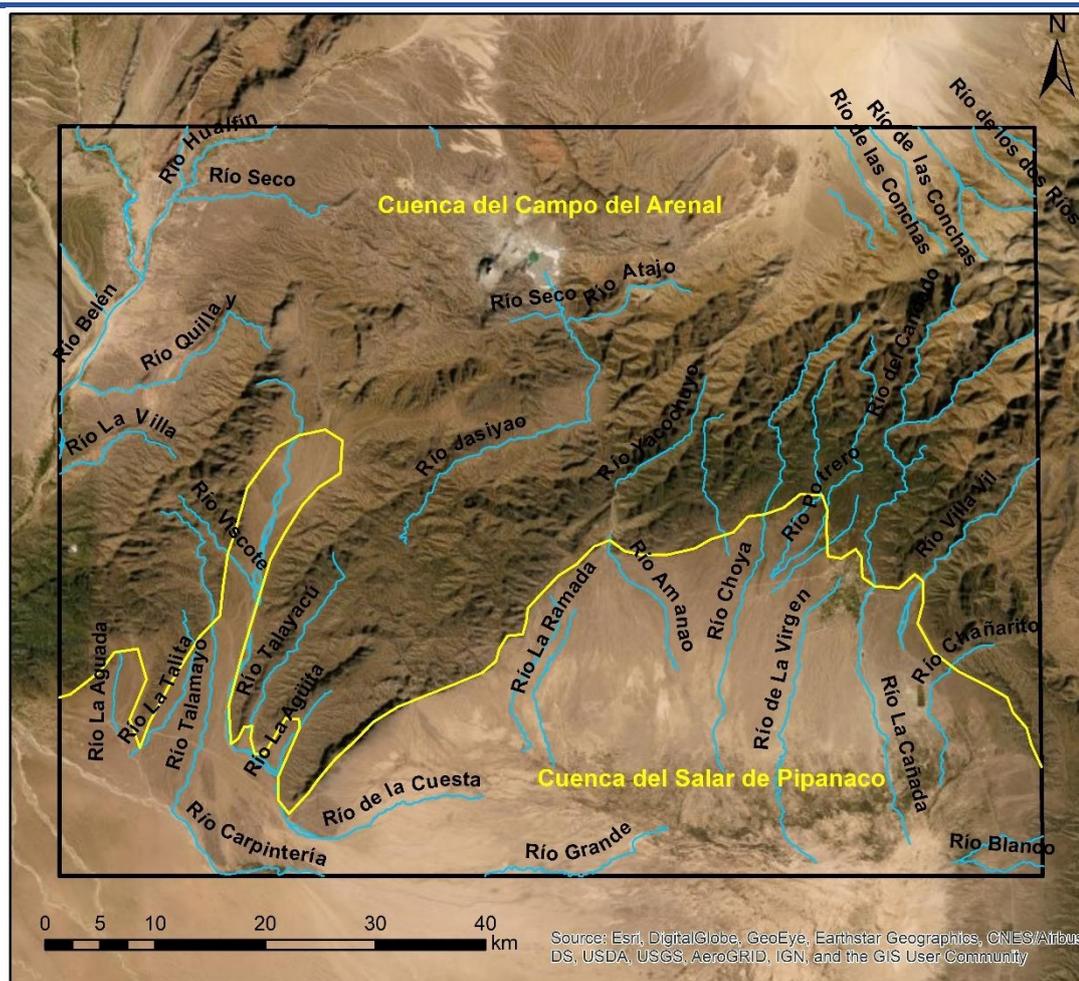


Figura II.6.1: Principales cuencas hidrográficas el área de estudio.

II.6.2. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

II.6.2.1 Agua Superficial

Cuenca del Campo del Arenal

El Campo del Arenal o de los Pozuelos, situado en el sector norte del área de estudio, es una zona deprimida entre elevaciones orográficas importantes, entre las que se destacan Los Nevados y las sierras de Aconquija hacia el este, de Fiambalá y de Hualfín, Las Cuevas, Chango Real y Hombre Muerto cubriendo todo el margen occidental de la cuenca.

El clima es continental, semiárido, con precipitaciones estacionales que no superan los 200 mm anuales en la depresión pero que aumentan en forma significativa hacia las altas cumbres del Aconquija, constituyendo una de las principales fuentes de recarga de la cuenca de agua subterránea.

Los afluentes directos del Campo del Arenal provenientes del oeste lo constituyen los ríos que drenan de las Sierras de Chango Real y Las Cuevas, ellos son los ríos La Quebrada, Agua Amarilla, Chiñocán, Chañián y Paloma Yaco (Jara *et al.* 2013).

Según los mencionados autores, las aguas de estos ríos se caracterizan por poseer un pH promedio de 8,6 y una conductividad específica de 413,2 $\mu\text{mS/cm}$; con aguas carbonatadas - bicarbonatadas cálcicas sódicas, destacándose Paloma Yaco por una composición carbonatada-bicarbonatada sódica cálcica.

Entre los afluentes provenientes del sur se consideran el río Capillitas y sus tributarios. Jara *et al.* (2013) describieron que las aguas del río Capillitas son predominantemente sulfatadas cálcicas magnesianas, de pH ácido que varía entre 3 y 7 a lo largo de su recorrido (pH promedio 4,9) y conductividad específica de 1.822 $\mu\text{mS/cm}$, se destaca por las altas concentraciones de metales como Cu (11.278 $\mu\text{g/l}$), Pb (728 $\mu\text{g/l}$), Zn (73.062 $\mu\text{g/l}$), Mn (106.462 $\mu\text{g/l}$) y Cd (300 $\mu\text{g/l}$). Los tributarios del río Capillitas provenientes del sureste (Loma Baya, Medanitos, Puesto Abandonado) poseen una composición carbonatada bicarbonatada magnésica cálcica, pH alcalino de 8,5 y conductividad específica de 967 $\mu\text{mS/cm}$. El aporte de estos afluentes favorece la dilución de las aguas del río Capillitas hacia su desembocadura.

El sistema del río Santa María abarca el sector noreste del área de estudio. El río Colorado, nombre que recibe el río Santa María en su tramo superior, se forma a partir de la confluencia de los ríos Toroyacu y Ovejería. Según Jara *et al.* 2013, el primero se caracteriza por poseer un pH promedio de 8,3 y conductividad específica de 288 $\mu\text{mS/cm}$, mientras que el río Ovejería aporta mayor alcalinidad al sistema (pH 9,1), presentando aguas abajo de la confluencia (Los Colorados) un pH de 8,7 y conductividad específica de 386 $\mu\text{mS/cm}$. Las aguas del río Colorado, antes de rodear el extremo sur de la sierra de Quilmes, se caracterizan por ser de tipo carbonatadas bicarbonatas cálcicas-magnésicas. A partir de Pie de Médano y en su recorrido hacia el norte, las aguas del río Santa María varían su composición de cloruradas sulfatadas sódicas (Punta Balasto) a bicarbonatadas sódicas en la localidad de Santa María.

A la altura del paraje Saladillo se destaca el aporte de una vertiente proveniente del suroeste, que posee pH 9 y conductividad específica de 3.790 $\mu\text{mS/cm}$, está última generada por la elevada concentración de cloruro en el agua (1.050 mg/l). En cuanto a los elementos trazas, la vertiente muestra una elevada concentración de As (268 $\mu\text{g/l}$), Ni (98,5 $\mu\text{g/l}$), Cu (8,2 $\mu\text{g/l}$) y W (90 $\mu\text{g/l}$), todos estos elementos superan los niveles guías (Normativa Complementaria de la Ley de Protección ambiental para la actividad minera, incorporada al Código de Minería) para la protección de vida acuática y en algunos casos, como el As y el Ni, superan los niveles guías para irrigación (Jara *et al.* 2013).

El Campo del Arenal y el río Santa María reciben el aporte de afluentes directos que bajan de las sierras o nevados del Aconquija. Ellos son los arroyos Blanco, Potrerillos, Zarso, Buey Muerto, Cerrillos, El Tesoro, de los Dos Ríos y Arenal. Sus aguas muestran valores de pH que oscilan entre 8,9 y 7,9, con un valor promedio de 8,4, la conductividad específica promedio es 255 $\mu\text{mS/cm}$. Los tipos de aguas se agrupan en el campo de bicarbonatadas carbonatadas cálcicas-magnésicas, saliendo de este campo las aguas de los ríos Blanco y Buey Muerto que son sulfatadas cálcicas-magnésicas (Jara *et al.* 2013).

Al norte, confluyen hacia el río Santa María, el arroyo Pajanguillo, y los ríos Ampajango y Andalhuala, todos ellos con aguas de tipo carbonatadas bicarbonatadas cálcicas- magnésicas, distinguiéndose el río Andalhuala por ser levemente más sódico. Las tomas de agua de Pajanguillo, Ampajango y Andalhuala no muestran concentraciones de elementos mayoritarios y trazas que estén por encima de los niveles guías de agua para consumo e irrigación, el pH de las aguas oscila entre 8,6 y 8,9 y la conductividad específica promedio es de 221 $\mu\text{mS/cm}$ (Jara *et al.* 2013).

Cuenca del Salar de Pipanaco

La cuenca hidrográfica del Salar de Pipanaco, es una cuenca intermontana con una superficie total de 17.200 km², integrada por los Campos de Belén, Andalgalá, Pomán y Arauco, abarcando el área de estudio sólo el sector centro- norte de la cuenca. Conforman el límite septentrional de la cuenca varias serranías que forman parte del sistema montañoso del Aconquija; el límite occidental lo constituyen las sierras de Hualfín, Belén, Fiambalá, Zapata y otras que llegan a alcanzar altitudes de 4.000 m s. n. m.; el límite oriental corresponde a la sierra de Ambato. Por último, el límite sur establecido por la superficie que cubre el área de estudio se extiende hasta la latitud de Pomán, no representando este el límite real de la cuenca, ya que al sur el Salar de Pipanaco conforma una planicie que se confunde con un sector de la cuenca del río Abaucán, Salado, Colorado o Bermejo (Jara *et al.* 2013).

El clima es continental seco, árido a templado, con precipitaciones media anual en la planicie del Salar que no superan los 100 mm, mientras que en las áreas serranas se registran hasta 600 mm/año constituyendo cursos de agua que se infiltran a la zona de acumulación de la cuenca. La temperatura media anual es de 19 °C, con máximas de 45 °C y mínimas de 8 °C. Las bajas precipitaciones y elevadas temperaturas dan como resultado un déficit hídrico durante todo el año.

La cuenca es alimentada principalmente por cursos cortos e intermitentes que sólo llegan a ser permanentes cuando la precipitación en la cabecera de la cuenca es nival. Los caudales más destacados son los del río Belén y Andalgalá cuyas aguas son aprovechadas para irrigación y consumo humano.

El río Belén nace de la confluencia del río Villavil-El Bolsón con el río Nacimientos-Las Cuevas, separados ambos por las sierras de Hualfín, y discurre con rumbo general sur-sudeste acompañando la traza de la ruta nacional 40. Aguas abajo de la localidad de Belén el curso del río se diluye en numerosos brazos, atravesando un extenso desierto denominado Campo de Belén, hasta caer al Salar de Pipanaco. A la altura de la población de El Eje, el río Belén recibe el aporte del río Seco - Agua de Dionisio, el cual drena el área mineralizada de Farallón Negro - Alto de La Blenda.

II.6.2.1 Agua Subterránea

Cuenca del Campo del Arenal

La cuenca de agua subterránea del Campo del Arenal constituye una depresión de aproximadamente 4.700 km² donde el promedio anual de precipitaciones es de 144 mm. Diversos estudios de prospección geofísica y perforaciones realizadas por organismos de la provincia de Catamarca revelan la existencia de niveles sedimentarios permeables por debajo de los 100 metros de profundidad, así como en áreas de descarga de los conos aluviales del borde de las sierras de Aconquija se observa un relleno cuaternario constituidos por arenas y gravas con intercalaciones limo arcillosas de 350 m de espesor asentados sobre niveles de elevada conductividad eléctrica (Tineo *et al.* 1999). Según el estudio de Jara *et al.* (2013) en la zona baja, sobre la ruta nacional 40, la profundidad promedio del nivel estático es de -1,74 m, mientras que en el faldeo oriental de la Sierra Las Cuevas, se encuentran niveles estáticos más profundos, entre -22,20 m y -4,50 m respectivamente. Las aguas presentes en estos pozos son de características atermales (promedio de 14°C), de pH levemente alcalino a alcalino (promedio 7,9) y conductividad específica promedio de 576 µmS/cm. Siendo las presentes en el centro de la depresión de composición cloruradas y/o sulfatadas sódicas; y aquellas de niveles estáticos más profundos de composición bicarbonatadas sódicas-cálcicas. En general, las aguas no muestran concentraciones elevadas de metales (Jara *et al.* 2013).

Las perforaciones profundas en el Campo del Arenal se ubican principalmente sobre la ruta nacional 40 y sobre la ladera occidental de la sierra de Aconquija, con profundidades que varían desde los -230 m hasta llegar a ser pozos surgentes a semisurgentes en la depresión del arenal. En los pozos ubicados en los alrededores del aeropuerto de minera Alumbreira se midió un nivel dinámico promedio de -114 m, mientras que, en el pozo ubicado en el perímetro del aeropuerto, se observó un nivel estático de -155 m. La temperatura promedio de sus aguas las clasifican como atermales (21,4 °C), sin embargo, entre los pozos de producción, existen temperaturas hipotermas de alrededor de 24 °C. La conductividad específica promedio es de 317 $\mu\text{mS/cm}$ y el pH promedio es 8,2 (Jara *et al.* 2013). Según los mismos autores este grupo de pozos poseen aguas de tipo bicarbonatadas sódicas. Alrededor de 8 perforaciones están ubicadas al sur-sureste de la ruta nacional 40, sobre la ladera occidental de la sierra de Aconquija con una profundidad promedio del nivel estático es de -107 m. Las aguas en estos pozos son levemente alcalinas (pH promedio 8,1), de conductividad específica promedio de 971 $\mu\text{mS/cm}$. Con respecto a la temperatura, son aguas atermas a hipotermas (21 °C a 23 °C), de tipos clorurado y/o sulfatado sódico y clorurado sódico respectivamente (Jara *et al.* 2013).

En la zona del bajo del Campo del Arenal, a lo largo de la ruta nacional 40 existen alrededor de 11 perforaciones cuyas aguas son de tipo carbonatadas - bicarbonatadas sódicas en su mayoría. La profundidad promedio a la cual se encuentra el nivel estático en estos pozos es de -15 m; sin embargo, algunos pozos son surgentes y semisurgentes. Las aguas son de características atermas, con temperaturas promedio de 19 °C, llegando a ser hipotermas (28 °C). El pH de estos niveles acuíferos es alcalino a fuertemente alcalino en algunos casos (promedio 8,8), mientras que los valores de conductividad específica oscilan entre un mínimo de 148 $\mu\text{mS/cm}$ a un máximo de 547 $\mu\text{mS/cm}$. Dadas que las aguas muestran características muy diferentes entre sí, se evidencia una probable estratificación hidrogeológica en el área (Jara *et al.* 2013).

Las perforaciones ubicadas en la zona de la depresión evidencian concentraciones de As de más de 10 $\mu\text{g/l}$ y hasta 50 $\mu\text{g/l}$, superando el límite establecido por el Código Alimentario Argentino para aguas potables, no así el establecido por el código de minería. En relación al Cr, los valores más altos (6,8 $\mu\text{g/l}$, 3,35 $\mu\text{g/l}$ y 6,1 $\mu\text{g/l}$), no superan los niveles guías establecidos por la legislación para fuentes de agua para bebida humana (50 $\mu\text{g/l}$) (Jara *et al.* 2013).

Cuenca del Salar de Pipanaco

En la mencionada cuenca, según Jara *et al.* (2013) se evidencian al menos dos grupos de aguas: aquellas presentes en el centro de la depresión, expuestas a un nivel de evaporación mayor, de composición cloruradas y/o sulfatadas sódicas; y aquellas de niveles estáticos más profundos de composición bicarbonatadas sódicas-cálcicas, que son utilizadas para riego en los emprendimientos de olivicultura.

II.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

II.7.1. INTRODUCCIÓN

Para la clasificación de los distintos tipos de suelos del área del Estudio Geoambiental Farrallón Negro, se empleó el estudio realizado por Fernández y Herrero (2013) en el área de estudio. En el cual los criterios de selección para las observaciones fueron definidos sobre la base a las unidades lito-geomorfológicas obtenidas mediante interpretación de imágenes satelitales.

II.7.3. DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS

En las calicatas ejecutadas en el estudio mencionado (Fernández y Herrero 2013), se realizó una descripción completa, tanto de los suelos como del paisaje donde se desarrollan cada uno de ellos, siguiendo las normas de reconocimiento de suelos del INTA (Etcheverre 1976). En cada perfil edáfico se identificaron los distintos horizontes genéticos, la profundidad del perfil (espesor visible), espesor de los horizontes, color, estructura, pH y presencia de carbonatos. Además, se realizaron sondeos de exploración en donde se llevó a cabo una descripción menos exhaustiva, teniendo en cuenta similitudes y diferencias encontradas entre suelos de unidades de mapeo similares: número y espesor de horizontes, pendiente y geoforma en la que se desarrollan.

Las distintas geoformas en las que se resumen las principales características de los suelos según Fernández y Herrero (2013) son:

- Suelos desarrollados sobre basamento cristalino
- Suelos desarrollados sobre pedimentos
- Suelos desarrollados en fajas fluviales
- Suelos desarrollados en bajadas aluviales
- Suelos desarrollados sobre depósitos aluviales antiguos
- Suelos desarrollados sobre material aluvial volcánico
- Suelos desarrollados sobre depósitos eólicos
- Suelos de bajos salinos

SUELOS DESARROLLADOS SOBRE BASAMENTO CRISTALINO		
Paisaje: Ladera		Material Originario: Basamento Cristalino
Escurrimiento: Muy rápido	Permeabilidad: Moderadamente rápida	Drenaje: Bien drenado
Peligro de anegamiento: Nulo	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: ---
Vegetación Natural: Arbustos xerófilos muy raros	Cobertura Vegetal: 1%	Sales o Álcalis: No
Erosión Actual: Eólica, grave	Pedregosidad: 90%	Rocosidad: 100%

Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 -4	10YR6/4 (s) pardo amarillento claro y 10YR4/4 (h) pardo amarillento oscuro; franco arenoso gravoso; suelto sin estructura; suelto en seco, suelto en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,5; moderada reacción carbonática en la masa, seco; raíces comunes; límite abrupto y suave.
R	4 - +	Afloramiento rocoso

SUELOS DESARROLLADOS SOBRE PEDIMENTOS		
Paisaje: Rellano, área cumbral		Material Originario: Basamento Cristalino
Escurrimiento: Medio	Permeabilidad: Moderadamente rápida	Drenaje: Bien drenado
Peligro de anegamiento: Nulo	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: ---
Vegetación Natural: Arbustos xerófilos muy ralos	Cobertura Vegetal: 1%	Sales o Álcalis: No
Erosión Actual: Eólica, grave	Pedregosidad: 80%	Rocosisidad: 80%
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 -11	10YR6/3(s) pardo claro y 10YR4/3 (h) pardo; franco arenoso gravoso; bloques sub-angulares, gruesos, débiles; blando en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,3; moderada reacción carbonática; seco; raíces comunes; límite claro y suave.
C	11- 34	10YR5/3(s) pardo y 10YR4/4 (h) pardo amarillento oscuro; franco arenoso gravoso; masivo; suelto en seco, suelto en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,8; moderada reacción carbonática; seco; raíces abundantes; límite abrupto y suave.
Cr	34 - +	Material rocoso suelto

SUELOS DESARROLLADOS EN FAJAS FLUVIALES		
Paisaje: Terraza fluvial		Material Originario: Arenas fluviales
Escurrimiento: Lento	Permeabilidad: Rápida	Drenaje: Moderadamente bien drenado
Peligro de anegamiento: Escaso	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: 2 m
Vegetación Natural: Matorral halófilo, achaparrado	Cobertura Vegetal: 30%	Sales o Álcalis: Suelo fuertemente salino
Erosión Actual: Eólica, severa	Pedregosidad: 0%	Rocosisidad: 0%
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 - 35	10YR6/3(s) pardo claro y 10YR4/4 (h) pardo amarillento oscuro; franco arenoso; bloques sub-angulares, media a fina, débil; ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,2; moderada reacción de carbonatos en la masa; seco; raíces abundantes; límite abrupto y suave.

Ck1	35- 68	10YR6/4(s) pardo amarillento claro y 10YR5/4 (h) pardo amarillento; franco arenoso; bloques sub-angulares, media, moderada; ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 9,3; moderada reacción de carbonatos en la masa; seco; raíces comunes; límite claro y suave.
Ck2	68 - 90	10YR6/3(s) pardo claro y 10YR4/4 (h) pardo amarillento oscuro; franco arcillo arenoso; bloques sub-angulares a angulares, media, fuerte; duro en seco, firme en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 9,0; abundante reacción de carbonatos en la masa; seco; raíces escasas; límite abrupto y suave.
Ck3	90 -127	10YR6/3(s) pardo claro y 10YR5/3 (h) pardo; franco arcillo arenoso; bloques sub-angulares, media a fina, moderada; ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,8; moderada reacción de carbonatos en la masa; seco; límite claro y suave.
Ck4	127 a +	10YR6/2(s) gris parduzco claro y 10YR5/3 (h) pardo; franco; bloques angulares, gruesos, fuertes; muy duro en seco, muy firme en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,4; moderada reacción de carbonatos en la masa; fresco; moteados escasos.

SUELOS DESARROLLADOS EN BAJADAS ALUVIALES		
Paisaje: Bajada aluvial		Material Originario: Material aluvial y arenas
Escurrimiento: Lento	Permeabilidad: Rápida	Drenaje: Bien drenado
Peligro de anegamiento: Nulo	Humedad: Seco	Profundidad de la napa: ---
Vegetación Natural: Arbustos xerófilos muy ralos	Cobertura Vegetal: 2%	Sales o Alcalis: No
Erosión Actual: Eólica, grave	Pedregosidad: 90%	Rocosisidad: 80%
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 -4	10YR6/4) pardo amarillento claro y 10YR5/4 (h) pardo; franco arenoso gravilloso; bloques sub redondeados, medios a gruesos, débil; blando en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,7; seco; escasas raíces; límite claro y ondulado.
Cr	4 - 32	10YR6/3) pardo pálido y 10YR5/3 (h) pardo; franco arenoso gravoso; bloques sub redondeados, medios a gruesos, débil; blando en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,9; seco; escasa reacción carbonática; raíces comunes; límite abrupto y ondulado.
2Cr	32 - +	Material franco arenoso, gravoso; suelto, sin estructura: pH 7,8; seco.

SUELOS DESARROLLADOS SOBRE DEPÓSITOS ALUVIALES ANTIGUOS		
Paisaje: Depósito aluviales antiguos		Material Originario: Material aluvial
Escurrimiento: Lento	Permeabilidad: Rápida	Drenaje: Bien drenado
Peligro de anegamiento: Nulo	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: ---
Vegetación Natural: Achaparrada y muy escasa	Cobertura Vegetal: 2%	Sales o Alcalis: No
Erosión Actual: Eólica, severa	Pedregosidad: Alta	Rocosisidad: Alta
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION

	(cm)	
Akr	0 - 23	10YR7/3(s) pardo muy claro y 10YR5/6 (h) pardo amarillento; franco arenoso gravoso; bloques sub-angulares, fina, débil; suelto en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,8; fuerte reacción de carbonatos en la masa; seco; límite claro y suave.
Ckr	23- +	10YR7/3(s) pardo muy claro y 10YR5/6 (h) pardo amarillento; franco arenoso gravoso; sin estructura; suelto en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,1; fuerte reacción de carbonatos en la masa; moderada cantidad de raíces; seco.

SUELOS DESARROLLADOS SOBRE MATERIAL ALUVIAL VOLCÁNICO		
Paisaje: Terraza fluvial		Material Originario: Material aluvial y arenas
Ecurrimiento: Lento	Permeabilidad: Rápida	Drenaje: Bien drenado
Peligro de anegamiento: Ninguno	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: ----
Vegetación Natural: Arbustos xerófilos muy malos	Cobertura Vegetal: 10%	Sales o Álcalis: No
Erosión Actual: Eólica, grave	Pedregosidad: 100 %	Rocosidad: 70 %
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 - 15	10YR6/4(s) pardo amarillento claro y 10YR4/4(h) pardo amarillento oscuro; franco arenoso, gravilloso; bloques aplanados, medios, débil; blando en seco, friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,9; seco; fuerte reacción carbonática; escasas raíces; límite gradual y suave.
Ckr	15 - 61	10YR7/3(s) pardo muy claro y 10YR4/6(h) pardo amarillento oscuro; franco arcillo arenoso, gravoso; suelto, sin estructura; suelto en seco, suelto en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 7,6; seco; fuerte reacción carbonática y concreciones carbonáticas en la masa; límite claro y suave.
2Cr	61 - +	10YR7/3(s) pardo muy claro y 10YR4/4(h) pardo amarillento oscuro. Se trata de un material franco arenoso gravoso; suelto; pH 8,2; fuerte reacción carbonática y concreciones carbonáticas

SUELOS DESARROLLADOS SOBRE DEPÓSITOS EÓLICOS		
Paisaje: Depósito eólicos		Material Originario: Material arenoso
Ecurrimiento: Lento	Permeabilidad: Muy rápida	Drenaje: Muy bien drenado
Peligro de anegamiento: Nulo	Humedad: Uniforme, seco	Profundidad de la napa: ---
Vegetación Natural: Achaparrado y muy escasa (Brea, Jarilla)	Cobertura Vegetal: 2%	Sales o Álcalis: No
Erosión Actual: Eólica, severa	Pedregosidad: Pequeñas gravillas en superficie	Rocosidad: No
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 - 25	10YR5/4(s) pardo amarillento y 10YR5/6 (h) pardo amarillento; arenoso franco; bloques aplanados, gruesos, débil; blando en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,5; moderada

		reacción de carbonatos en la masa; seco; raíces comunes; límite transicional y suave.
C	25- +	10YR6/3(s) pardo claro y 10YR4/6 (h) pardo amarillento oscuro; arenoso franco; sin estructura; suelto en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,5; fuerte reacción de carbonatos en la masa; seco.

SUELOS DE BAJOS SALINOS		
Paisaje: Bajo salino		Material Originario: Material arenoso fino
Escurrimiento: Muy lento	Permeabilidad: Moderadamente lenta	Drenaje: Moderadamente drenado
Peligro de anegamiento: Frecuente	Humedad: No uniforme: de seco a mojado	Profundidad de la napa: 75 cm
Vegetación Natural: Halófila, achaparrada y escasa	Cobertura Vegetal: 30%	Sales o Alcalis: Moderadamente salino
Erosión Actual: Eólica, severa	Pedregosidad: No	Rocosisad: No
Uso del Suelo: Tierras improductivas		
HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
A	0 - 35	10YR7/3(s) pardo muy claro y 10YR5/3 (h) pardo; franco arcillo arenoso; estructura laminar, gruesa, débil; blando en seco, muy friable en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,9; fuerte reacción de carbonatos en la masa; seco; raíces comunes; límite claro y suave.
C	35 - 65	10YR6/3(s) pardo claro y 7,5 YR4/6 (h) pardo amarillento oscuro; franco arenoso; bloques sub redondeados gruesos, débil; ligeramente duro en seco, firme en húmedo, no plástico y no adhesivo; pH 8,5; fuerte reacción de carbonatos en la masa; mojado; límite claro y suave.
2Ck	65- +	10YR6/3(s) pardo claro y 7,5 YR4/6 (h) pardo amarillento oscuro; franco arcillo arenoso; bloques sub redondeados gruesos, débil; muy duro en seco, firme en húmedo, plástico y adhesivo; pH 8,3; fuerte reacción de carbonatos en la masa y concreciones carbonáticas; mojado.

II.8. FAUNA

II.8.1. INTRODUCCION

El presente capítulo tiene como objetivo hacer una descripción, lo más fiel, de la fauna y flora del sector de estudio. Dicha descripción constara de información recopilada bibliográficamente y chequeada en campo. Asimismo, se incluye un listado de las especies presentes potencialmente, de los sitios protegidos o de relevancia biológica, y de información acorde al uso antrópico sobre la misma.

II.8.2. METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología utilizada consistió en la interpretación visual del área de estudio a través de una imagen satelital Landsat TM, escala 1:250.000. La misma fue analizada utilizando el software Arc Gis 9. Se interpretó la vegetación en base a una serie de características como grado de cobertura, reconocimiento de ambientes singulares, entre los atributos más importantes. Se recurrió a material bibliográfico para completar el análisis el cual sirvió además como elemento contrastante al momento de puntualizar aspectos como la topografía, hidrología, edafológica. Como resultado se obtuvo un mapa preliminar de distribución potencial de fauna donde posteriormente fue chequeado a campo. Se tomó en cuenta para la realización del diseño de muestreo, estudios previos realizados en el área, así como también sitios de importancia reproductiva para la fauna, como aquellos con categoría de protegidos.

II.8.2.1. MUESTREOS

Para la realización del diseño de muestreo se tuvieron en consideración varios parámetros y variables, de las cuales se pueden mencionar la composición, distribución y exclusividad de las especies que habitan el sector. Aspectos como la exclusividad, singularidad y estado de conservación fueron también de gran importancia al momento de planificar las estrategias de muestreo. No fue menor el marco legal de algunos sectores en lo referido a la protección de los mismos.

La estacionalidad climática fue tomada en cuenta en las consideraciones logísticas de la campaña. Las fluctuaciones climáticas estacionales en la disponibilidad de alimento o abrigo generan cambios en la distribución y composición de la fauna. Por ello es un factor de real importancia, pues de su adecuada elección depende que los muestreos resulten con la mayor representatividad a nivel cuantitativo y cualitativo.

Por cuestiones del diseño de muestreo no fue incluido el dato de la abundancia relativa. La jerarquización de hábitats e identificación y localización de especies amenazadas se tomó en cuenta.

Del análisis de la imagen satelital, se obtuvieron las unidades fisonómicas, las cuales sirvieron para definir las transectas con sus estaciones de censo. Cada transecta abarcó la mayor cantidad de ambientes heterogéneos, mientras que las estaciones de censo fueron definidas sobre unidades de vegetación suficientemente homogéneas a fin de obtener resultados confiables. Aquellas áreas con categoría de conservación fueron seleccionadas para intensificar el muestreo.

Las metodologías elegidas en el plan de muestreo tuvieron en cuenta el factor espacial además del tiempo total utilizado en campaña. A continuación, se pasa a describir las metodologías por taxa.

II.8.2.1.1. Muestreo de Mamíferos

La vasta extensión del área de estudio fue clave en la elección de la metodología de muestreo. Es aconsejable en estos casos el muestreo observacional. Dicha metodología ya fue utilizada con anterioridad por investigadores como Hauman, que han trabajado sobre las características ambientales a escala geográfica (*Hauman et al. 1947; Cabrera 1976*). La superficie a muestrear dependió de la complejidad del ambiente y del tipo de organismo a muestrear.

A partir del material visual se definieron transectas a incorporar en el recorrido. Estas, atravesarían áreas heterogéneas con estaciones de censo en sectores representativos, previa asociación con el análisis de distribución de especies.

Con amplios recorridos utilizando caminos consolidados o brechas transitables, se fue haciendo un registro de los distintos individuos. En los recorridos se utilizó un vehículo doble tracción en franjas de ancho ilimitado para grandes mamíferos (*Eberhart 1978*).

Aquellas observaciones eventuales de otros taxones surgidas dentro del recorrido fueron incorporadas al muestreo.

Para el registro y observación de los ejemplares se llevaron a cabo registros indirectos como heces, huellas, refugios (madrigueras), nidos, restos óseos, de los cuales se hicieron registros fotográficos. Aquellos sectores de interés no incluidos en el plan de muestreo inicial, fueron incluidos según la logística desarrollada a campo.

II.8.2.1.2. Muestreo de Aves

El estado de conservación de un ecosistema puede ser inferido a través del valor poblacional de las aves de ese ecosistema (*Hilty 1994*). Las aves son muy sensibles al estado fisonómico de la vegetación, como de otros componentes.

La evaluación de dicho taxón fue llevada a cabo empleando la metodología de puntos de conteo (*Bibby et al. 1993; Ralph et al. 1996; Jarvinen 1978*). Esta consistió en establecer una serie de puntos a lo largo de una transecta. Cada punto debe estar separado por una distancia prudencial, evitando, de esta manera, la interdependencia de los datos (*Hutto et al. 1986*). Las transectas marcadas en los recorridos son del tipo “en faja”. El observador realiza registros de las aves observadas, pero sin detenerse, salvo en los puntos de conteo. Esta metodología es de gran utilidad para aquellos paisajes con un gran campo de visión, donde el observador no debe reparar en tener cuidado al momento de desplazarse.

El material de consulta y apoyo bibliográfico utilizado consistió en la Guía de las Aves Argentinas de *Olrog (1984)*.

II.8.3. UBICACIÓN ZOOGEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

El sector de estudio según *Ringuelet (1961)* está incluido dentro del Distrito Subandino perteneciente al Dominio Central (subregión andino patagónico). Es un territorio de llanura y elevaciones bajas y medias con vegetación xerófila. Áreas de monte, espinal y ecotonos entre el Chaco y los anteriores comprendiendo la precordillera, con áreas extensas de bolsones. Es un dominio con fuerte influencia

chaqueña con presencia fuerte de dominios subtropicales adentrados hacia el sur y el oeste. Hacia el sur tiene influencia de la fauna patagónica y central (*Ringuelet 1961*).

II.8.4. DESCRIPCION DE LA FAUNA Y SU CARACTERIZACION AMBIENTAL

II.8.4.1. AMBIENTE DE ESTEPA HERBACEA ARBUSTIVA

Categorizada de esta manera, ya que presenta comunidades, en su mayoría herbáceas del tipo gramíneas, con elementos arbustivos dispersos y de pequeño porte. Las especies animales se encuentran adaptadas a condiciones de sequedad, en algunos casos extremas y una amplitud térmica moderada. Muchos de los mamíferos asociados a esta fisonomía comparten los ambientes próximos a este ya que los requerimientos de alimento y abrigo suelen ser amplios para aquellos.



Figura II.8.1: Ambiente de estepa herbácea arbustiva.

II.8.4.2. AMBIENTE DE ESTEPA XEROFILA

Unidad que toma áreas de estepa arbustiva baja, rala y principalmente el sector del Bajo del Arenal (entre 2.400 y 2.700 m). Este último se caracteriza, debido a las extremas condiciones climáticas, la fisonomía será de arbustos ralos y esparcidos, intercalándose zonas de medanales y peladales, donde el suelo es rocoso, arenoso y de características salinas, de allí que la fauna característica o dominante pertenezca a los reptiles en general y especies cavícolas como el tuco tuco, cuis común, hurón, zorrino.

II.8.4.3. AMBIENTE DE ARBUSTALES

Se corresponde con comunidades de jarilla (jarillales) que rodean el límite norte del Salar de Pipanaco, y con sectores que bordean la unidad de estepa arbustiva. Su distribución es más compacta y con una altura media que alcanza los 1,5 a 2 metros de altura. La avifauna asociada se emparenta en parte con la propia de la estepa xerófila, siendo la fauna cavícola preponderante además de avifauna de hábitos arbóreos.

II.8.4.4. AMBIENTE DE PASTURAS

Es el equivalente a zonas de pasturas donde la actividad principal es la agrícola ganadera 2.100 a 2.800 m son los límites altitudinales donde se enmarca dicha unidad.



Figura II.8.2: Ecosistema de pasturas de altura.

II.8.4.5. AMBIENTE DE ESTEPA SAMMOFILA

Se corresponde con el sector norte de la hoja de estudio donde se ubica el “Bajo del Arenal”. Particularmente, en la presente área habita una especie de lagartija, *Liolaemus Spinozai Abdala* (Cabrera y Scrocchi 2005) con distribución restringida a dicho ambiente, y con estudios sobre su ecología al respecto.



Figura II.8.3: Vista del Bajo del Arenal al norte del área de estudio.

II.8.4.6. AMBIENTE DE ESTEPA ALTOANDINA

Dicha unidad está concebida tomando en cuenta altitudes superiores a los 3.600 m. Sobre el límite de vegetación formada por estepas de xerófilas, si bien fue considerada desde una cota de 2.800 m debido a que se comparten elementos faunísticos. Aquí el ambiente se corresponde con cardonales y presencia de cactáceas columnares de gran tamaño. La vegetación presente consiste en parches de líquenes con algunas herbáceas y arbustos rastreros adaptados a las condiciones extremas. La fauna presente estará conformada por roedores, lagartijas, aves rapaces, etc. Es un ambiente donde se destacan el grupo de reptiles en donde serán altamente dependientes del mismo. Los grupos de mamíferos y aves lo serán en menor medida. Entre los más representativos encontramos a la vicuña (*Vicugna vicugna*), el choique (*Pterocnemia pennata*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), *Lama guanicoe* y el condor (*Vultur gryphus*), este último como especie vulnerable (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES). La vizcacha (*Lagidium viscacia*) es otro de los roedores presentes. Dentro de las aves, se puede contar con las rapaces *Cathartes aura* y *Circus cinereus*.

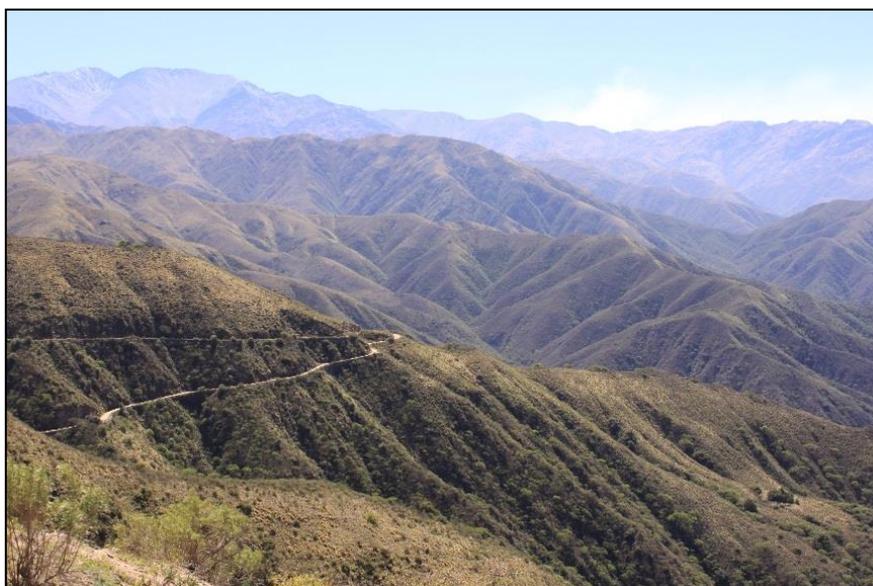


Figura II.8.3: Vista de las Sierras de Ambato.

II.8.4.7. AMBIENTE DE ESTEPA ARBUSTIVA

Dicha unidad junto con los ambientes de arbustales corresponde a zonas con formaciones vegetales más densas en fondos de quebradas compartiendo fisonomías del tipo del chaco serrano. Las representativas son *Columba maculosa*, *Colibri corunscans*, *Colaptes campestris*, entre otras.



Figura II.8.3: Estepa arbustiva.

II.8.4.8. AMBIENTE DE HUMEDAL

Los humedales representan una superficie bastante restringida como ambiente en comparación al área total de estudio. Las especies que lo habitan son altamente dependientes del mismo, concentrando parte de su actividad y desarrollo en ellos.



Figura II.8.4: Rio Choya.

II.8.4.9. AMBIENTE DE MATORRALES (MONTE)

Abarca áreas inferiores a los 2.800 m de cota. Dicha unidad está conformada por una comunidad de jarilla, ocupando planicies bajas, mesetas, lomadas y terrazas que se antepone a las cadenas montañosas. Los arbustos que la conforman alcanzan los 2,5 m de altura de follaje permanente y hoja resinosa. Elevado es el nivel de especies que habitan dicha unidad. Especies identificables en dicha

área y con alguna categoría de conservación podemos nombrar a el zorro colorado y el zorro gris (*Pseudolapes griseus*), el halcón peregrino, el choique. *Liolaemus bitaeniatus*, una lagartija que es clasificada como especie de máxima vulnerabilidad. Varias especies poseen una amplia distribución en el área, por lo que comparten espacios con otras unidades, como ser la Altoandina, de estepa arbustiva, de arbustales, de pastizales, de humedales, etc. Es el caso de *Buteo polysoma*, *Milvago chimango*, *Falco femoralis*, *Asthenes steinbachi*, *Lepus capensis*, entre otras.



Figura II.8.5: Matorral típico al norte del Salar de Pipanaco.

II.8.4.10. AMBIENTE DE LLANURA SALINA

Dicha unidad se corresponde con el área del Salar de Pipanaco.

II.8.4.11. AMBIENTE AREA DEGRADADA

Definido como el sector de uso minero correspondiente al área de explotación e influencia de mina La Alumbreira.

II.8.4.12. AMBIENTE URBANO

Unidad correspondiente a los emplazamientos urbanos propiamente dicho. Se excluyen aquellas aéreas netamente rurales. Las aves que suelen frecuentar son el carancho común (*Polyborus plancus*), cabecita negra austral (*Carduelis barbata*), golondrina barranquera (*Notiocheidon cyanoleuca*), lechuzon campestre (*Asio flammeus*), Ratona común (*Troglodytes aidon*), zorro gris (*Pseudolapes griseus*), entre otros.

II.8.5. ESPECIES PROTEGIDAS

Amparadas bajo la ley 4.855, la cual se establece que el estado provincial tiene la obligación de velar por la protección de sus recursos naturales, garantizando el uso sostenible y la conservación de su

fauna silvestre. Son las especies que se encuentran en peligro de extinción en la provincia, lo que no significa que compartan dicha situación a nivel mundial.

Se considera que un animal está en peligro de extinción cuando su existencia se encuentra comprometida a nivel mundial. Esto es debido generalmente a la culminación de un recurso del cual dependen todas y cada una de las especies, ya sea por parte de la acción del hombre, como la caza ilegal o la tala de indiscriminada de árboles, o simplemente a cambios en el ecosistema de la especie producto de hechos fortuitos, como lo son el cambio climático. Estos animales en peligro de extinción no están habituados a tales condiciones climáticas y a veces les es imposible adaptarse a dichos cambios.

Sin embargo, en los últimos tiempos, el hombre, se convirtió en una enorme amenaza para los animales, debido a que muchos de los animales han desaparecido porque destruimos su hábitat natural de vida.

La fauna silvestre, es un componente esencial del patrimonio natural de los ecosistemas de la provincia. Por este motivo, las acciones depredatorias sobre la misma, implican una grave amenaza a la estabilidad, diversidad y perpetuidad de las valiosas comunidades existentes.

Por este motivo, la Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable, es el organismo con autoridad de aplicación en la provincia para reglamentar las limitaciones y modalidades anuales de la caza deportiva. Esto se debe a que debe garantizar la protección de especies y mantener los ecosistemas.

La mayoría de las especies que están en peligro de extinción, como el gato andino, ya que habitan zonas de área muy reducida, y donde quedan muy pocos lugares en donde se encuentra la población. Generalmente, son zonas de difícil acceso. De esta manera la pérdida de algunos del hábitat natural se debe al avance del hombre en zonas que le pertenecían a la fauna silvestre.

Entre los animales amenazados en Catamarca están:

Tabla II.8.1: Especies amenazada para la provincia de Catamarca.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Oso Melero	<i>Tamandua tetradactyla</i>
Corzuela Colorada	<i>Mazama americana</i>
Pichiciego Menor	<i>Chlamyphorus truncatus</i>
Cabasú chaqueño	<i>Cabassus Chacoensis</i>
Ratón Ventrirufó	
Chinchilla Andina	<i>Chinchilla chinchilla</i>
Conejo de los Palos	<i>Dolichotis salinicola</i>
Tuco-tuco Coludo	<i>Ctenomys coludo</i>
Tuco-tuco de Matorral	<i>Ctenomys fochi</i>
Tuco-tuco Catamarqueño	<i>Ctenomys knighti</i>
Rata Vizcacha Dorada	<i>Tympanoctomys barrerae</i>
Rata Chinchilla Catamarqueña	<i>Abrocomidae</i>
Gato Andino	<i>Leopardus jacobita</i>
Ocelote	<i>Leopardus pardalis</i>
Lobito de Río Taruca	<i>Lontra longicaudis</i>
Ñandu Ganso de Monte	<i>Neochen cubata</i>
Pato de Torrente	<i>Merganetta armata</i>
Pato Castaño	<i>Netta erythrophthalma</i>
Parina Chica	<i>Phoenicoparrus jamesi</i>

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Parina Grande	<i>Phoenicoparrus andinus</i>
Cóndor Real	<i>Sarcoramphus papa</i>
Águila Pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>
Águila Solitaria	<i>Buteogallus solitarius</i>
Águila Coronada	<i>Buteogallus coronatus</i>
Taguató Negro	<i>Parabuteo leucorrhou</i>
Águila Poma	<i>Spizaetus isidori</i>
Gallareta Cornuda	<i>Fulica cornuta</i>
Loro Alisero	<i>Amazona tucumana</i>
Cardenal Amarillo	<i>Gubernatrix cristata</i>
Mirlo de Agua	<i>Cinclus cinclus</i>
Ranita de Koslowsky	
Ranita del Manchao	<i>Scinax nasicus</i>
Ranita del Arenal	
Lagarto Cola Piche Puneño	<i>Phymaturus roigorum</i>
Lagartija del Abaucán	<i>Liolaemus abaucan</i>
Lagartija del Manchao	
Lagartija del Pipanaco	<i>Liolaemus salinicola</i>
Lagartija Hombros Negros	<i>Liolaemus koslowskyi</i>
Lagartija Terrestre Común	

Entre las especies con carácter de protegidas están:

Tabla II.8.2: Especies con categoría de protección según la UICN (Unión Internacional para la conservación de la naturaleza) presentes en el área de estudio. LC: preocupación menor; NT: casi amenazada; VU: vulnerable.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONSERVACIÓN
Marmosa Pálida	<i>Thylamys pallidior</i>	
Marmosa Común	<i>Marmosa murina</i>	LC
Comadreja Colorada	<i>Lutreolina crassicaudata</i>	LC
Mulita Orejuda	<i>Dasyus hybridus</i>	NT
Quirquincho Andino	<i>Chaetophractus nationi</i>	VU
Quirquincho Chico	<i>Chaetophractus vellerosus</i>	LC
Quirquincho Grande	<i>Armadillo peludo</i>	
Quirquincho Bola Gualacate	<i>Tolypeutes mataco</i>	
Zorro Colorado	<i>Lycalopex culpaeus</i>	LC
Gato de Pajonal	<i>Leopardus colocolo</i>	NT
Puma	<i>Puma concolor</i>	LC
Ñandú	<i>Rhea pennata</i>	LC
Perdiz	<i>Perdix perdix</i>	LC
Quiula Puneña	<i>Tinamotis pentlandii</i>	LC
Chajá	<i>Chauna torquata</i>	LC
Cisne de Cuello Negro	<i>Cygnus melancoryphus</i>	LC
Coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	LC
Ganso de Monte	<i>Neochen jubata</i>	NT
Cóndor Andino	<i>Vultur gryphus</i>	VU
Pepitero Gris	<i>Saltator coerulescens</i>	LC
Gaucho Andino	<i>Agriornis albicauda</i>	VU
Monterita Serrana	<i>Compsospiza baeri</i>	VU

En la categoría de especies vulnerables, que son aquellas que corren un riesgo mayor de convertirse en amenazadas, se encuentran:

- Zorro de Monte
- Ratón Chaqueño de Olrog
- Laucha Colilarga de Mary
- Ratón Jerbo de Tierras Altas
- Pericote Riojano
- Tuco-tuco Andino
- Rata Vizcacha
- Liebre Mara
- Coipo
- Tatetí
- Suri Cordillerano
- Guayata
- Cóndor Andino
- Aguilucho Langostero
- Halcón Peregrino
- Chorlito de Vincha
- Batitú
- Palomita Ojo Desnudo
- Paloma Colorada
- Paloma Nuca Blanca
- Lobo Hablador
- Monjita Sallinera
- Rey del Bosque
- Reina Mora Grande
- Monterita Serrana
- Cerquero Amerillo
- Ranita de Ciénaga
- Largatija de Capillitas

Lugares que habitan algunas de las especies mencionadas.

- El Oso Melero se puede encontrar en zonas boscosas como Paclín, El Alto, Ambato, Capayán, etc.
- El Pichiciego Menor, se encuentra en las zonas áridas, arenosas o medanosas, como: La Paz, Capayán, etc.
- La Reina Mora o el Rey del Bosque, habita en casi todo el territorio provincial.
- El Gato Andino, vive en la parte Andina Puneña, cerca de la Cordillera, en parte de Belén o Antofagasta de la Sierra.

II.8.6. AREAS PROTEGIDAS

II.8.6.1. Área Natural Protegida Sierras de Belén

Ubicado al este del límite interdepartamental de Belén con Tinogasta. El área cubre aproximadamente una superficie de unos 490 kilómetros cuadrados, a una altura de hasta 4.905 metros sobre el nivel del mar. Fue creada mediante Decreto Provincial 679 del año 2007. Su administración corresponde a la provincia de Catamarca.

Este sitio preserva varias especies silvestres de importancia entre las que se pueden mencionar el guanaco, la vicuña y el venado andino, zorro andino, zorro gris, diversas aves, entre las que se pueden mencionar aguilucho, loros, entre otros.

El área constituye el espacio de transición entre la región de la Sierras Pampeanas y la Puna. La reserva presenta cinco tipos de ambientes diferenciados: estepa herbácea alto andina, estepa arbustiva puneña, pastizales de altura y bosque Serrano.

II.8.6.2. SITIOS AICAS

La sigla AICAS (Áreas Importantes para la Conservación de las Aves) hace referencia a las áreas de importancia internacional destinadas a la conservación de las aves. Dichas áreas generalmente proveen hábitat esencial para una o más especies. En dichos sitios o áreas pueden existir aves con algún grado de amenaza o con una distribución restringida lo que las convierte en especies representativas de un determinado bioma. Estos sitios también pueden ser zonas de parada para la reproducción o alimento durante la migración o convertirse en sitios de hibernación.

Los objetivos del programa son básicamente la identificación de una red de áreas que conserven las características naturales del entorno donde estas especies puedan llevar a cabo todos sus procesos ecológicos. Por otro lado, es importante generar acciones que permitan la conservación de dichos sitios y su permanente monitoreo. Si bien estos sitios no tienen un resguardo legal el solo hecho de ser designado como sitio AICAS permite la gestión de su protección legal a través de las gestiones pertinentes.

II.8.6.3. SALAR DE PIPANACO

El área constituye un amplio valle rodeado por las Sierras de Ambato, al este, y el sector andino al oeste. Es una cuenca endorreica, abarcando un área total de 17.000 km². La vegetación se corresponde, en parte, con la de estepa arbustiva dominando el manca caballo, y sectores de suelo desnudos.

Ornitológicamente es zona de tránsito de aves del sector patagónico y de altura.

Además, cuenta con un endemismo local, el de la rata vizcacha dorada (*Pipanacoctomys aureus*), propia del monte (Chebez 2005).

II.8.6.4. CUESTA DEL TOTORAL

Coordenadas: 27° 56' S / 65° 50' O

Es un angosto valle de disposición norte-sur, penetrando desde Tucumán, entre las sierras de Graciana al oeste y el norte de las sierras de Ancasti al este. Junto con la cuesta de la Higuierillas (también AICA), constituye el límite del segmento de yungas australes. Importante los endemismos a nivel global como el churrin ceja blanca (*Scytalopus superciliaris*) y yunguero amarillo (*Aclapetes citrinellus*).

De propiedad privada, no cuenta con protección alguna, siendo su estado de conservación bueno.

II.8.6.5. CUESTA DE LAS HIGUERILLAS

Coordenadas: 27° 48' S / 65° 47' O

Ubicado a 1.000 metros de altura ocupando un valle singular, al este de la hoja entre Singuil y Balcosna. Es un área con una densa vegetación, ayudada por el clima fresco y lluvioso y promoviendo a una buena estructura vertical condicionada por el aporte de humedad de las lluvias estivales y las nieblas invernales. De propiedad privada, no cuenta con protección alguna, pero existe la posibilidad de declararla como reserva natural privada.

Algunas de las especies más notables: *Vultur gryphus*, *Harpyhaliaetus*, *Oroaetus isidori*, *Amazona tucumana*, *Atlapetes citrinellus*, entre otras.

II.9. UNIDADES FISIÓNOMICCO ESTRUCTURALES DE VEGETACIÓN ACTUAL

II.9.1. INTRODUCCIÓN

Las formaciones vegetales constituyen buenos indicadores de las variables de un sistema y pueden interpretarse como la síntesis de los diferentes condicionamientos ambientales físicos, biológicos y antrópicos. En este contexto, la información referida a la cobertura de vegetación desempeña un rol importante en el esquema del Estudio Geomambiental (EGA), pues es un elemento que establece importantes relaciones con los demás componentes ambientales. De hecho, la vegetación es estabilizadora de pendientes, minimiza la erosión, influye en la calidad y cantidad de agua, es hábitat de especies animales y productora de materias primas para diferentes aplicaciones antrópicas, entre muchas otras funciones.

Los objetivos que plantea el estudio de las comunidades vegetales en el marco de los EGAs implican la caracterización y composición del paisaje a través de las unidades fisionómicas de vegetación, su distribución y la estimación su estado. Esta información es volcada en un mapa de unidades fisionómicas de vegetación actual y su informe florístico correspondiente, y se utiliza como línea de base en estudios ambientales o de ordenamiento territorial.

Los objetivos para el estudio de las unidades fisionómico-estructurales de vegetación actual integran:

- Caracterización de la composición del paisaje
- Identificación de las diferentes unidades fisionómicas de la vegetación presentes en la zona, su distribución y la abundancia de especies
- Evaluación el estado de conservación de la vegetación

Para la ejecución de estos objetivos se realizó la Identificación de la composición del paisaje diferenciando el tipo de elementos presentes, su abundancia relativa y su disposición espacial. Se reconocieron las diferentes unidades fisionómicas de vegetación presentes en la zona, su distribución y la abundancia de especies analizando las variables de abundancia, cobertura, diversidad y especies dominantes.

Con el propósito de evaluar el estado de conservación de la vegetación se realizó un análisis de la degradación sufrida por la vegetación de la zona a partir de observaciones en campo y el uso de índices que identifiquen la fragmentación y las amenazas que afectan a la diversidad biológica.

II.9.2. MARCO BIOGEOGRÁFICO

El área de estudio se encuentra incluida, desde el punto de vista fitogeográfico, en la Provincia fitogeográfica del Monte y Prepuna, que pertenecen al Dominio Chaqueño, y las provincias fitogeográficas Altoandina y Puna, que pertenecen al Dominio Andino Patagónico, basado en los trabajos de Cabrera (1976), y los aportes de Hauman *et al.* (1947), Hueck (1972), Morello (1958), Karlin (1984), Martínez Carretero (1995) y Mórlans (1995) (Fig. II.9.1).

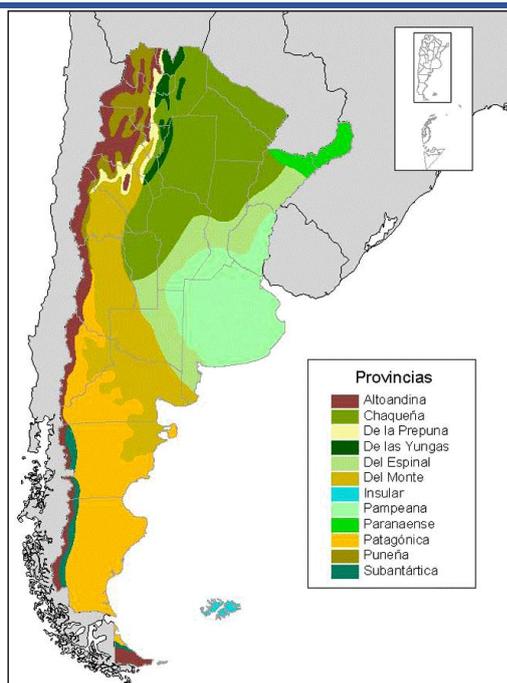


Figura II.9.1: Provincias fitogeográficas de la Argentina. Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación. www.ambiente.gov.ar

El Dominio Chaqueño ocupa una gran parte de la Argentina, extendiéndose desde el límite con Paraguay y Bolivia el Norte, hasta la Provincia de Chubut, en el sur del territorio, y prácticamente desde este a oeste. Con una vegetación polimórfica que integra bosques caducifolios, estepas arbustivas y sabanas, también sostiene bosques hidrófilos y humedales de carácter edáfico. Prevalcen los géneros *Prosopis*, *Acacia*, *Caesalpinia*, *Cercidium*, *Larrea*, *Bulnesia*, *Pectocarpa*, *Schinopsis*, *Ziziphus* y *Capparis*, además de una rica diversidad de cactáceas y bromeliáceas, en la mayor parte de su extensión.

En este Dominio, la Provincia fitogeográfica del Monte se extiende desde el Valle de Santa María, atravesando las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, Neuquén, La Pampa y Río Negro, hasta el nordeste de Chubut. Forma amplios ecotonos con la Provincia Chaqueña y el Espinal. El tipo de vegetación predominante es el matorral o la estepa arbustiva xerófila, sammófila o halófila. Se pueden observar bosques marginales de algarrobos y sauces. Las especies más conspicuas pertenecen al género *Larrea*, con sus tres especies *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia* y *L. nittida*, conocidas como jarillas. Acompañan mata sebo (*Monttea aphylla*), monte negro (*Bougainvillea spinosa*), pichana (*Cassia aphylla*), tintitaco (*Prosopis torquata*), brea (*Cercidium praecox*), chilladora (*Chuquiraga erinacea*) y alpataco (*Prosopis alpataco*).

En el mismo Dominio, la Provincia fitogeográfica Prepunaña se extiende por laderas y quebradas áridas de las montañas del noroeste del territorio argentino, generalmente entre los 2.000 y los 3.400 m s. n. m., aunque puede presentarse en zonas más bajas, hasta los 1.000 m s. n. m. Las especies dominantes son del tipo arbustivo, entre las que se destacan sumalahua (*Cassia crassiramea*), *Aphyllocladus spartioides*, *Caesalpinia trichocarpa*, *Proustia cuneifolia*, *Cercidium andicola*, *Chuquiraga erinacea*, *Zucagnia punctata*, *Adesmia inflexa*, *Krameria iluca*, *Psila boliviensis*, *Lycium venturii*, *Lycium ovalilobum*, *Lycium cilium*, *Junellia juniperina*, *Justicia pauciflora*, *Bulnesia schickendantzii* y *Bougainvillea spinosa*, entre otras. Las cactáceas más frecuentes en esta región son el cardón (*Trichocereus pasacana*), cardón poco (*Trichocereus poco*), *Opuntia*, etc. La vegetación riparia suele estar representada por molle (*Schinus areira*) y chilca (*Baccharis salicifolia*). Sobre las laderas rocosas

aparecen arbustos en forma de cojín, con *Abromeitiella brevifolia*, *Tillandsia gilliesii* y *Tillandsia pusilla* (Cabrera 1976).

El Dominio Andino Patagónico se extiende desde el límite con Bolivia hasta el sur de Mendoza, recorriendo la cordillera de Los Andes, y luego a través de mesetas y sierras patagónicas, hasta el sur de Santa Cruz. La vegetación dominante está representada por estepas arbustivas y estepas herbáceas, con adaptaciones a las condiciones edáficas y climáticas imperantes, como sequía y fuertes vientos.

La provincia fitogeográfica Altoandina recorre la cordillera de los Andes, con altitudes que van desde los 4.500 m s. n. m., en Jujuy y Salta, hasta los 500 metros en Tierra del Fuego. Las fisonomías vegetales predominantes son las estepas de gramíneas y caméfitos en cojín, aunque también se desarrollan vegas de ciperáceas y juncáceas. Se caracteriza por la escasez de familias exclusivas, aunque contiene numerosos endemismos, como los géneros *Acanthocloa*, *Hemimunroa*, *Munroa*, *Patosia*, *Oxychloe*, *Andesia*, *Crocopsis*, *Eustephiopsis*, *Lenzia* y *Barneoudia* (Cabrera 1976). Los árboles son escasos o inexistentes, mientras que los ambientes son mono o biestratificados y presentan coberturas bajas, entre el 20 y el 30%. Como hemos mencionado, la Provincia Altoandina se extiende por las altas montañas del oeste del país, desde el límite con Bolivia hasta Tierra del Fuego. Esta provincia fitogeográfica posee tres distritos: Distrito Altoandino Quichua, Distrito Altoandino Cuyano y Distrito Altoandino Austral (Cabrera 1976). En el área de estudio sólo se observa el distrito Quichua, donde predominan las estepas gramíneas y de caméfitos. Otros tipos de vegetación presentes son las vegas, semidesierto de líquenes y estepas arbustivas. La Provincia Altoandina en Catamarca aparece a partir de los 3.600-3.700 m.s.n.m., y está dominada por gramíneas como *Stipa frigida*, *S. crhysophylla*, *Festuca orthophylla*, *Calamagrostis cabreræ*, *Nototriche rugosa*, *Adesmia nanolignea*, entre otras. En depresiones donde se acumula agua, se forman vegas donde las principales especies corresponden a juncáceas, ciperáceas y gramíneas, donde se pueden observar *Oxychloe andina*, *Arenaria virularis*, y *Catabrosa latifolia* (Morlans 1995). La cobertura es abierta o forma peladales, dependiendo de la exposición al viento y el suelo.

La Provincia fitogeográfica Puneña se extiende por las mesetas y montañas del noroeste de la República Argentina, desde Jujuy hasta el noroeste de Mendoza, ocupando distintas altitudes que van desde los 4.500 m s. n. m. hasta los 200 m s. n. m. en su parte más austral. La vegetación dominante es la estepa arbustiva, aunque también se desarrollan vegas y estepas herbáceas, generalmente en formas xerófilas que soportan suelos inmaduros y climas secos. Los géneros más frecuentes son *Fabiana*, *Adesmia*, *Junellia*, *Baccharis*, *Senecio* y *Acantholippia* (Cabrera 1976; 1978, Fabbioni 2015, Tálamo *et al.* 2010). Para la Puna del Noroeste argentino se menciona a las *Asteraceae* con 207 especies, las *Poaceae* con 127 y las *Fabaceae* con 70, siendo además las familias más diversas (Novara 2003). Según Troll (1959, 1968), existen tres tipos de Puna: la Puna húmeda, con precipitaciones de alrededor de 400 mm/año; la Puna Seca, donde las precipitaciones rondan entre 100 y 400 mm/año y una Puna desértica, donde llueve menos de 100 mm/año. Para Martínez Carretero (1995), esta provincia fitogeográfica se divide en cuatro distritos, siendo el distrito Jujeño, que abarca las provincias de Jujuy, Salta y norte de Catamarca el que corresponde a la zona de estudio. Finalmente, Matteucci (2012) hace una descripción del área correspondiente con la Puna Árida, donde predominan las estepas arbustivas y gramíneas, con coberturas vegetales bajas, peladales y vegas, estas últimas con altas coberturas, y destaca la distribución de los patrones de vegetación asociados a las variables topográficas y de suelos.

El reciente estudio de Oyarzabal *et al.* (2017), concuerda con las descripciones anteriores, pero identifica una asociación florística predominante, la de *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis*. Entre las especies acompañantes citan *Adesmia horrida*, *Aloysia salsoloides* y *Tetraglochin cristatum*. Asimismo,

como se menciona en su trabajo, las estepas gramíneas ocupan zonas elevadas del paisaje, junto con comunidades azonales de halófitas, psamófitas y vegas.

En el aporte de Cruzate (2005) en su trabajo sobre “Suelos y Ambientes de Catamarca, Argentina”, se muestran mapas a escala provincial para distintos aspectos del medio biofísico, entre los que se mencionan el mapa de Regiones Naturales y el mapa de Provincias Fitogeográficas. En el primero, el área de estudio corresponde a las regiones de Montaña en Puna, Prepuna y Valles y Bolsones Puneños, mientras que en el segundo el área está comprendida en la región de Pastizales y desiertos de altura.

En las estepas arbustivas pueden dominar *Fabiana denudata*, *Larrea divaricata*, *Nassauvia axillaris*. *Baccharis polifolia* y *Baccharis calliprinos* se encuentran formando pequeñas galerías en los desagües. En las partes más altas la estepa se modifica transformándose en un paisaje de gramíneas donde dominan especies del género *Stipa*, a saber: *S. paramilloensis*, *S. scirpea*, *S. vaginata*, *S. speciosa* y *S. chrysophylla* (coironales) (Roig 1972). Entre los coironales se pueden observar bosques bajos de *Adesmia pinifolia*, *A. uspallatensis*, *Baccharis tola*, *Nassauvia axilaris*, *Junellia seriphioides*, entre otras especies. Asimismo, se pueden encontrar quebradas con presencia de jarillares de *Larrea divaricata*, o arbustos como *Allenrolfea vaginata* o *Junellia aspera* (Roig 1960).

Los aportes de Morlans (1995) para la fitogeografía de Catamarca señalan que la provincia fitogeográfica Puneña se desarrolla entre los 3.000 y 3.600 m s. n. m. En las áreas llanas predomina un arbustal abierto con especies arbustivas como *Fabiana densa*, *Acantholippia punensis*, y *Adesmia horrida*. También describe *Junellia seriphioides*, *Senecio subulatus*, *Senecio filaginoides* y *Ephedra breana*. La estepa herbácea presenta los géneros *Hoffmanseggia*, *Evolvulus*, *Astragalus*, *Portulaca*, *Gomphrena*, *Ranunculus*, *Trichocline*. Con la altitud disminuye la cobertura, siendo más frecuentes los arbustos achaparrados de *Senna hoockeriana*, *Gochnatia glutinosa*, *Fabiana denudata*, *Proustia ilicifolia*, *Tephrocactus atacamensis*, *Tephrocactus poco*, *Salvia gilliessii* y *Satureja parviflora*. Al pie de los faldeos y probablemente a favor de un gradiente de humedad es común una cubierta de *Panicum chloroleucum* (Morlans 1995). Otra comunidad frecuente en este ambiente son los arbustales riparios con *Trichocereus pasacana*, *Lycium spp.*, y *Cortaderia speciosa*. En las vegas existe un predominio de Ciperáceas (*Scirpus atacamensis*, *Heleocharis albibracteata*), Juncáceas (*Juncus depauperatus*) y Gramíneas (*Festuca scirpifolia*) principalmente. En la periferia de las vegas suelen presentarse *Juncus balticus*, *Parastrephia phyllicaeformis*, *P. lepidophylla*, *Lycium decipiens*, *L. fuscum*, *L. chañar*, etc.). Finalmente, en áreas salinas son frecuentes *Distichlis humilis*, *Atriplex microphylla*, *Baccharis caespitosa*, *Anthobryum triandrum*, entre otras (Morlans 1995, Borgnia 2006).

Las distribuciones de ambientes en el área de estudio se pueden observar en la figura II.9.2.

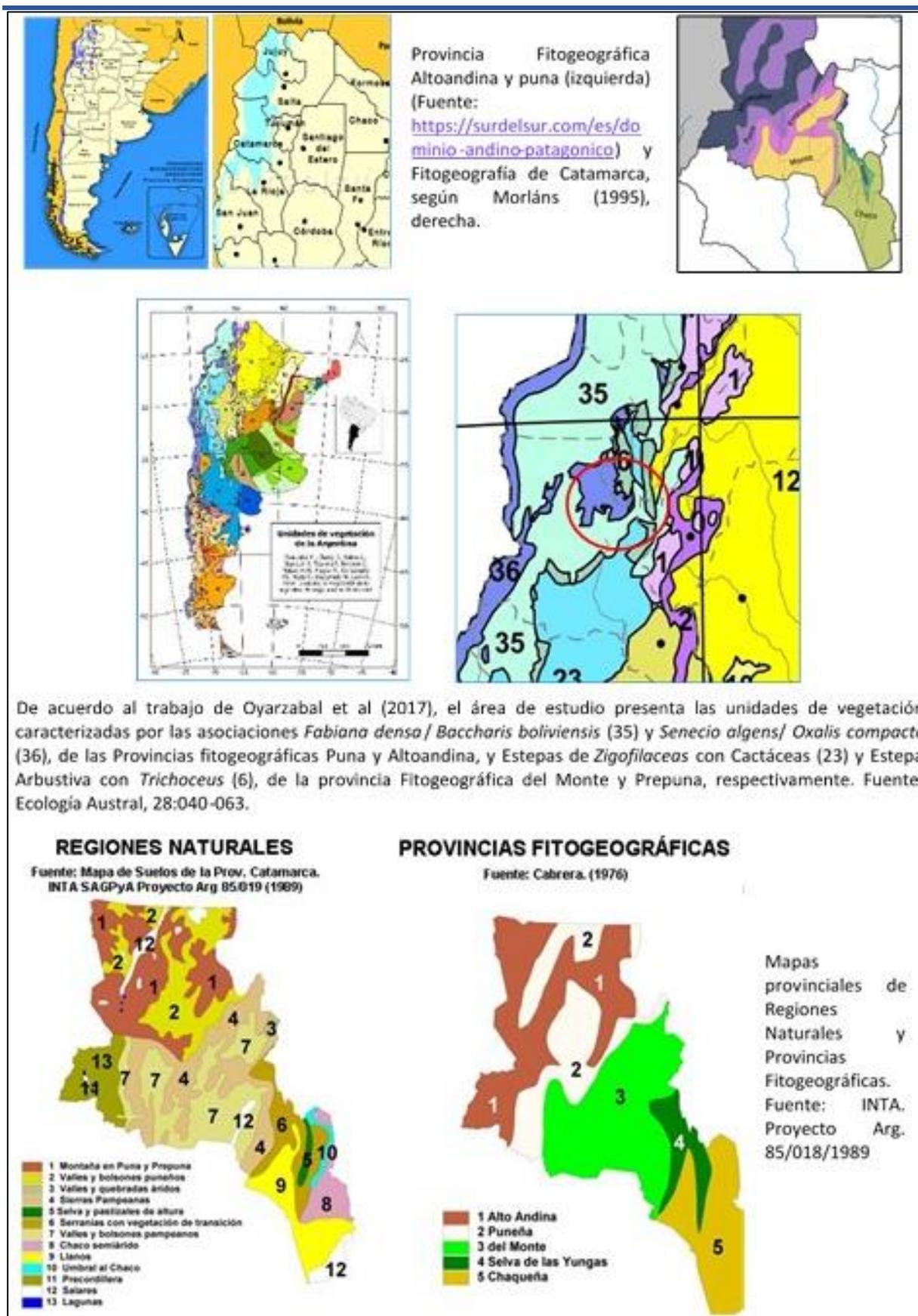


Figura II.9.2: Provincias Fitogeográficas del área de estudio según diversos autores.

II.9.3. METODOLOGÍA

La identificación de las unidades homogéneas de vegetación se efectuó a partir del análisis de una imagen del Google Earth, con el software ArcGis 10.9. Se realizó una clasificación no supervisada de la imagen con el objetivo de diferenciar las principales unidades fisonómicas de vegetación, apoyando esta tipificación preliminar en la bibliografía existente. Con estos datos se elaboró un mapa preliminar, sin valor florístico, donde se delimitaron grandes unidades fisonómico-estructurales de vegetación, usos del suelo y uso urbano (urbanizaciones).

II.9.3.1. Muestreo

Se realizó una única campaña en el mes de octubre de 2015. Los objetivos principales fueron confeccionar un mapa fisonómico estructural de la vegetación del área de estudio, describir sus principales asociaciones vegetales y realizar un informe de las unidades observadas en cuanto a las especies presentes y su distribución.

Debido al carácter expeditivo del relevamiento se trazaron 6 transectas de 20 m² (10 m de largo x 2 m de ancho) ubicadas en los ambientes más representativos elegidos previamente por fotointerpretación de la imagen satelital y considerando la cercanía a caminos que facilitarían el acceso. En cada una de estas transectas se realizó la descripción de especies presentes, calculando variables de abundancia, cobertura, diversidad y especies dominantes, según las siguientes definiciones:

- **Abundancia:** refiere al número absoluto de individuos de cada especie en un lugar y momento. La abundancia relativa indica la cantidad de individuos de una especie en relación al número total de individuos en la comunidad.
- **Cobertura:** Esta variable mide el porcentaje de suelo cubierto por una especie. Se calculó en las transectas y se estimó en cada punto de observación mediante el sistema de clasificación de Braun Blanquet simplificada (Braun Blanquet 1979), según se resume en la tabla II.9.1.

Tabla II.9.1: Sistema de clasificación de Braun Blanquet.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN
Cobertura	La cobertura de una unidad fisonómica es la proporción de terreno ocupada. Puede expresarse como un porcentaje de la superficie ocupada con respecto al total.	Alta (mayor del 75%) Media alta (del 75 al 50%) Media (50%) Media baja (del 50 al 25%) Baja (menor del 25%)

- **Diversidad:** La diversidad es el número de especies en una unidad de área que se puede medir a través de la riqueza específica, que se basa en la cantidad de especies presentes. Hace referencia a la diversidad alfa, medida a través del índice de Shannon - Weaver, muy frecuentemente empleado para el estudio de comunidades (Shannon y Weaver, 1949). Este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Este cálculo se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde H' refiere al índice de diversidad, P_i a la proporción de población de la especie i y S es el número de especies en una muestra.

- **Especies Dominantes:** Se calcula a través del índice de dominancia de Simpson, que considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Indica la relación que existe entre la riqueza y el número de especies y la abundancia o número de individuos por especie. Se calcula como:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

- Donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i , esto es, el número de individuos de la especie i dividido por el número de total de individuos de la muestra.

También se realizaron observaciones durante los desplazamientos por el área de estudio. Como resultado de describieron 114 puntos donde se identificó la unidad fisonómica y composición florística del área inmediata al punto. Cada unidad de muestreo (transecta o punto de observación) fue georreferenciada.

El modelo fisonómico utilizado para la caracterización de la zona se basó en criterios estructurales (altura de los estratos de vegetación) y estableciendo un código de fisonomías basado en el tipo biológico dominante (árbol, arbusto o herbáceas). Se registraron las especies más representativas debido a su abundancia y frecuencia (Anexo II). Las tareas de campo permitieron corroborar o corregir los límites de las unidades fisonómico-estructurales previamente delimitadas en gabinete. Fueron identificadas 6 unidades, que incluyen los diferentes tipos de vegetación.

El mapa final de cobertura de vegetación fue generado con ArcGis 10.9 como una capa de información vectorial.

II.9.3.2. Estado de la vegetación

Con el objetivo de evaluar el estado de conservación de la vegetación se indicaron, en cada punto de observación de campo, índices de naturalidad y conectividad, agregando información sobre el índice de singularidad en cada caso, como aporte para analizar el valor ecológico de cada polígono en la cobertura.

Para estas evaluaciones se utilizaron los siguientes criterios:

- **Naturalidad:** Indicador del estado prístino, concepto que se opone a la artificialidad del lugar y por tanto tiene que ver con el estado de conservación del ecosistema. La artificialidad evalúa el grado de transformación de un espacio natural. Se considera que cuanto más artificializado esté el espacio natural, mayor va a ser la fragilidad de las áreas naturales remanentes, ya que deberán soportar presiones cada vez mayores. Esta idea va muy ligada también al concepto de integridad ecológica que se define como la habilidad de mantener equilibrado el conjunto de todos los elementos abióticos (agua, rocas, etc.) y bióticos (especies y comunidades

biológicas) que constituyen el ecosistema y los procesos que allí tienen lugar (Karr 1996). La integridad de un ecosistema hace que esté presente cierto nivel de resiliencia (dependiendo del tipo de ecosistema que se trate) ante los disturbios ambientales (Strickland-Munro *et al.* 2010).

Para la evaluación de esta variable se definieron 5 niveles según la siguiente distribución:

Alta (11)	Sitios de carácter prístino o con un nivel de antropización inadvertida. Se asocia fundamentalmente a áreas naturales o con baja o nula intervención antrópica.
Sub-natural (12)	Presencia eventual de elementos artificiales, no extensivos y localizados. Fragmentación irrelevante. Baja o inadvertida presencia de exóticas.
Semi-natural (13)	Con actividades antrópicas extensivas de bajo impacto o asentamientos dispersos. Con estructura ecosistémica semialterada, pocas exóticas con cierto grado de dispersión, pero no dominantes.
Baja (14)	Elementos antrópicos visibles y que condicionan procesos ecológicos. Fragmentación evidente. Vegetación nativa alterada en diversidad y estratificación. Presencia evidente de exóticas o dominio de éstas sobre especies nativas. Presencia de infraestructura. Elementos naturales en mosaico o corredores.
Muy baja o nula (15)	Dominan ambientes antropizados, clara dominancia de elementos artificiales, presencia dominante de especies exóticas. Especies nativas confinadas a relictos de escasa cobertura.

- **Conectividad:** Se define como la posibilidad de conexión tanto física como funcional de ambientes o unidades fisonómicas. A mayor conectividad espacial mayores posibilidades de conservación de especies, hábitats y paisajes. Cuando mayor es el grado de antropización de los ambientes, mayores son los signos de fragmentación y la pérdida o retracción de ecosistemas. En paisajes fragmentados son importantes los sectores que conectan los parches con algún grado de naturalidad, pues permiten la dispersión de individuos y de esta forma su conservación. Conceptualmente, los parches aislados muestran una tendencia hacia la pérdida de coberturas naturales, pues existen procesos de erosión ecológica que los debilitan hasta eliminarlos. En la conectividad tienen preferencia los parches de vegetación nativa con mayor ocupación territorial y mayor conectividad con corredores ecológicos.

Muy alta (21)	Sectores con vegetación nativa con alta presencia en el paisaje, con conexiones evidentes a través de corredores bien conservados
Alta (22)	Sectores con vegetación nativa con mediana presencia en el paisaje, con conexiones evidentes a través de corredores bien conservados
Media (23)	Sectores con vegetación nativa de baja presencia en el paisaje, con conexiones dudosas a través de corredores pobremente conservados
Baja (24)	Sectores con escasa conectividad de parches y corredores. Semi-aislados. Parches de vegetación nativa muy alterados con baja o nula conexión a corredores.
Nula (25)	Sectores aislados, con escasa naturalidad en parches.

- **Singularidad:** Se refiere a la presencia de ambientes no habituales o poco presentes en el área total de estudio. Se identifican como sitios de gran valor ecológico, generalmente asociados con servicios ecosistémicos específicos o de alto valor para la fauna (sitios de nidificación, alimentación o cría, etc.).

Muy alta (31)	Sitios únicos, asociados tanto a la singularidad ecológica como a la singularidad de especies. Presencia de endemismos con rareza de hábitat y biogeográfica.
Alta (32)	Sitios de alta singularidad ecológica, escasos en el paisaje y con importantes servicios ecosistémicos. Suelen ser humedales de escasa representación areal en el paisaje. Sitios críticos para la subsistencia de ciertos elementos de fauna.
Media (33)	Sitios de importancia ecológica por sus funciones ambientales pero que ocupan mayor territorio que la singularidad alta. Son conspicuos en el paisaje.
Baja (34)	Sitios de gran incidencia en el área, sin presencia de especies raras.
Nula (35)	Sitios comunes, sin características únicas en el paisaje. Ambiente repetido o matriz en el área de estudio.

Para la caracterización preliminar de algunos aspectos del paisaje basados en las fisonomías vegetales presentes se utilizó el Módulo Patch Analyst del ArcGis (McGarigal *et al.* 1995, 2002, 2005, Forman *et al.* 1986, 1995).

Mapa de ubicación, puntos de muestreo. NDVI

El área de estudio se ubica en las Sierras Pampeanas Noroccidentales, al norte de la Provincia de Catamarca, en el departamento de Andalgalá y un sector del departamento de Belén, Coordenadas 27°15'/27°50' Lat. Sur y 66°54'/66°10' Long O. Los recorridos de campo se realizaron por rutas y caminos consolidados, siendo las principales vías la ruta nacional 46, la ruta nacional 40 y la ruta provincial 65. Se tomaron 114 puntos de muestreo (Fig. II.9.3).

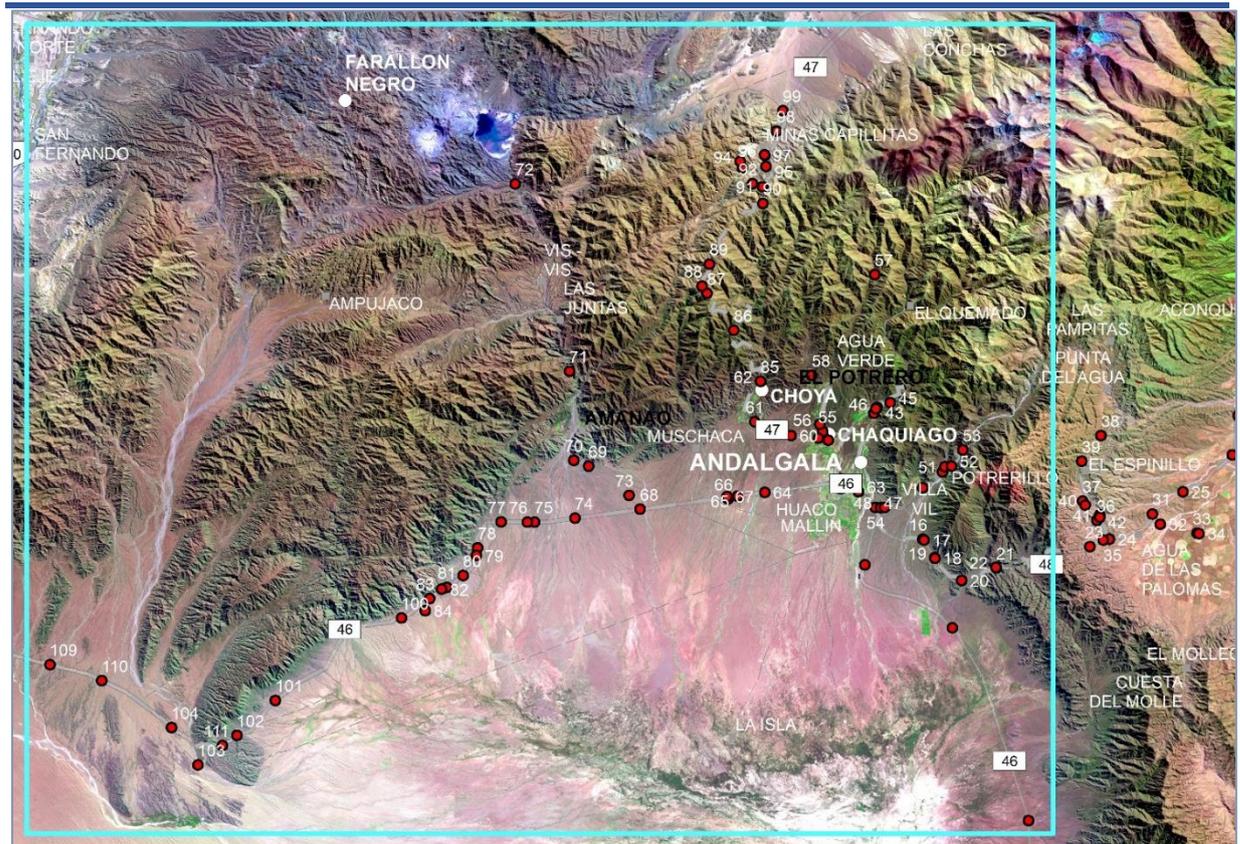


Figura II.9.3: Ubicación de los puntos de muestreo del área de estudio y zonas representativas adyacentes.

Para apreciar la distribución de las comunidades vegetales a escala de paisaje se realizó el Índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI) sobre las bandas TM4/TM3. Esta relación calcula la relación de reflectividad entre el rojo y el infrarrojo cercano. En este índice, los valores bajos de NDVI (0,1 o menores) corresponden a sectores de baja cobertura, los valores moderados (0,2 a 0,3) representan áreas cubiertas por pastizales, y los valores altos (0,6 o mayores) indican vegetación arbustiva o arbórea. El cálculo del NDVI puede ser representado a través de la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

Donde NIR: infra rojo cercano y VIS: infra rojo lejano.

El resultado de la clasificación de las bandas obtenidas se indica en la figura II.9.4.

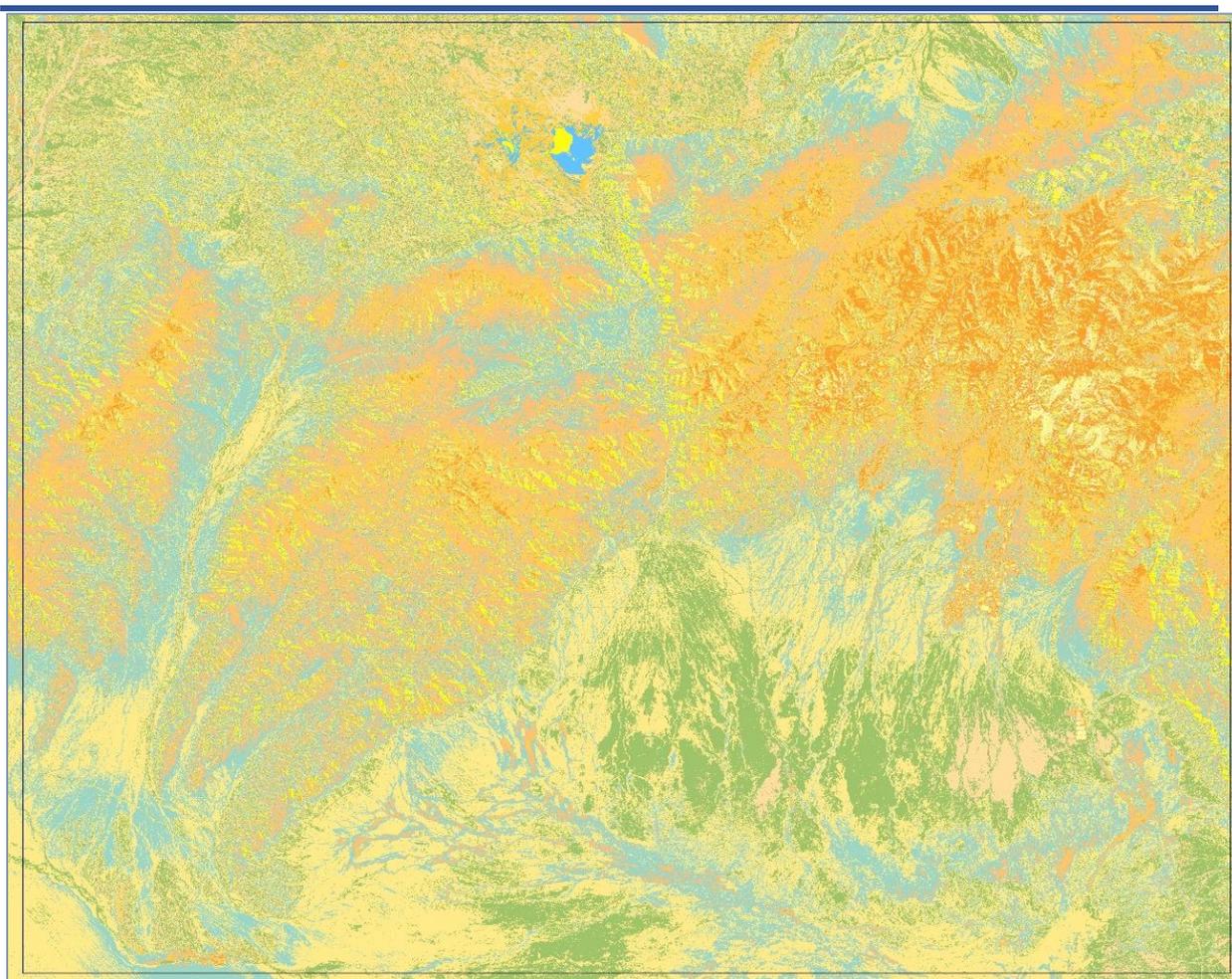


Figura II.9.4: NDVI clasificado. Las tonalidades de verde representan arbustales, mientras que los tonos amarillos y anaranjados son áreas cubiertas por estepas herbáceas o herbáceo arbustivas. Los tonos azules evidencian cuerpos de agua y su vegetación asociada que forman vegas y pajonales.

II.9.4. TIPOS DE VEGETACIÓN

Se determinaron 12 unidades correspondientes a la cobertura de vegetación, que fueron integradas según el tipo fisonómico dominante. Las mismas fueron:

Formaciones arbustivas	1.	Arbustales
	2.	Estepa Arbustiva
	3.	Estepa Arbustiva Herbácea
	4.	Estepa Altoandina
	5.	Estepa Psammófila
	6.	Estepa xerófila
Formaciones herbáceas	7.	Estepa Herbácea con Arbustos
Peladales	8.	Llanura Salina
	9.	Peladal
Humedales	10.	Pajonales
	11.	Vegas
Otras unidades	12.	Áreas degradadas

II.9.4.1. Arbustales

Esta unidad suele presentar una asociación de *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia*, *Larrea nittida*, *Monttea aphylla* y *Bouganvillea spinosa*, con coberturas entre media alta (del 75 al 50%) y media (50%) y una altura promedio de 2 m. También son frecuentes *Senna aphylla*, *Prosopis torquata*, *Cercidium praecox*, *Prosopis alpacato*, desarrollándose en depresiones y llanuras de suelo arenoso o arenoso-pedregoso. En las márgenes de arroyos se conforma una vegetación riparia, con ejemplares de *Zuccagnia punctata*, *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia*, *Senna rigida* y *S. aphylla*, acompañadas por *Plectrocarpa rougei*, *Atriplex lampa*, *Atriplex flavescens*, *Cyclolepis genistoides*, *Cercidium praecox*, *Schinus polygamus*, *Monttea aphylla* y *Bredemeyera colletioides*. En los sectores de suelos más pedregosos se pueden observar especies xerófilas espinosas, como *Plectrocarpa tetracantha*, o *Bulnesia schickendantzii*, también compuestas como *Gochnatia glutinosa*. Otras especies de esta asociación son *Proustia cuneifolia*, *Flourensia polyclada*, *Prosopis alpacato*, *Prosopis torquata*, *Prosopidastrum globosum*, *Junellia seriphioides*, *Junellia juniperina*, *Mimosa ephedroides* y *Monttea aphylla*. Entre las cactáceas se hallaron especies del género *Opuntia*.

II.9.4.2. Estepa Arbustiva

El estrato herbáceo está formado por gramíneas anuales, con neto predominio de *Bouteloua aristidoides* y gramíneas de los géneros *Setaria*, *Pappophorum* y *Trichloris*. Otra asociación arbustiva frecuentes generalmente sobre suelos rocosos en abanicos aluviales, está caracterizada por la presencia de *Acacia furcatispina*, *A. caven*, *Prosopis torquata*, *Mimoziganthus carinatus* y *Cercidium praecox*. También es abundante *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia*, *Bulnesia retama*, *Ximenia americana*, *Acacia aroma* y *Zuccagnia punctata* (Fig. II.9.5).



Figura II.9.5: Arbustales de jarilla y retama.

II.9.4.3. Estepa Arbustiva Herbácea

Se observa en sectores con suelos arenosos o sobre los bordes de salinas, o sitios escarpados, donde predominan los arbustos alturas menores a 1m. La cobertura es variable, llegando en algunos sitios a presentarse de forma rala (cobertura media – baja, menor al 30%). Los arbustos presentes en este ambiente son *Larrea cuneifolia*, *L. nittida*, *Zuccagnia punctata*, *Ximenia americana*, *Tricomaria usillo*, *Plectrocarpa tetracanta*, *Cercidium australe*, junto con gramíneas como *Bouteloua aristidoides* y *Aristida adscensionis*. Entre las Bromeliáceas se presentan *Dyckia velazcana*, *D. floribunda*, *Deuterocohnia schreiteri*, *D. longipetala*, *Abromeitiella abstrusa*, *A. brevifolia* y *A. lorentziana*. Las especies herbáceas más conspicuas de estas comunidades son *Panicum chloroleucum*, *P. urvilleanum*, *Eragrostis megastachya*, *Nicotiana cavanillesi*, *Heliotropium mendocinum*, *H. chrysanthum*, *H. catamarcense*, entre otras. En los sectores más altos del terreno o laderas escarpadas con suelos

rocosos, se puede observar una cobertura de cactus, que pueden tener gran tamaño, como las cactáceas columnares. Entre las especies observadas se encuentran *Trichocereus pasacana*, *Opuntia glomerata*, *O. sulphurea* y *Cereus validus* (Fig. II.9.6).



Figura II.9.6: Estepa arbustiva herbácea con presencia de cactus columnares.

II.9.4.4. Estepa Altoandina

Esta unidad se desarrolla en zonas alta, generalmente después de los 3.600 m s. n. m., llegando hasta el límite de la vegetación. Se pueden observar especies arbustivas leñosas, frecuentemente achaparradas o en forma de cojín, y una cobertura de gramíneas, que suelen formar matas más o menos aisladas y circulares o semilunares, con coberturas media baja a baja (50 a menos del 25%). Las especies herbáceas pertenecen a los géneros *Stipa*, *Festuca* y *Poa*, mientras que la vegetación arbustiva corresponde a los géneros *Adesmia*, *Ephedra* y *Berberis* (Fig. II.9.7).



Figura II.9.7: Asociaciones arbustivas herbáceas sobre suelos pedregosos en laderas a más de 3.800 m s. n. m.

II.9.4.5. Estepa Psammófila

Se desarrolla sobre suelos arenosos o areno- arcillosos, sobre laderas o sobre cursos temporarios, coberturas que varían entre medias altas a media. Presenta una fisonomía arbustiva conocida como jarillal, donde predominan asociaciones de *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia*, *Cassia rígida* y *Zuccagnia punctata*. También se observaron *Plectrocarpa rougesii*, *Atriplex lampa*, *Atriplex flavescens*, *Ciclopepis genistoides*, *Cercidium praecox*, *Schinus polygamus*, *Monttea aphylla* y *Bredemeyera colletioides*. La zona de Campo del Arenal y adyacentes sostiene algarrobales de *Prosopis nigra*, aunque

también se los puede encontrar formando bosques marginales. Junto a esta especie se hallaron *Prosopis flexuosa*, *P. alga*, *Celtis espinosa*, *Quillaja saponaria*, *Geoffroea decorticans*, *Jodina rhombifolia* y *Cercidium praecox* (Fig. II.9.8).



Figura II.9.8: Jarillales con *Larrea* spp y arbustos acompañantes.

II.9.4.6. Estepa xerófila

Esta unidad sostiene especies arbustivas espinosas de altura promedio de 0,8 m, con predominio de *Acacia furcatispina*, *Prosopis torquata*, *Mimozyanthus carinatus*, *Cercidium praecox*, acompañadas de las jarillas *Larrea divaricata* y *L. cuneifolia*. La cobertura presenta un rango de media a media baja (entre el 50 y el 25%). Otras arbustivas relevadas en las observaciones de campo fueron *Acacia aroma*, *Bulnesia retama*, *Tricomaria usillo* y *Mimosa farinosa*. En los bordes de ríos y arroyos se destacan enormes cardones columnares (*Trichocereus pasacana*) y otros cactus, como *Maihueniopsis* sp. acompañados de *Cortaderia speciosa* (Fig. II.9.9).



Figura II.9.9: Arbustos xerófilos y cactus columnares con distintas coberturas.

II.9.4.7. Estepa Herbácea con Arbustos

Esta unidad se desarrolla generalmente en los sectores altos del área de estudio, con predominio de herbáceas graminiformes de los géneros *Festuca* y *Stipa* y coberturas medias a medias bajas. Los arbustos observados fueron *Acacia visco*, *Shinus* sp. y algunos algarrobos (*Prosopis* sp.), además de variados cactus, como por ejemplo *Maihueniopsis* sp. (Fig. II.9.10).



Figura II.9.10: Estepa de gramíneas y arbustos acompañantes.

II.9.4.8. Llanura Salina

En los ambientes salinos se observan comunidades arbustivas halófitas, como el Jume negro (*Allenrolfea vaginata*), que cobra predominancia y puede formar consociaciones y presenta coberturas medias altas (entre el 75 y 50%). También son frecuentes *Suaeda divaricata*, *Atriplex lampa*, *A. microphylla*, *Baccharis caespitosa*, *Anthobryum triandrum*, *Prosopis strombulifera* y *Allenrolfea vaginata*. Las especies herbáceas en este ambiente pertenecen al género *Distichlis*.

II.9.4.9. Peladal

Este ambiente corresponde a una estepa arbustiva de cobertura muy baja, generalmente inferior al 10%. Los arbustos pueden ser altos o presentar crecimiento en cojín, pero siempre de apariencia extremadamente xérica. Las gramíneas son escasas, dependiendo fundamentalmente del tipo de suelo y salinidad. Pueden hallarse *Baccharis caespitosa* y *Distichlis humilis* que forman manchones aislados. En las laderas muy rocosas y algunas quebradas se observaron asociaciones de *Ephedra breana* y *Stipa* sp. (Fig. II.9.11).



Figura II.9.11: Peladales con gramíneas y arbustos xéricos.

II.9.4.10. Pajonales

Se desarrolla en los márgenes de las vegas y sostiene distintos tipos de especies adaptadas a condiciones hídricas variables. Una comunidad muy conspicua es el cortaderal, muy frecuente en planicies de inundación de arroyos, ríos y lagunas. También son frecuentes las comunidades de juncáceas, con *Juncus depauperatus*, gramíneas, con *Festuca* sp. y ciperáceas, donde se identificaron *Scirpus atacamensis* y *heleocharis* sp.

II.9.4.11. Vegas

Los humedales del área de estudio, localmente llamados vegas, constituyen ecosistemas particulares que suelen constituir el sustento de las actividades ganaderas, situación que ha sido ampliamente estudiada por diferentes autores (Soriano 1956a, 1956b, Boelcke 1957, Cabrera & Willink 1980, Bonvisutto & Somlo 1998, Collantes & Faggi 1999). Los humedales constituyen los sitios de nidificación, cría y alimentación de una gran diversidad de especies, tanto locales como migratorias. Esto los convierte en hábitats críticos, pues representan el único sustento de numerosas especies de fauna.

Este ambiente se puede hallar en las distintas provincias fitogeográficas que integran el área de estudio, con una vegetación más o menos homogénea, con coberturas medias altas. En las distintas observaciones se identificaron *Scirpus atacamensis*, *Heleocharis albibracteata*, *Carex nebulorum* asociadas a *Juncus depauperatus*, *Plantago tubulosa* y a la Campanulácea *Hypsela oligophylla*. Son también frecuentes *Hypochoeris oligophylla*, *Alchemilla pinnata*, *Deyeuxia hackelii*, *Deyeuxia rigescens*. En los bordes de las vegas se presenta *Festuca scirpifolia* (Fig. II.9.12).



Figura II.9.12: Vegas en cañadas.

II.9.4.12. Áreas degradadas

Son áreas con escasa o nula cobertura vegetal como producto de actividades antrópicas.

II.10 MARCO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL

II.10.1. INTRODUCCION

La provincia de Catamarca se ha caracterizado por presentar una estructura económica tradicional y poco desarrollada. Con la vinculación de la Argentina al comercio mundial a partir de la implantación del modelo agroexportador (fines de 1800) el país presentó un período de expansión económica del cual Catamarca quedó marginada, y sus vínculos comerciales con otros países (herencia del período colonial) como Chile, Perú y Bolivia fueron cambiando y disminuyendo progresivamente.

Durante esta etapa la actividad económica conservó sus características de explotación agrícola ganadera con técnicas rudimentarias y atrasadas; esto sumado a la escasez de agua también influyó en el retroceso de la actividad a principios de 1900.

Durante todo el desarrollo y hasta finales de la existencia del modelo agroexportador la provincia de Catamarca continuó con su condición de marginalidad respecto de la economía nacional.

Durante el llamado período de industrialización sustitutiva de importaciones que se inició aproximadamente en 1930 y se prolongó hasta los 70 el sector agropecuario siguió liderando las exportaciones del país y, mientras, paralelamente el sector manufacturero adquiría importancia en la economía nacional. En esta etapa la provincia de Catamarca no logró superar su condición de marginalidad respecto de la economía nacional y en las últimas décadas del citado período la provincia reforzó, en el conjunto de las actividades económicas aquellas más vinculadas al estado como la construcción y los servicios del sector público.

A partir de la década de los 90 se implementan a nivel nacional una serie de medidas de apertura económica, desregulación de los mercados y liberalización financiera. En este marco crecieron las actividades terciarias y se incrementó la vinculación y dependencia respecto del mercado externo.

Catamarca, a semejanza de lo que sucedía a nivel nacional, presentó un importante crecimiento del sector terciario y dinamizó las producciones vinculadas a la explotación de recursos naturales. Se produjo una importante expansión de la actividad ganadera y se incrementó la superficie cultivada, pero sin lugar a duda se puede afirmar que entre los años 1997/2002 el elevado crecimiento de la economía catamarqueña se relacionó especialmente a la puesta en marcha del proyecto minero Bajo de la Alumbrera.

II.10.2 METODOLOGIA

El objetivo específico del presente capítulo es la descripción de la situación de una población y su contexto en un área de estudio determinada. La incorporación del análisis de la situación demográfica junto con un inventario de las actividades económicas y sus correlatos sociales serán el fundamento para ordenar, analizar y elaborar un diagnóstico de las características demográficas y socioeconómicas actuales del área de estudio.

El área definida para la realización del presente estudio abarca, desde el punto de vista administrativo la casi totalidad del departamento de Andalgalá y parte del departamento de Belén. En esta área se encuentran ubicadas íntegramente dos emprendimientos mineros de gran importancia: el Complejo minero-industrial de Farallón Negro y Minera Alumbrera, y la localidad de Andalgalá, la más importante del área y cabecera del departamento.

Dentro de los tipos de datos utilizados, fuentes de información y fases empleadas para la elaboración del estudio, se utilizó información secundaria tomada de organismos oficiales nacionales, provinciales y municipales - Organismos nacionales: INDEC, Ministerio del Interior-Asuntos Municipales: Secretaria de Salud: Dirección de Estadísticas de Salud. También se realizaron visitas a organismos municipales y provinciales tanto en la ciudad de San Fernando del valle de Catamarca, como en la localidad de Andalgalá.

Se relevó información a partir de consultas de información impresa elaborada por los distintos organismos, se realizaron entrevistas con funcionarios en organismo oficiales, docentes, productores y en general informantes clave.

Por su importancia económica y social se realizó un relevamiento de información en las empresas mineras Minera Alumbraera y Complejo Minero Industrial Farallón Negro, junto con un relevamiento visual y entrevista a personal de Recursos Humanos, Capacitación Salud, Medio Ambiente y Seguridad.

El estudio comenzó con la recopilación de información y análisis de la misma, a continuación, se elaboró un plan de trabajo, se estableció contactos con funcionarios de organismos oficiales y empresas privadas para realizar entrevistas. El último paso ha sido el análisis de la información recogida y la elaboración del informe final.

II.10.3 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

En la provincia de Catamarca, se reconoce como municipio a toda población estable con más de 500 habitantes que pueda sostener con sus recursos las funciones y servicios esenciales. El municipio es una comunidad natural fundada en la convivencia y la solidaridad. Goza de autonomía administrativa, económica y financiera. Aquellos municipios que tienen más de 10.000 habitantes podrán dictar su carta orgánica.

El área de estudio incluye dos municipios. El municipio Andalgalá del departamento homónimo y parcialmente el municipio Belén del departamento del mismo nombre.

El municipio de Andalgalá tiene asentamientos que constituyen comunas o delegaciones comunales, las mismas son: Chaquiago Norte, Chaquiago Sur, Huachaschi Norte, Huachaschi Sur, Huaco Norte, Huaco Sur, La Aguada, Malli Norte, Malli Sur, Villa Vil, El Potrero, Julumao Sur, Capillanía y Choya.

El municipio Belén posee solo una comuna, denominada Ampujaco.

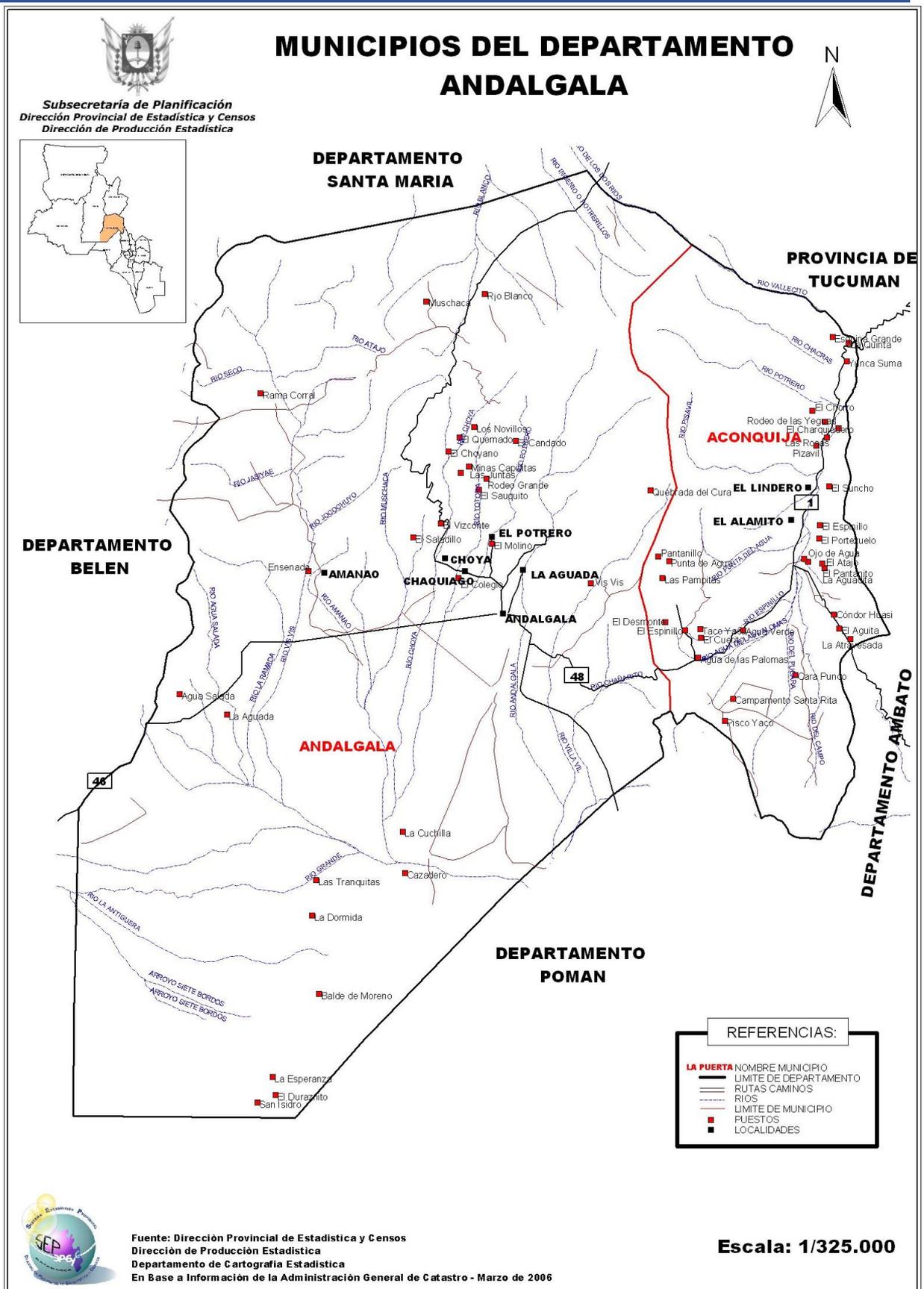


Figura II.10.1: Mapa de municipios del departamento Andalgalá.

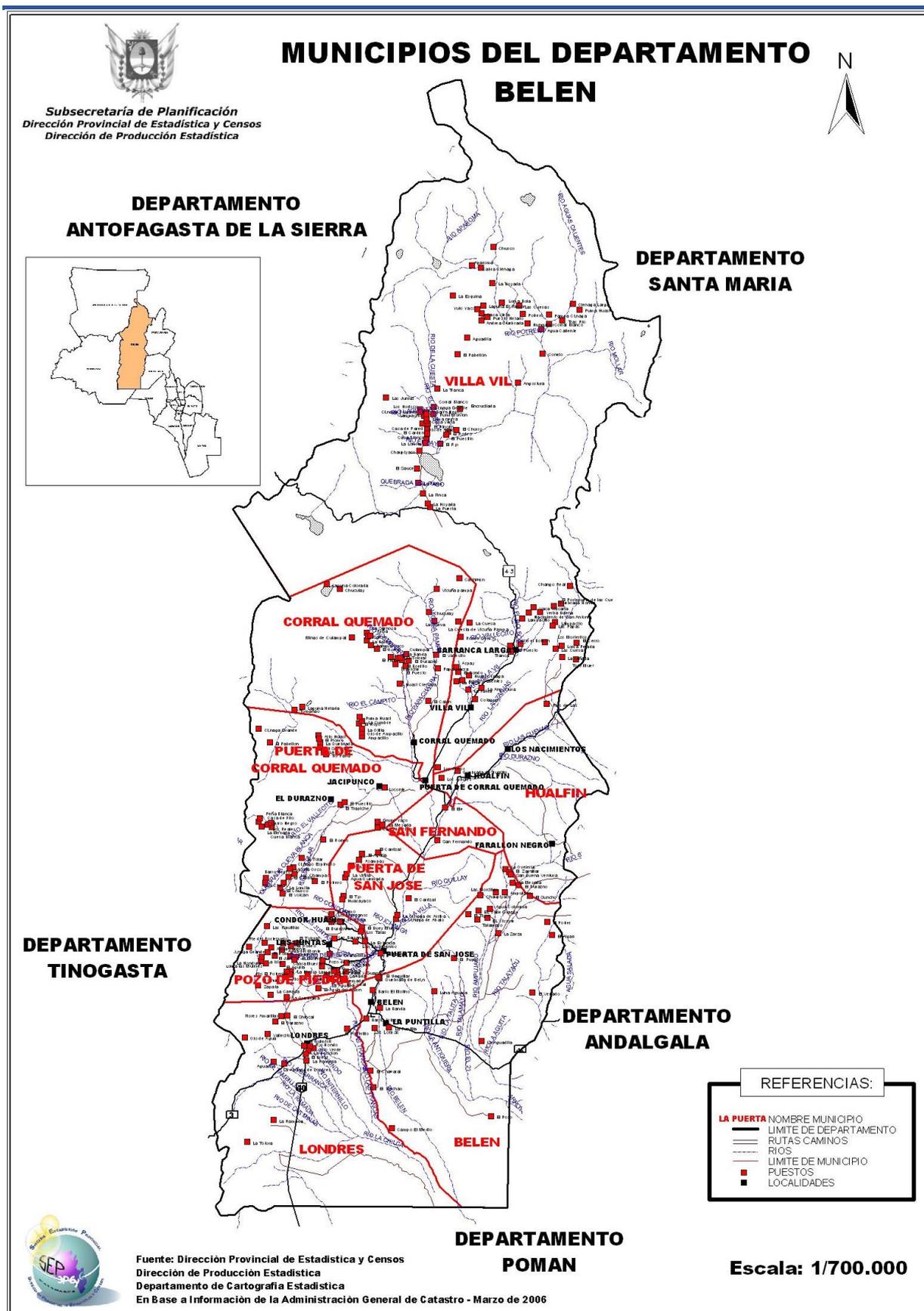


Figura II.10.2: Mapa de municipios del departamento Belén.

II.10.4 CARACTERISTICAS SOCIODEMOGRAFICAS

El área de estudio considerada es un sector de los departamentos de Andalgalá y Belén. En el caso del departamento Andalgalá ocupa parte del municipio del mismo nombre y en el caso de Belén parte del municipio Belén y Hualfín.

Tabla II.10.2: Población y densidad poblacional en 2010.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN 2010				SUPERFICIE EN km ²	DENSIDAD hab/km ² 1991/2001	DENSIDAD hab/km ² 2001/2010
	TOTAL	VARONES	MUJERES	ÍNDICE DE MASCULINIDAD			
Total	367.828	182.309	185.519	98,3	103.754	3,22	3,55
Andalgalá	18.132	9.113	9.019	101,0	4.746	3,6	3,82
Belén	27.843	14.242	13.601	104,7	13.132	1,94	2,12

Fuente: INDEC 2010 – Mapa Interactivo.

Nota: El índice de masculinidad representa la cantidad de varones por cada cien mujeres. La superficie de cada departamento de la provincia es la que proporciona la Administración General de Catastro de Catamarca.

Tabla II.10.1: Crecimiento de la población entre 2001 y 2010.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN		CRECIMIENTO MEDIO ANUAL	VARIACIÓN INTERCENSAL
	2010	2001		
Andalgalá	18.132	17.102	6,6	6,6
Belén	27.843	25.475	10,0	9,3

Fuente: Dirección Provincial de Estadística y Censos, Dirección de Producción Estadística, Dpto. Estadísticas Sociodemográficas, en base a INDEC, Censos Nacionales 1991, 2001 y 2010 y de la Administración General de Catastro de Catamarca.

Se consideran para la realización del presente estudio aquellas localidades con más de 500 habitantes incluidas en el área de estudio.

Tabla II.10.3: Población por localidad.

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	TOTAL	VARONES	MUJERES
ANDALGALÁ	Andalgalá	12.600	6168	6432
	Chaquigo	1096	544	552
BELÉN	Farallón Negro	1463	1329	134
	Bajo La Alumbra	-	-	-

Fuente: INDEC 2010

El municipio de Andalgalá incluye además de las localidades mencionadas una serie de parajes y pequeños asentamientos que no figuran en el censo. Estos son: Vis Vis, Las Conchas, Mina Capillitas, La Aguada, El Quemado, Agua Verde, Potrerillo, Mallín, Huaco y La Isla.

Tabla II.10.4: Población - Municipio de Andalgalá.

MUNICIPIO DE ANDALGALÁ	POBLACIÓN 2010			
	TOTAL	VARONES	MUJERES	ÍNDICE DE MASCULINIDAD
	15.087	7.493	7.594	98,67

Fuente: INDEC 2010.

Nota: El índice de masculinidad representa la cantidad de varones por cada cien mujeres.

De acuerdo a la pirámide de población por grupos de edad, se describiría potencialidad de crecimiento, pero su estrechamiento en los dos últimos tramos señalaría lo contrario. Se carece de información para realizar un análisis más preciso.

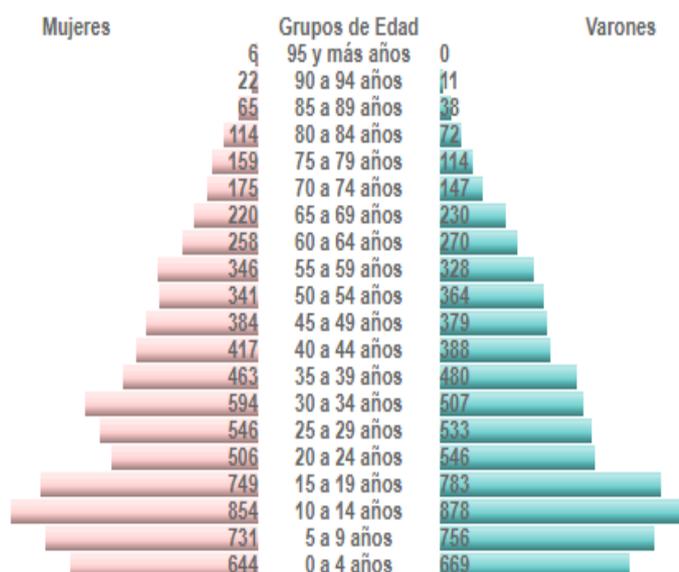


Figura II.10.3: Población por grupos de edad - Municipio de Andalgalá.
Fuente. Dirección de Asuntos Municipales- Ministerio del Interior.

Según la información censal en este municipio hay un total de 3.990 hogares y 4.704 viviendas. A partir de las tablas II.10.5 a II.10.7 se puede realizar una aproximación a las condiciones de vida en el municipio de Andalgalá.

Tabla II.10.5: Cantidad de personas por cuarto - Municipio de Andalgalá.

CANTIDAD DE PERSONAS POR CUARTO	MUNICIPIO DE ANDALGALÁ	PROVINCIA
Hasta 0,50	21,55	21,14
0,51 a 0,99	15,56	16,66
1 a 1,49	27,72	27,84
1,50 a 1,99	12,11	11,48
2,00 a 3,00	18,25	17,68
Mas de 3,00	4,81	5,20

A nivel municipal la información que se presenta permite ver una importante proporción de viviendas en deficientes condiciones de edificación, a eso se suma también que una importante proporción de la población viven en condiciones de hacinamiento.

Tabla II.10.6: Porcentaje de hogares, según calidad de los materiales de la vivienda (CALMAT) - Municipio de Andalgalá.

CALMAT*	MUNICIPIO ANDALGALÁ EN %	PROVINCIA EN %
CALMAT I	45,41	44,09
CALMAT II	24,04	27,51
CALMAT III	9,87	6,48
CALMAT IV	15,69	15,02

(*) CALMAT I: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los paramentos (pisos, paredes o techos) e incorpora todos los elementos de aislación y terminación.

CALMAT II: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los parámetros, pero le faltan elementos de aislación o terminación al menos en uno de sus componentes (pisos, paredes, techos).

CALMAT III: la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos en todos los parámetros, pero le faltan elementos de aislación o terminación en todos sus componentes, o bien presenta techos de chapa de metal o fibrocemento u otros sin cielorraso; o paredes de chapa de metal o fibrocemento

CALMAT IV: la vivienda presenta materiales no resistentes ni sólidos o de desecho al menos en uno de los paramentos.

La provisión de servicios y necesidades básicas insatisfecha (NBI) en los hogares de las localidades consideradas son:

Tabla II.10.7: Provisión de servicios básicos.

LOCALIDAD	PROVISIÓN AGUA			TIENE BAÑO/LETRINA		HOGARES NBI		TOTAL
	CAÑERÍA DENTRO VIVIENDA	FUERA VIVIENDA DENTRO DE TERRENO	FUERA DEL TERRENO	SI	NO	SIN NBI	CON NBI	
Andalgalá	3065	262	20	3244	103	3074	273	3347
Chaquiago	252	18	3	259	14	239	34	273

Fuente: INDEC 2010.

A nivel de las localidades consideradas a las deficiencias en las conexiones de provisión de agua y de eliminación de excretas, se le suma una importante proporción de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas.

II.10.5 SALUD

Dentro del sistema sanitario provincial, se denomina Área Programática a una zona epidemiológico social puesta bajo la responsabilidad de una institución sanitaria. Su accionar se materializa en la construcción y equipamiento de los distintos centros de salud con la intención de descomprimir la atención al ciudadano, disminuyendo los costos de traslados y estadías en los núcleos urbanos.

El departamento de Andalgalá pertenece al Área Programática 9, en este marco dependen del hospital de Andalgalá 16 CAPS (Centros de Atención Primaria de la Salud).

El hospital es de alta complejidad y tiene cuatro especialidades: clínica médica, ginecología, pediatría y cirugía. Tiene un plantel de profesionales de distintas especialidades: obstetra, nefrólogo, terapeuta,

especialista en diagnóstico por imágenes, kinesiología, odontología y pediatría y psicólogo. También cuenta con servicios de rayos, mamografía, ecografía.

El área de atención primaria cuenta con un equipo de asistentes sanitarios, son los Agentes de Prevención y Promoción de la Salud, quienes fueron capacitados en el marco de un programa desarrollado por la provincia de Catamarca y la UNICEF, el cual incluía formación en primeros auxilios.

Cada agente tiene asignada varias familias en las áreas suburbanas y rurales. Ellos tienen como tarea la implementación de:

- Programa de salud sexual y reproductiva (distribuyen preservativos y anticonceptivos en las escuelas).
- Ración de leche: en cada hogar visitado se evalúa el estado nutricional, peso, talla y evolución en niños de más de 6 años y en embarazadas.
- Controlan cumplimiento de calendario de vacunación.
- Salud bucal. Enseñan higiene dental y controlan su cumplimiento.
- Realizan campañas de vacunación para adultos, hepatitis B, 2 triple adultos, tétanos y difteria.
- Proveen información sobre prevención del SIDA.
- Se detectan problemas sociales: adicciones, violencia, alcoholismo e intervienen.
- Programa pro-huerta proveen a los hogares de semillas, forma de utilizarlas, controlan la evolución de la huerta y también proveen de aves de corral.

También se incluye entre sus tareas promover la valoración de la vida (por la alta tasa de suicidios de la zona).

En su visita a los hogares llevan un kit para la detección de presencia de Chagas en niños.

Se da información y charlas a la población sobre prevención del embarazo, enfermedades de transmisión sexual y educan en higiene personal, prevención del dengue y trato con los animales. La actividad de los agentes adquiere gran relevancia, ya que se trata de una zona en la que se practica el curanderismo.

Se sostiene que se está modificando el perfil epidemiológico de la población, acercándose en su conformación al de las grandes ciudades, por ejemplo: se producen cuatro accidentes viales por día. Como enfermedades crónicas se presentan casos de obesidad e hipertensión, por otra parte, el alcoholismo se considera un serio problema y en menor medida la tuberculosis. Otros temas de salud señalados son la enfermedad de Chagas y el incremento notorio de los casos de VIH.

El municipio de Belén está con Antofagasta de la Sierra en el Área Programática 11.

II.10.6 ACTIVIDAD ECONOMICA

A partir del análisis realizado se elaboró del mapa temático de Infraestructura y Usos del Suelo a escala 1:100.000 que tiene como base cartográfica la fotointerpretación de imágenes Aster y Landsat TM del IGN. Los usos del suelo productivos identificados en los diferentes sectores fueron: el agrícola, el ganadero extensivo y el minero.

II.10.6.1 Actividad Agrícola

Es el uso que se verifica en la zona periurbana de la localidad de Andalgalá y localidades aledañas en un radio de aproximadamente 21 km y en el extremo noroeste de la Hoja, sobre la ruta nacional 40.

En ambas zonas prevalece la producción frutihortícola que está fuertemente ligada a la agricultura familiar, representada por los pequeños y medianos productores familiares con un promedio de 1 a 3 hectáreas por productor, con escasa tecnología y baja rentabilidad.



Figura II.10.4: Chaquiago - plantaciones de Aji.

En el área que circunda la ciudad de Andalgalá que incluye las localidades de La Aguada, Chaquiago, El Potrero, Choya, Amanao, Villa Vil, Vis-Vis, Huachaschi, y Huaco, la problemática de la falta de agua se ha agudizado en las últimas décadas. A pesar de que cuenta con un extendido sistema de canales para riego en la actualidad (Dirección de Riego de la Municipalidad de Andalgalá 2015) el área agrícola del sector abastecido por el río Andalgalá, abarca unas 1.400 Has.



Figura II.10.5: Canales de riego en los alrededores de Andalgalá.

Del total de productores agropecuarios del departamento de Andalgalá, el Atlas de Catamarca (2014) revela que existen 352 Explotaciones Agropecuarias de Pequeños Productores (EAPs) de los cuales 75 son del tipo 2 y 277 del Tipo 3¹.

Los cultivos más extendidos en esta área corresponden a membrillo, con una producción de más de 4.000 ton. anuales y a durazno. Otros cultivos de la zona son el nogal, cayote y ají.



Figura II.10.6: Choya: Plantaciones de membrillo y durazno.

Asimismo, se verifica el cultivo de olivos con 1.200 Has. aproximadamente con un 70% de la producción destinada a la industria aceitera.

¹ EAP de Pequeños Productores Tipo 1: Productores en transición más capitalizados.

EAP de Pequeños Productores Tipo 2: Viven principalmente de su explotación, pero no logran evolucionar.

EAP de Pequeños Productores Tipo 3: Los de menores recursos productivos que no pueden vivir solamente de su explotación.

Fuente: Censo Nacional Agropecuario 2008. Dirección Provincial de Estadística y Censos, Dirección de Producción Estadística, Departamento Estadísticas Económicas, en base a INDEC Procesamiento base de datos.



Figura II.10.7: Olivares.

La producción frutihortícola es industrializada en los establecimientos dedicados a la producción de encurtidos y dulces envasados en la zona periurbana de Andalgalá, Huaco y Chaquiago.



Figura II.10.8: Industrialización de productos frutihortícolas – Andalgalá.

Otra zona donde la actividad agrícola predomina es en las localidades de Puerta de Corral Quemado, San Fernando, San Fernando Norte, El Eje y Hualfín en el extremo noroeste de la hoja. Allí el INTA (Instituto Nacional del Tecnología Agropecuaria, <https://www.inta.gob.ar>) ha establecido un centro de desarrollo vitivinícola, que propicia un plan viñatero para vinos de altura.



Figura II.10.9: Viñedos de Hualfín.

Según un informe de la municipalidad de Hualfín, la producción de los viñedos de la zona es de aproximadamente de 1.200.000 kg, de los cuales, de los cuales un 15% se procesan en la bodega municipal de la localidad, inaugurada en 2011.

Otros cultivos significativos en esta zona son los aromáticos, en especial el pimiento para pimentón, así como el comino y el anís, siendo actividades típicas del pequeño productor de la agricultura familiar.

Existen también en ambas zonas áreas de cultivo de pasturas y cereales especialmente cebada y avena. Estos campos son irrigados a través de un sistema de tomas individuales por las aguas del río Belén y su afluente el río Papachacra.



Figura II.10.10: Plantaciones de alfalfa en la zona de Villa Vil.



Figura II.10.11: Sembradíos en los alrededores de Hualfín.

II.10.6.2 Actividad Ganadera Extensiva

Aparece con predominancia en las zonas semiáridas, entre los cordones montañosos y quebradas de la zona central y sur de la hoja. Son zonas de escaso desarrollo con difícil acceso y sin servicios básicos. La producción corresponde a bovinos, ovinos y caprinos y se verifica la trashumancia, ya que los animales son trasladados a las zonas altas en verano y en invierno se los reubica en los terrenos más bajos y protegidos.



Figura II.10.12: Ganadería extensiva.

Debido al manejo extensivo, la alimentación es realizada con pastizales naturales. En muchos puestos esta actividad es solo de subsistencia, ya que se trata de un sistema familiar de autoconsumo (carne, leche y lana) que se combina con las huertas familiares. La mano de obra ocupada en este sector son sus mismos propietarios y su familia.



Figura II.10.13: Puesteros - Quebrada del Cura.

II.10.6.3 Actividad Industrial

Toda el área de estudio está fuertemente impactada en su economía por los emprendimientos mineros. Destacan los complejos mineros de La Alumbraera y Farallón Negro, con algunos emprendimientos de menor importancia como mina Capillitas y mina San Lucas.

La importancia económica de los emprendimientos de La Alumbraera y Farallón Negro, su influencia en la economía y sociedad del área, se considerarán en conjunto para ambos municipios.



Figura II.10.14: Mina La Alumbra (*pit*).



Figura II.10.15: Mina Farallon Negro.

II.10.6.3.1 MINERA ALUMBRERA

La presente información ha sido tomada de documentos oficiales de Minera Alumbra y de sus informes anuales de Sostenibilidad.

Bajo de la Alumbra es un yacimiento de cobre, oro y molibdeno que explota en superficie la empresa Minera Alumbra desde 1997. Se encuentra ubicado a noreste de la provincia de Catamarca, a una altura de 2.600 metros sobre el nivel del mar.

Minera Alumbra es operada por Glencore, la cual posee 50% del paquete accionario, mientras que las empresas canadienses Goldcorp y Yamana Gold cuentan con 37,5% y 12,5% respectivamente.

Los derechos de exploración y explotación pertenecen a Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio (YMAD), una sociedad integrada por la provincia de Catamarca, la Universidad Nacional de Tucumán y el estado nacional. YMAD ha constituido una unión transitoria de empresas con Minera Alumbra para la explotación del yacimiento y percibe el 20% de las utilidades.



Figura II.10.16: Área de administración de la empresa.

MINERALODUCTO

La empresa Minera Alumbra construyó un mineraloducto de 315 km de longitud para transportar el concentrado desde la mina, hasta la terminal ferroviaria cerca de Tucumán, donde se encuentra la planta de filtros. Se trata de un caño de acero de 175 mm de diámetro con una camisa exterior de polietileno de alta densidad y una capacidad de transporte de 17 m³ de concentrado de cobre y oro en suspensión por kilómetro, a una velocidad aproximada de 5 km por hora.

El primer mineraloducto fue construido en 1996 y su traza atravesaba la Quebrada de Amanao, pero las intensas tormentas que se produjeron ese año ocasionaron daños en el ducto, por lo que se decidió cambiar el trazado para evitar nuevos riesgos.

La traza actual posee tres bombas de rebombeo, la primera en la propia mina, la Estación 2 en Villa Vil cercano a Andalgalá y de allí hasta la Estación de Bombeo 3 a pocos kilómetros de la anterior, que eleva la suspensión hasta una altura de 2.560 m s. n. m. en Villa Vil. Desde ese punto la solución fluye por gravedad hasta su destino final en la planta de filtros de Cruz del Norte cercana a Tucumán.



Figura II.10.17: Mineraloducto. Planta de bombeo – Villa Vil.

La traza cubre un rango de cota de 2.650 m a 375 m, y en la mayor parte de la ruta, el mineraloducto está soterrado a una profundidad de 1,20 m, aunque dicha profundidad llega a 3 m en la mayoría de los cruces de ríos o arroyos.

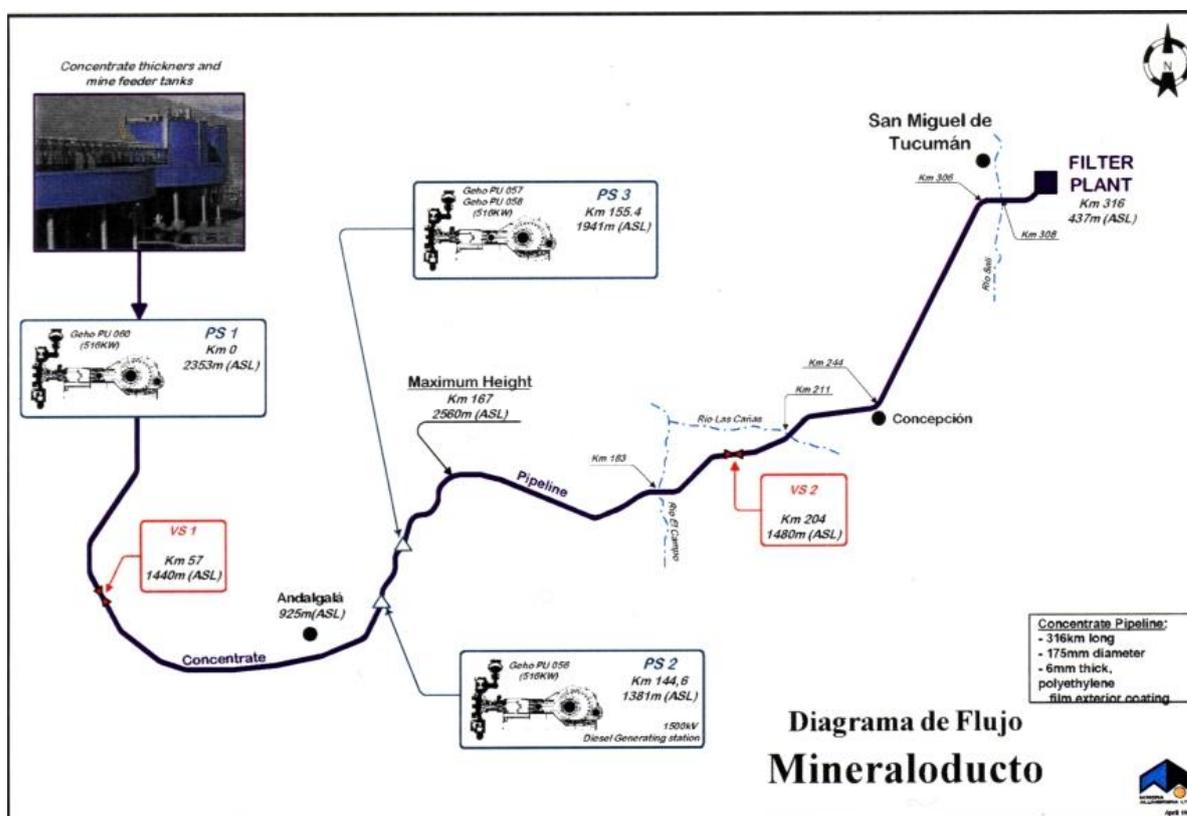


Figura II.10.18: Mineraloducto.

En el Informe de sostenibilidad 2016 se presenta la siguiente información, también en <http://www.alumbrera.com.ar/quienes-somos/acerca-de-minera-alumbrera/>.

INFORME DE SOSTENIBILIDAD: año 2016

PRODUCCIÓN

Concentrado de cobre y oro 321.979 toneladas

Oro dore: 25.715 onzas troy

Concentrado de molibdeno. 957 toneladas

VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION: 9.954 millones

En el periodo 2014/2016 el aporte de la Alumbrera a la economía argentina en millones de pesos fue de 16.655,7 (incluye impuestos, regalías, utilidades, tasas, retenciones, etc.).

A partir del momento en que entra en vigencia la ley provincial Ley N° 5.128 - Decreto N° 1686 (periodo 2005 – 2016) la provincia de Catamarca ha acumulado ingresos fiscales por \$ 5.026.8 millones, equivalente a US\$1.176,9 millones considerando el tipo promedio de cambio anual de cada año.

Respecto de las regalías mineras se distribuyen 35% Andalgalá y Belén y 65% tesoro provincial. El monto asignado al tesoro provincial se distribuye de la siguiente manera: 25% resto de los departamentos de la provincia, 7% departamento de Santa María, 5% fondo de fomento minero y 63% al tesoro Provincial (Informe de Sustentabilidad 2014).

En síntesis, del total de regalías los departamentos de Andalgalá y Belén reciben el 35% por ser los departamentos en los que está ubicada Minera la Alumbrera y el departamento de Santa María recibe un 7% de las regalías destinadas al tesoro provincial. Los departamentos del área de estudio recibieron en el periodo acumulado 2004-2016, las regalías presentadas en la tabla II.10.7.

Tabla II.10.7: Regalías por departamento.

DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	ACUMULADO 2004/2016
Andalgalá	283.325.335
Belén	283.325.335
Santa María	75.288.521

Fuente: Minera Alumbrera-Informe de sostenibilidad 2016.

CADENA DE VALOR

En el Informe se define como cadena de valor a “la secuencia completa de actividades o partes que proporcionan valor-proveedores/trabajadores subcontratados, contratistas- o quienes reciben valor clientes, consumidores miembros y otros usuarios en forma de productos y servicios.

Desde el inicio de sus operaciones Minera Alumbrera ha llevado a cabo programas de desarrollo de proveedores con el objetivo de lograr una creación eficiente de riqueza de manera sostenida en todos los eslabones de la cadena de valor

En 2016 las compras de insumos y servicios de Minera Alumbrera totalizaron \$4.770 millones. Cada \$ 100 que la empresa compro en insumos y servicios \$83 fueron destinados para compras de bienes argentinos y 17% a productos importados.

EMPLEO Y CAPACITACIÓN

Según información del informe de sustentabilidad de 2016 en la Alumbreira, trabajaron 1850 trabajadores entre empleados directos y contratados, de estos 1150 trabajan en relación de dependencia directa. De estos últimos el 51% es oriundo de Catamarca, el 37,7 % de Tucumán, el 2,6% de Salta, el 1% de Jujuy y el 5,8% de otras provincias.

En los informes de la empresa se sostiene que, a lo largo de los 19 años de vida del proyecto, se ha promovido la incorporación de trabajadores locales, tanto varones como mujeres. Los empleados pertenecientes al área primaria de influencia (departamentos Andalgalá, Belén y Santa María) representan el 37% de la planta de personal (429 empleados).

La participación de mujeres trabajadoras se ha mantenido en los últimos dos años con una tasa de 7,1 % del total (ligeramente superior a la tasa del sector minero en general, la cual es de 6,9). Respecto del nivel de calificación, el 28% de las mujeres empleadas por la Alumbreira son profesionales y entre los varones son profesionales el 25,5%.

Mina Alumbreira ha tomado como pilar de desarrollo la inversión en formación y capacitación de sus empleados. En el año 2016 se dieron 2.071 cursos que sumaron 76.255 horas de capacitación de las cuales 81% correspondió a empleados de La Alumbreira y 19% fueron para empresas contratistas.

Se han implementaron dos programas de capacitación:

- Programa de estudios terciarios, en el cual se busca mejorar la empleabilidad de los trabajadores y aportar a la generación de posibilidades de crecimiento de la región.
- Programa de desarrollo de habilidades: Se confeccionó en base al resultado de una encuesta realizada entre el personal, tomando en cuenta sus preferencias de capacitación. Se focalizó en el desarrollo de habilidades personales y técnicas para desempeñarse en el futuro en distintas actividades.

La empresa se ha planteado la capacitación de sus empleados como uno de los pilares de sus estrategias de desarrollo que se ha implementado en sus años de operación.

MEDIO AMBIENTE

La empresa asumió el compromiso con la protección del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales. Con este fin se constituyó un grupo integrado por empleados de las distintas áreas de operación que tienen por función difundir las buenas prácticas, resolver problemas circunstanciales, controlar riesgos y verificar el cumplimiento de las observaciones ambientales.

En este apartado se puntualiza particularmente la Gestión y uso del Agua, Biodiversidad, Energía, Calidad del Aire y Residuos.

En el año 2016 se desarrollaron 81 capacitaciones ambientales, en las que participaron 1.233 personas. Los cursos incluyeron los temas más importantes relativos al cuidado del medioambiente.

En total se invirtió 23,7 millones en el área ambiental, el cual incluye gastos operativos, de capital, licencias y consultorías ambientales con empresas del medio.

En el marco del compromiso de la empresa con el medio ambiente, en el caso de la gestión y uso del agua se ha contemplado especialmente la disponibilidad de agua en las comunidades cercanas. Las mismas en el Campo del Arenal, cuentan con pozos domésticos, en los cuales la Alumbreira realiza

mediciones de nivel de agua y ha instalado una motobomba para la extracción de agua para cada comunidad. En épocas de estiajes, cuando se produce un descenso natural en los niveles de agua subterránea, la Alumbreira realiza el mantenimiento de esas excavaciones.

COMPROMISO CON LA COMUNIDAD

Con el fin de promover un desarrollo sostenible se ha buscado “generar oportunidades de crecimiento en la región que contribuyan el desarrollo de las comunidades y mejoren la calidad de vida, más allá de la extensión temporal del yacimiento” (Informe de Sostenibilidad 2016).

Estos principios se han aplicado al área comprendida por el API (área primaria de influencia, que incluye los departamentos de Andalgalá, Belén y Santa María), en la cual desde hace 19 años se ha estado desarrollando un programa comunitario, basado en tres pilares de interés: salud, educación y desarrollo productivo (que incluyó también deporte y cultura). El API tiene una población de 68.523 habitantes y una superficie de 23.674 km² (constituye el 19% de la población y el 23% de la superficie de la provincia).

A este programa se sumó a partir de 2006 la construcción de grandes obras de infraestructura educativa, sanitaria y para la actividad deportiva y social de la zona.



Figura II.10.19: Instalaciones (centro de recreación y comedor).

Desde el inicio del programa se han invertido \$ 278,2 millones en programas de Desarrollo Sostenible.

En el periodo 2010/2016 la distribución geográfica acumulada de las inversiones, en Desarrollo Sostenible (en pesos) fue la siguiente:

Andalgalá	31%
Belén	24%
Santa María	16%

San Fernando del Valle de Catamarca	8%
Tucumán	21%

GESTION SOCIAL Y CIERRE DE MINA

En el capítulo Gestión Social y Cierre de Mina, del Informe de Sostenibilidad 2016, se realiza una detallada descripción del modo como se llevará a cabo el cierre de mina. Se lo define como un proceso integral, en el cual se tienen en consideración parámetros sociales, económicos y ambientales.

En abril de 2018 se anunció que Minera Alumbreira había decidido comenzar una nueva etapa operativa, en el marco de la cual realizará una explotación subterránea con la que piensa extender la vida útil del proyecto 10 años más. Esta nueva etapa seguramente implicará una serie de cambios en los criterios, objetivos y mecanismos que se pondrán en ejecución para la realización del cierre de mina.

El Informe de Sostenibilidad 2016 fue elaborado siguiendo los principios e indicadores propuestos por la Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad, versión G4, de la Iniciativa de Reporte Global (*Global Reporting Initiative, GRI*), junto con el Suplemento Sectorial de Minería y Metales.

II.10.6.3.2 COMPLEJO MINERO INDUSTRIAL DE FARALLON NEGRO

En el año 1936 un aficionado a la geología, Abel Peirano, identifica el área mineralizada ubicada en el distrito de Hualfín de Catamarca y descubre el yacimiento de Farallón Negro con la colaboración del Instituto de Geología y la Universidad Nacional de Tucumán. Años más tarde se firma el acta Farallón Negro.

Estas son las primeras informaciones sobre la existencia de la mina Farallón Negro, ubicada en el departamento Belén de Catamarca. En la actualidad es productora de oro y plata y en menor medida manganeso, esta operada por la firma YMAD (Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio) empresa interestadual, creada en 1958, constituida por la provincia de Catamarca, la Universidad Nacional de Tucumán y el Estado Nacional.

Se calcula que el yacimiento tiene una posibilidad de ser explotado durante 60 años más. En la actualidad las reservas se calculan en 11.000 kilos de oro y 226.000 kilos de plata. En el complejo se realiza desde la extracción subterránea de los minerales hasta la aleación del bullion, que es tratado en la planta de refinación que tiene la compañía en San Fernando del Valle de Catamarca, obteniendo como producto final lingotes de oro y granallas de plata con el sello de YMAD.

EMPLEO Y CONDICIONES DE VIDA

El complejo tiene, al momento de hacer este relevamiento, una planta de personal estable de 350 personas entre trabajadores de producción y personal administrativo. El 95% de los trabajadores son catamarqueños.

La mina y las plantas de procesamiento tienen un régimen de trabajo continuo, en el cual los trabajadores tienen un ritmo de 12 horas de trabajo diarias. En tanto el personal administrativo trabaja de 8 a 20 horas, con frecuencia de siete días corridos y siete días de licencia.

Hay un grupo de aproximadamente 10 trabajadores que vive con sus familias, en el predio del complejo. Habitan casas de 2 o 3 habitaciones. El resto del personal se aloja en pabellones que cuentan con habitaciones para dos personas, con baño compartido e instalaciones de agua fría/caliente. Disponen de sala de esparcimiento, gimnasio y cancha de fútbol.

Se han instalado para provisión del personal, un supermercado y una despensa cuya explotación se otorga vía licitación en general a empresas de Santa María.

Hay una escuela primaria a la que asisten 15 alumnos, de las familias que habitan en forma permanente en el complejo.

FORMACIÓN-CAPACITACIÓN

El área de Recursos Humanos ha desarrollado programas de formación y capacitación en áreas del conocimiento vinculadas a la actividad, como ser:

- Programas de formación a partir de convenios con escuelas e instituciones educativas. Se realizan pasantías en Universidad Nacional de Catamarca, La Rioja, Mendoza y en general en todo el país.
- Programas de capacitación en talleres.
- Capacitación específica sobre los lugares de trabajo, seguridad, medioambiente.
- Capacitación en ergonomía y mecánica.
- Prevención de accidentes.
- Prevención de incendios (tienen líderes y brigadistas).

En seguridad se ha implementado un “sistema de hilo radiante” se trata de un sistema de comunicación minero, con el cual el interior de la mina puede comunicarse con el exterior mediante el uso de Handy o Radio.

MEDIO AMBIENTE

En materia de cuidado del medioambiente en la empresa se realizan distinto tipo de acciones, como ser:

- Se desarrollan programas de relevamiento, identificación y estudios de flora y fauna, identificando en el primer caso especies nativas que habitan en la zona con el fin de contar con instrumentos técnicos para el aprovechamiento y conservación del patrimonio genético de las especies. Respecto de la fauna se estudia la silvestre, nativa y exótica, para poder implementar medidas de protección y conservación de las especies presentes en el área.
- Se ha instalado un sistema de tratamiento de agua de efluentes, la cual procesa 200.000 litros de agua por día. La misma se recupera y es utilizada en procesos industriales, planta de beneficio, mina y riego de caminos.
- A partir de muestreo y análisis químicos de calidad del aire, agua y suelo en el área de influencia del yacimiento se programa la adecuada gestión ambiental.
- Por un convenio con una escuela zonal se realiza reciclado de botella y cartones generados en el yacimiento, para tal fin se realiza una campaña de reciclaje de papel.

ATENCIÓN DE LA SALUD

Han desarrollado un servicio de salud especialmente preparado para atender casos de intoxicaciones, especializado en casos vinculados con las sustancias tóxicas que utilizan en la explotación y en el proceso productivo.

Cuentan con un servicio médico en el cual hay dos médicos, dos odontólogos y cuatro enfermeras. Tienen dos ambulancias, una destinada al movimiento interno y otra específicamente dedicada al servicio en los sitios considerados más “complejos”. Este servicio atiende a trabajadores, familiares de los mismo y a quienes se acercan a solicitar atención médica familiar.

El área médica realiza tareas de información, prevención y capacitación para primeros auxilios en el tratamiento en caso de picaduras de víboras o arañas (zona de viuda negra). En el programa de prevención se incluye la realización de desinfección bimestral en todas las áreas de los pabellones.

Se han detectado problemas de alcoholismo y adicciones, aspectos sobre los cuales se ha establecido un estricto control.

Disponen de camionetas especialmente preparadas para accidentes, las que trabajan en conjunto con las áreas de Higiene y Seguridad y de Medioambiente.

PROGRAMAS DE APOYO A LA COMUNIDAD

La empresa desarrolla un programa de Responsabilidad Social Empresaria, creando diferentes programas y proyectos sociales para colaborar con el proceso de desarrollo social y económico, entre los programas se puede mencionar:

Agua

- **Planta Potabilizadora de Hualfín:** Hualfín es una localidad de 7.000 habitantes cercana al yacimiento de Farallón Negro, el agua ha sido un tema de preocupación de la población. Con la construcción de la planta cuentan con agua en cantidad y calidad necesaria y adecuada.
- **Sistema de Riego en Loro Huasi:** se realizó una importante perforación en la localidad de Loro Huasi, cercana a la ciudad de Santa María, estas localidades tienen 3.000 y 23.000 habitantes respectivamente. Se trata de una zona predominantemente dedicada a la producción agrícola que estaban afectados por problemas de sequía.
- **Donación a la comunidad de Capayán:** La localidad de Capayán de 700 habitantes tenía un sistema de provisión de agua potable antiguo y muy deteriorado. Con la colaboración de la comunidad extendió el caño maestro de la localidad de Choya y se realizó la renovación de cañerías, conexiones, etc.

Salud

- **Hospital de Londres:** Se construyó y equipo más de 90 m² destinados a la tercera edad para pacientes con enfermedades de atención cuasi permanente y sin familiar a cargo.
- **Ambulancia neonatal:** Se donó una ambulancia totalmente equipada al hospital maternal de San Fernando del Valle de Catamarca. A través de la UTE con Minera Alumbra se donaron equipos a la maternidad de San Fernando del Valle de Catamarca, se construyó y equipó un módulo de terapia intensiva en el hospital de Belén.

Educación

- **Bibliomóvil:** Se donó a la provincia una biblioteca móvil totalmente equipado. La misma

recorre las distintas localidades de la provincia.

Deportes

YMAD colabora con deportistas locales que participan en distintas competencias nacionales e internacionales.

II.10.7 INFRAESTRUCTURA REGIONAL

II.10.7.1 INFRAESTRUCTURA VIAL

Ruta nacional 40: La ruta nacional 40 atraviesa la zona de estudio en sentido norte-sur en el extremo oeste de la misma, uniendo la ciudad de Belén con la localidad de Hualfín. Esta es una de las rutas más extensas de la República Argentina con 5.194 km totales y constituye un importante nexo interurbano entre importantes localidades de la región del NOA. En las últimas décadas su traza ha sido mejorada y pavimentada en su totalidad.



Figura II.10.20: Cruce ruta nacional 40 y ruta provincial 46.

Ruta provincial 46: La ruta provincial 46 es la de mayor desarrollo dentro de la Hoja Farallón Negro. La misma atraviesa la zona en sentido este-oeste, uniendo las ciudades de Belén y Andalgalá. Solamente un sector de este tramo (aprox. 30 km en 2015) se encuentra pavimentado, aunque ya se ha licitado su pavimentación total. Desde Andalgalá la ruta continúa totalmente pavimentada hacia Pomán, en el sur de la provincia.

Ruta provincial 48: Consolidada, comunica la ciudad de Andalgalá por el noreste con Tucumán.

Ruta provincial 47: Asfaltada desde Andalgalá hasta Choya, y luego continúa consolidada hacia el norte hasta Santa María.

II.10.7.2 INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

Actualmente no existe servicio ferroviario público en el área estudiada ya que, el único servicio en la provincia de Catamarca es el ferrocarril Belgrano Cargas, ramal que llega hasta la ciudad de Recreo en el departamento de La Paz. Continuando luego hacia el norte. No realiza transporte de pasajeros, solo el de cargas.



Figura II.10.21: Ex estación de FFCC de Andalgalá.

II.10.7.3 INFRAESTRUCTURA AÉREA

No existen aeropuertos de importancia en la zona de estudio. Ninguna de las instalaciones aeronáuticas que se verifican en el área reciben líneas aéreas programadas, ya que no cuentan con la capacidad ni la infraestructura necesaria para ello. Solamente las aeronaves de porte pequeño realizan vuelos privados, transportando generalmente a personal jerárquico de las empresas mineras. Los dos aeródromos existentes dentro de la zona se localizan en la localidad de Andalgalá y en proximidades del Complejo Minero de La Alumbraera en el norte de la zona de estudio.



Figura II.10.22: Aeródromo de Andalgalá.

II.10.7.4 ENERGIA ELÉCTRICA

El Sistema Eléctrico Provincial está estructurado sobre un sistema de líneas de alta tensión (132 kW) complementadas por estaciones transformadoras. Los departamentos de Andalgalá y Belén están interconectados a la línea de 132 kW de la provincia de Tucumán (Estación Villa Quinteros).

La alimentación de la zona norte, específicamente la región minera de Bajo La Alumbreira se conecta a la línea de 220 kW de El Bracho en Tucumán.

Las instalaciones de transmisión que conforman este sistema son:

- LAT 220 kW El Bracho-Minera La Alumbreira: 200 km
- LAT 132 kW Villa Quinteros-Andalgalá: 102 km al-ac 300/50
- LAT 132 kW Andalgalá-Belén-Tinogasta: 152,3 km al-ac 150/25
- LAT 132 kW Andalgalá-Saujil (Pomán): 70 km 150/25

II.10.8 PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL

Los datos aquí vertidos fueron brindados por la Dirección Provincial de Antropología de la Secretaría de Estado de Cultura de la Provincia de Catamarca. Según su informe, basado en el Mapa Arqueológico Provincial, existen en la zona una serie de sitios arqueológicos que serán descritos a continuación pero que, a pedido de las autoridades de dicha Dirección no serán plasmados en un Mapa con el objetivo de preservar y conservar estos bienes patrimoniales de alto valor arqueológico.

- **Yacimiento Río de Chaquiago**, Andalgalá: A siete km de Andalgalá sobre la ruta 62 en un área de 150 metros N-S por 50 o 70 E-O, limitado al O por el río Chaquiago que corre en dirección N-S.

- **Belén Agroalfarero Tardío:** Sitio ubicado frente al río de la Ollas a 70 metros sobre la otra margen del río Chaquiago, hoy completamente destruido. Corresponde a un cementerio de adultos en urnas. La mayor parte de los materiales de la colección del Museo de Andalgalá.
- **Quebrada del Potrero-Amanao:** Andalgalá Amanao. El sitio está emplazado en la quebrada de Amanao. Sin datos.
- **Río Chaquiago o río de Las Ollas, Andalgalá:** Se encuentra sobre la margen derecha del río Chaquiago sobre la ruta 62 que une Andalgalá con Belén. Ciénaga Agroalfarero Temprano: "grandes extensiones de cerámica existen varios pozos realizados por buscadores de tesoros. No hay restos de construcciones visibles en superficie. Posible lugar de habitación y cementerio. El material cerámico corresponde a Ciénaga Fase I y II."
- **Potrero Arriba, Andalgalá:** En cercanías de Los Abrego hacia el norte sobre una lomada. Agroalfarero Tardío. Varios recintos pircados con cerámica en superficie.
- **Pilciao, Andalgalá:** A 20 km al sur de la ciudad cabecera departamental. En la parte llana. Agroalfarero, restos de cerámica en superficie.
- **Loma Redonda, Andalgalá:** El sitio está ubicado en el departamento Andalgalá. Sin datos.
- **Los Abregos, Andalgalá:** a pocos km al NO del centro de Andalgalá en el lugar denominado Potrero a corta distancia de Chaquiago y sobre la margen izquierda del río Potrero. Horizonte Inka: restos de pircados y cerámica en superficie posible existencia de cementerio. Los restos corresponden a dos muros paralelos que corren de N-S de 300 metros de largo, la separación entre ellos es de 12 metros.
- **Loma del Tiro, Andalgalá:** Se encuentra al norte de la actual población de Andalgalá sobre una loma larga y angosta delimitada por dos quebradas casi paralelas. Santa María Agroalfarero Tardío, restos de cerámica en superficie y vestigios de construcciones en muy mal estado de conservación posiblemente de planta circular
- **Ingamana, Andalgalá:** Se encuentra al sur de Choya. Sin datos.
- **La Puntilla de Villa Vil, Andalgalá:** Al este de Andalgalá a unos 10 km aproximadamente al pie de un conoide. Agroalfarero: el sitio se trata de un conjunto de recintos rectangulares y algunos circulares.
- **La Pulperita, Minas Capillitas, Andalgalá:** En las cercanías de Minas Capillitas en el lugar denominado La Pulperita. Agroalfarero Tardío: material cerámico en superficie.
- **La Isla, Andalgalá:** A 25 km al sur de la ciudad cabecera departamental. Se encuentra en una parte llana próximo al salar de Pipanaco. Agroalfarero: material cerámico en superficie. Además, se encontró un cincel.
- **La Constancia, Andalgalá:** A 35 km aproximadamente al sureste de Andalgalá. Al oeste del río Las Vírgenes y de la localidad de Pilciao en las adyacencias del Salar de Pipanaco. Belén? Agroalfarero Tardío: cementerio, hallazgos de urnas para párvulos de igual forma que las grandes urnas destinadas para adultos.
- **La Aguada, Andalgalá:** Se encuentra al noroeste de Julumao al pie de los primeros contrafuertes del Aconquija. Belén - Yocavil Agroalfarero Tardío: cementerio, cerámica de superficie y cementerio de adultos en urnas. Está presente cerámica Yocavil Polícromo.
- **Julumao, El Alto, Andalgalá:** A dos kilómetros del centro de la ciudad de Andalgalá. En el lugar conocido como El Alto sobre unas lomadas que bajan del contrafuerte de los nevados de Aconquija. Santa María - Belén Agroalfarero Tardío: cerámica en superficie. No hay restos

de pircas visibles. Urnas tipo Andalgalá para adultos además Santa María bicolor y tosca.

- **Ingenio del Arenal Médanos**, Andalgalá: En la parte sur del Campo del Arenal o de los Pozuelos. En el contrafuerte del cerro Aconquija. A 5 km al oeste del Puesto del Ingenio del Arenal. Piedemonte Inka Horizonte Inka Tambo: el sitio ocupa un área de 30.000 metros cuadrados. Se trata de un conjunto de 34 recintos rectangulares. Las paredes son de piedra y dobles sin relleno interior y con argamasa. Los hallazgos de cerámica son: Famabalasto negro sobre rojo. Incaico y Yocavil
- **Ingenio del Arenal Centro**, Andalgalá: A 1.000 metros de la ruta 63. Ciénaga y Aguada Agroalfarero Temprano y Medio: el sitio cubre una superficie aproximada de 10 hectáreas. Los núcleos de viviendas se distribuyen en el espacio y además hay presencia de andenes y cuadros de cultivo. Los recintos son de planta circular rectangular y semicircular.
- **Huaco**, Andalgalá: Se encuentra en el sector sur de la ciudad y a 5 km del centro próximo al aeródromo. Ciénaga II Agroalfarero Temprano: restos de cerámica y posible cementerio. Material Ciénaga
- **Falda del Cerro de Ingenio del Arenal**, Andalgalá: A 2.000 metros del sitio de Ingenio del Arenal Centro en dirección este, entre los cerros próximo a la confluencia de los arroyos Peñas Blancas y Peñas Negras. Condorhuasi - Ciénaga Agroalfarero Temprano: núcleo de 40 viviendas aproximadamente. Presencia de recintos que posiblemente sean corrales. La cerámica correspondiente es Condorhuasi y Ciénaga.
- **Distrito Plaza**, Andalgalá: A 400 metros al oeste de la plaza principal de la ciudad de Andalgalá. Ciénaga Agroalfarero Temprano: cementerio, existencia de un cementerio de la cultura Ciénaga. Entierros con ajuar.
- **Esquina Grande**, Andalgalá: A 12 km al sureste de La Isla en la zona de bañado. Hualfín Agroalfarero Tardío: hallazgo de urnas.
- **El Molino II**, Andalgalá: Sobre la margen izquierda del río Chaquiago a 1.500 metros de la iglesia de la localidad de Chaquiago. Aguada Agroalfarero Medio: tiestos en superficie. No hay pircados visibles. Existencia de morteros comunales. La cerámica es Aguada Pintada Grabada Gris Liso material ordinario Belén negro sobre rojo.
- **El Molino I**, Andalgalá: Al norte de la finca de Huasán y a corta distancia de la ruta que une Andalgalá con Chaquiago sobre unas lomadas próximas al Aconquija. Ciénaga Fase I y II Agroalfarero Temprano: sitio de superficie sin viviendas visibles. Los fragmentos corresponden a Ciénaga Gris Grabado Liso Pintado. Material tosco y Belén negro sobre rojo.
- **El Carrizal**, Andalgalá: Se encuentra en la quebrada de Villa Vil a 17 km de Andalgalá. Agroalfarero: restos de pircados y fragmentos en superficie. Existencia de un cementerio. Posible existencia de un tramo del camino Inka.
- **Alpatauca**, Andalgalá - Chaquiago. El sitio está situado en la localidad de Chaquiago. Sin datos.
- **Amanao Sur**, Andalgalá - Amanao. El sitio se encuentra ubicado en la localidad de Amanao. Sin datos.
- **Chaquiago Abajo**, Andalgalá: A pocos km al noroeste de Andalgalá se encuentra dos poblaciones conocidas como Chaquiago de Arriba y Chaquiago de Abajo. En este último lugar se hicieron los hallazgos accidentales. Belén Agroalfarero Tardío: el sitio consta de dos vasijas tipo urna Andalgalá para adultos. También cerámica Belén y tosca. No hay construcciones visibles.

- **Choya, Andalgalá:** Se llega por la ruta 63 que une Andalgalá con Santa María por la cuesta de Minas Capillitas. El sitio se encuentra en la quebrada homónima sobre la margen derecha e izquierda del río Choya. Posibles pircas quebrada arriba. Agroalfarero Tardío: restos de cerámica en superficie antiguo cementerio. Hoy ha desaparecido por el avance del río. La cerámica recuperada corresponde al tipo Belén Aguada y Ciénaga. Hay urnas.
- **Las Conchas, Andalgalá:** El sitio está emplazado en el departamento Andalgalá. Sin datos.
- **Agua Salada, Andalgalá:** Queda aproximadamente a 12 km hacia el norte desde el cruce de la ruta que une Andalgalá - Belén. Belén? Agroalfarero Tardío: cementerio, hallazgos de urnas de igual forma que para adultos, pero en este caso es para párvulos.
- **Agua del Molle, Andalgalá:** De Chaquiago al norte a 5 km de la ciudad cabecera departamental al pie del cerro. Agroalfarero Tardío: material cerámico tardío.
- **Amanao Quebrada Arriba, Andalgalá:** A dos km de La Puntilla de Amanao. Siguiendo el cauce del río sobre la margen izquierda Aguada Belén. Agroalfarero Temprano – Medio: cerámica en superficie existencia de un cementerio. No hay restos de viviendas. La cerámica es Aguada Gris Grisbada, liso Belén negro sobre rojo y material ordinario. Además, se encontraron en la localidad de Amanao piezas Inka al igual que urnas para adultos.
- **Amanao - La Puntilla, Andalgalá:** Se encuentra a 25 km al suroeste de la ciudad de Andalgalá se llega por la ruta 62, luego por un camino secundario. En el paraje denominado La Puntilla en la desembocadura de la quebrada. Ciénaga Fase I y II Agroalfarero Temprano: habitacional y cementerio. Se encuentra gran cantidad de fragmentos de cerámica en superficie y dos recintos pircados uno circular y el otro rectangular. La zona se encuentra muy erosionada. La cerámica recuperada corresponde a Ciénaga Grabado y Pintado material tosco lascas traba.

La información referida a los sitios arqueológicos enumerados a continuación fue extraída de los informes realizados por Elkin (1992) y Ratto (1996) sobre el impacto arqueológico del proyecto minero Bajo de La Alumbra y de la sensibilidad arqueológica que conllevaría la construcción del corredor de infraestructura sur de la misma. Un tercer informe preparado por Knight Piésold LLC 1997 (BHP COPPER) y realizado como parte del Estudio de Impacto Ambiental Yacimiento Agua Rica describe los últimos dos sitios arqueológicos:

- **Las Juntas Norte, Andalgalá Vis Vis:** Se encuentra ubicado al norte del lugar conocido como Las Juntas, sobre las terrazas al oeste del río. Terrazas Ciénaga y Aguada cubre una extensión de 300 m en sentido N-S, siendo el material arqueológico muy disperso. El mismo consiste en fragmentos cerámicos (Elkin 1993).
- **La Virreina, Andalgalá Vis Vis:** Se encuentra localizado sobre la primera terraza de la ribera oeste del río Vis Vis Terraza Belén, en menor cantidad Ciénaga y muy poco Condorhuasi. Tardío: Se extiende a lo largo de 1 km (paralelo al río) en sentido norte-sur Está muy destruido debido a la acción del agua, siendo el material predominante la cerámica y poco material lítico (Elkin 1993).
- **El Rincón, Andalgalá Amanao:** Se encuentra al oeste del río homónimo y paralelo a este por unos 300 m. Barranca San José, Aguada y Belén Emplazado sobre la barranca que ha sido erosionada por el río, el sitio ofrece materiales cerámicos mayoritariamente de urnas toscas, también se observan restos óseos humanos muy meteorizados (Elkin 1993).
- **Área Meseta de los Saltos, Andalgalá:** Esta meseta se extiende al sureste de la meseta del Pantanillo. Tardío: Se registraron campos de cultivos y 1 km al sur se reportó una estructura

de corral 25 x 25 con un recinto rectangular adosado 5 x 20 y poca cerámica fragmentada (Ratto 1996).

- **Barranca de los Loros**, Andalgalá Vis Vis: Se encuentra sobre la margen este del río, frente al sitio La Virreina, pero desplazado hacia el sur. Ciénaga y Aguada Temprano y medio: el sitio se encuentra erosionado por la acción del agua. Consiste en estructuras circulares y subcuadrangulares. Se recolectaron fragmentos cerámicos (algunos de urnas) (Elkin 1993).
- **Área del Valle de Villa Vil**, Andalgalá - Villa Vil: A 2,9 km. río arriba de la finca El Carrizal. Tardío: se registraron sectores vestigiales de paredes bajas relacionadas con un antiguo camino. En algunos puntos hay superficies adoquinadas/calzadas perpendiculares a la pared. A 100 m se registró cerca de un puesto un mortero de piedra (Ratto 1996).
- **Agua de Las Vizcachas**, Andalgalá - Vis Vis: Se encuentra próximo a la Quebrada de las Vizcachas, en la primera terraza de la ladera oeste del río Vis Vis. Terraza Tardío: el sitio consiste en un conjunto de estructuras de pirca de forma circular y rectangular. Se recuperaron fragmentos cerámicos y material lítico (Elkin 1993).
- **Portezuelo Melcho**, Andalgalá - Agua Rica: Camino de acceso de Andalgalá a Agua Rica. Inka: se trata de un camino recubierto con piedras y una estructura oval. La estructura mide 22,4 x 14,7 m y sus muros dobles (rellenados) miden de 1 a 1,2 m, además se registraron 2 estructuras circulares pequeñas dentro de la pirca y una fuera de la estructura (Knight Piésold LLC 1997).
- **Quebrada Minas**, Andalgalá - Agua Rica: Los sitios se encuentran ubicados sobre una meseta natural inmediatamente aguas abajo de la confluencia de las quebradas Melcho y Minas. Se registran 3 sitios dentro de esta área y se trata de pircas bien conservadas. Un recinto circular de 20 m de diámetro. También hay una serie de rocas ubicadas en posición vertical. No se registró ningún tipo de artefactos (Knight Piésold LLC 1997).

Existen además dos sitios arqueológicos que, a pesar de estar ubicados fuera del área estudiada, fueron incluidos en este informe dada su importancia, los mismos son:

- **Pucará de Aconquija**, Andalgalá – Aconquija: Situado en el ángulo sureste de la altiplanicie del Campo del Pucará sobre un cerro de difícil acceso, a cuyo costado corre el arroyo del mismo nombre. Inka Horizonte, Inka Fortaleza: Las ruinas se encuentran emplazadas al norte del arroyo y se distribuyen en tres grupos. Existencia de murallas defensivas de hasta cuatro metros de altura reforzada en la parte interna. Construcciones destinadas a vivienda son de dos tipos.
- **Las Estancias**, Andalgalá - Alamito: Se hallan distribuidas en tres terrazas cuaternarias a diferentes altitudes. Alamito - Condorhuasi - Ciénaga Agroalfarero Temprano: en total fueron encontrados 50 sitios en tres mesadas. Todos tienen un patrón de población básico constante. Estructuras en forma de anillo en torno a un patio central. Al oeste de cada sitio se ubica un basurero por lo general grande y bien definido.

II.10.9 COMENTARIOS FINALES

CONFLICTOS SOCIALES

En la década del 90 comienza en Argentina un período de expansión del sector minero metalífero. Promovido en general por cambios en el marco regulatorio (Nuevo Código de Minería, nuevo esquema

impositivo etc.), el interés en los inversores extranjeros, desarrollo de nuevas tecnologías y condiciones favorables para el aumento de precio de los metales en el mercado mundial entre otros.

Estas condiciones generaron un contexto atractivo para la inversión de empresas transnacionales en la minería metalífera, caracterizándose esta etapa por la preeminencia de la inversión en la llamada mega minería metalífera, por sobre la minería tradicional.

(“La mega minería a diferencia de la tradicional ya no se realiza por socavón, sino que implica la explosión del material rocoso, su trituración, molienda y una serie de procesos químicos que permiten separar la roca de los minerales metalíferos.”) Godfrid (2016).

Este tipo de minería tuvo su primer cuestionamiento social en el año 2003 en Chubut a partir del rechazo de la comunidad de Esquel a la instalación de un emprendimiento extracción de oro y plata situados a 10 km de la localidad. La comunidad se organizó y llevo a cabo grandes movilizaciones logrando la convocatoria, por parte del Consejo Deliberante, de un referéndum en la población para definir la aceptación o el rechazo al mega emprendimiento. La mayoría de la población se pronunció negativamente a la utilización de cianuro en la zona y a continuación la Legislatura provincial promovió una Ley que prohibiendo este tipo de minería en la provincia.

La resistencia social, las movilizaciones, la constitución de organizaciones no gubernamentales dedicadas específicamente al tema fue generando en la población en general una percepción crítica respecto de la minería metalífera, que se tradujo en una voz de alarma para las comunidades cercanas a los mega emprendimientos que se implementaron luego.

En el presente estudio los mayores emprendimientos económicos del área son: el Complejo Minero Industrial de Farallón Negro y Minera Alumbreira Su instalación en distintos momentos históricos asociados a distintos modos de explotación minera, impactó de manera diferencial en las comunidades cercanas. Si bien ambos emprendimientos han recibido críticas y resistencia por parte de las comunidades cercanas, ha sido sin duda la Minera Alumbreira la más fuertemente cuestionada, por su impacto sobre el medio físico y social.

Este último emprendimiento también genero múltiples cuestionamientos en las comunidades del área de influencia a la que se sumaron la crítica y en algunos casos el respaldo de comunidades de otras provincias. Se realizaron protestas, cortes de ruta, distintos tipos de movilizaciones y constituyeron grupos críticos que aun hoy se encuentran en actividad.

Ante este panorama la empresa Minera Alumbreira, con el fin de lograr licencia social para la realización de su actividad decidió enmarcar su actividad en el paradigma de los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” lo que se refiere a una modalidad de gestión por la cual la empresa reconoce y asume su responsabilidad ante la sociedad.

“Es una nueva forma, donde la empresa gestiona sus operaciones en forma sustentable en lo económico, social y ambiental, reconociendo los intereses de distintos públicos con los que se relaciona, como accionistas, los empleados, la comunidad, los proveedores, los clientes, considerando el medio ambiente y las generaciones futuras” (Asociación de Empresarios Cristianos-ADEC y FORUM Empresa, para su manual “Responsabilidad Social Empresarial: Una nueva mirada empresarial”). Concibiendo como: “responsabilidad de la empresa ante la sociedad, aquellas acciones que persiguen mitigar los impactos negativos de sus actividades, potenciar los positivos y buscar, proactivamente, impactos en el futuro que mejoren la calidad de vida de la sociedad, siempre dentro los ámbitos de competencia de la empresa en particular” (Antonio Vives – AGORA, 11/2017).

Como resultado de la aplicación de estos postulados en la gestión empresarial, se han implementado una serie de medidas en toda la extensión de la cadena de valor, en particular en acciones de apoyo comunitario.

III. RECURSOS MINERALES

III.1 DEPÓSITOS MINERALES

III.1.1 INTRODUCCIÓN

El área de estudio abarca una región con importantes recursos minerales (Fig. III.1.1), de variada génesis, edad e importancia económica, incluso algunos de ellos fueron aprovechados económicamente.

Se evalúa el potencial minero del área y se describen las manifestaciones y depósitos minerales para conocer parámetros geológicos útiles en la evaluación de la incidencia de las mineralizaciones en la calidad del medio ambiente.

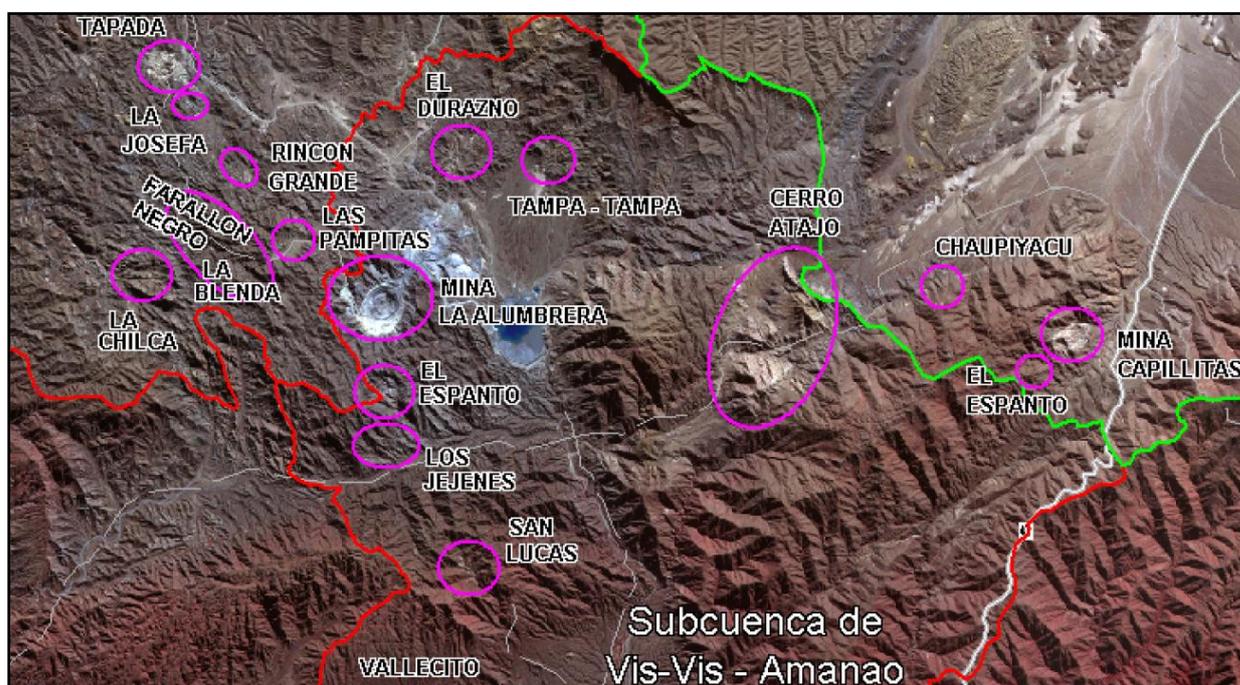


Figura III.1.1: Actividad minera; los prospectos se localizan en distintas subcuencas de la cuenca de Pipanaco y Campo del Arenal.

III.1.2 METODOLOGÍA

Se realiza la descripción de los emprendimientos mineros que se encuentran en actividad, con énfasis en la caracterización de los componentes del proceso y el emplazamiento de sus distintos dispositivos en el entorno (Tabla III.1.1). Se recorrió el área de estudio reconociendo la geología general y los distintos aspectos de importancia ambiental: cuencas y subcuencas, análisis del emplazamiento de cada actividad, infraestructura existente, etc.).

Se realizaron visitas a establecimientos mineros, como ser: Farallón Negro, Bajo La Alumbra, Capillitas, donde se entrevistaron a técnicos especialistas a cargo y se recorrió los distintos sectores de la locación (escombreras, *open pit*, planta de tratamiento, etc.).

Posteriormente en la ciudad de Catamarca se realizaron entrevistas a la directora de Gestión Ambiental, Lic. Teresita Regalado, al personal del catastro minero y se recabaron antecedentes en la biblioteca de la Secretaría de Minería de la Provincia de Catamarca.

El complejo volcánico Farallón Negro aflora de manera discontinua en un área de 700 km² formalmente asignado al Grupo Farallón Negro. Comprende una serie de stocks y diques hipabisales que forman parte de la suite intrusiva Farallón Negro que intruye a la sucesión volcánica principal, estrato volcán Farallón Negro (Sasso 1997). Los flujos de dacitas, andesitas y brechas del estratovolcán principal se acumularon desde el centro de emisión en el área de Alto de La Blenda.

Los centros intrusivos y volcánicos adyacentes de cerro Atajo, Agua Rica y Vis Vis-San Lucas evolucionaron concurrentemente con el estratovolcán de Farallón Negro.

Tabla III.1.1: Síntesis descriptiva de la actividad de los emprendimientos y prospectos mineros.

MINA	SUBCUENCA	TIPO EXPLOTACIÓN	LABORES	TRATAMIENTO
Bajo La Alumbarrera	Vis Vis-Amanao	A cielo abierto	Pit principal y el complementario: El Durazno. Dique de colas y numerosas escombreras	Flotación
Farallón Negro	Belén-Agua del Dionisio	Subterránea	Cinco niveles de galería.	Flotación Cianuración
Cerro Atajo	Vis Vis-Amanao	Subterránea	Numerosos destapes y chiflones activos hasta 1936. Cortavetas Carmen Norte y Carmen Sur. Antiguo cablecarril de cargas de minerales caídos durante transporte por el campo del ingenio Del Arenal.	Pirquino y en la actualidad en proceso de estudio
Agua Rica	Candado-Andalgalá	Prefactibilidad aprobada	67.700 m de sondeos y 350 m de túneles	
Bajo Agua Tapada	Belén-Agua del Dionisio	Exploración	Perforaciones: 206 m de sondeo. Chiflón de 28 m (1948-1949).	
Las Pampitas	Vis Vis-Amanao	Prospección	Dos sondeos exploratorios.	
San Lucas	Vis Vis-Amanao	Exploración	Sondeos exploratorios y piques.	
Capillita	Campo del Arenal	Subterránea	Numerosos labores, escombreras y edificaciones abandonadas. Pasivo Ambiental Minero.	Abandonada

III.1.3 BAJO LA ALUMBRERA

La mina está emplazada en las cabeceras de la cuenca del arroyo Vis Vis-Amanao, departamento Belén, distrito Hualfín; en el complejo volcánico Farallón Negro, de edad Miocena-Pliocena. Presenta un cuerpo central intrusivo o stock de pórfido dacítico principal (Proffett 2003) y registra una sucesión de episodios intrusivos con facies de alteración asociadas. La mineralización de Cu-Au-Mo consiste en calcopirita pirita y magnetita y se presenta como disseminación y venillas asociadas a la alteración potásica central temprana.

La producción de acuerdo a los datos del Informe de sostenibilidad del año 2016, son:

- Concentrado de cobre y oro: 321.979 t
- Onzas de oro dore: 25.715 onzas troy
- Concentrado de molibdeno: 957 t



Figura III.1.2: Vista panorámica de Bajo La Alumbraera.

Síntesis del proceso minero industrial

Se extrae mineral a cielo abierto a través de un rajo u *open pit* principal de dimensiones y uno complementario denominado Bajo del Durazno. Se explota en bancos de 17 m de altura. Las grillas de voladura se perforan con perforadoras y se extrae el mineral con palas cargadoras eléctricas de 80 t por baldada. El transporte desde la mina hacia el chancador primario y pilas se realiza con camiones caterpillar 493 de 240 t de capacidad.



Figura III.1.3: *Open pit* de Bajo La Alumbraera.

Trituración: El mineral que sale de la mina, va al triturador primario. Aquel que no cumple con los requisitos de la ley de corte, se acumula en pilas de mineral en función de su contenido metálico. Aparte del mineral de alta ley que va al triturador, existen dos calidades extra de mineral que son los de media y baja ley, acopiados en pilas diferentes cercanas a la escombrera principal. Estos minerales serán tratados en el futuro, antes del final de vida de la mina.

A la salida del triturador, el 80% del material posee una granulometría inferior a 200 mm y el mismo se envía a través de dos cintas transportadoras a las pilas de acopio. Dichas cintas poseen un sistema de supresión de polvo que consiste en el rociado de agua al mineral.

La pila de acopio cumple la función de asegurar la alimentación continua al circuito de molienda, absorbiendo las fluctuaciones del proceso productivo. Además, el triturador está equipado con un martillo hidráulico para romper los bloques más grandes y con un sistema de aspiración de polvo para minimizar las emisiones a la atmósfera. Los finos recolectados son enviados junto con el mineral triturado al circuito de molienda.

Molienda: Los molinos son alimentados desde la pila de alimentación que tiene una capacidad de 80.000 m³ y alimenta por gravedad, a través de compuertas horizontales a las cintas transportadoras que trasladan el mineral bruto a los molinos SAG.

Se minimizan las emisiones a la atmósfera a través de un sistema de supresión de polvo con el agregado de agua reciclada, proveniente de sistema de manejo de colas al molino SAG, logrando una suspensión (disminución) del 65 al 70% de sólidos.

Los molinos son recipientes cilíndricos donde al girar, las bolas de acero de 127 y 134 mm pulverizan el mineral. La corriente de producto saliente del molino SAG es enviada a las cajas de alimentación de los hidrociclones, donde hay tres bombas, dos activas y una de reserva. Estas dirigen el flujo a los hidrociclones. Allí se realiza una separación por fuerza centrífuga, las partículas más finas flotan por efecto del movimiento y son enviadas a la flotación primaria; y las más gruesas van a los dos molinos de bolas, cuya diferencia respecto a la anterior está en la mayor relación entre longitud y diámetro y en mayor cantidad de bolas de acero por peso unitario de suspensión. A raíz de eso se obtiene una trituración más fina, del orden de los 175 micrones, para el 80% de la descarga del ciclón.

La descarga entra a la misma tolva de alimentación de los hidrociclones y se repite el circuito. Cabe señalar que entre los hidrociclones y los molinos de bolas existe una toma de parte de la corriente para ser enviada a una zaranda vibratoria y dos concentradores Knelson, que separan la fracción de triturado destinada a alimentar la planta de producción de oro.



Figura III.1.4: Planta de tratamiento de Mina Alumbraera.



Figura III.1.5: Tratamiento de mineral.

Flotación y espesamiento: La concentración se realiza utilizando un circuito convencional de flotación, el cual consiste en agregar agua y reactivos a la roca triturada y molida, formando una suspensión. Al introducir el aire en la suspensión se promueve la flotación de los minerales que contienen cobre, separándolos del resto. La corriente de pulpa proveniente de la trituración entra a cuatro filas de ocho celdas de flotación.

Se introduce aire por el fondo y se agregan aditivos que favorecen la adherencia del mineral contenido de cobre a las burbujas de aire que se mueven del fondo a la superficie. También se agregan espumígenos, para retener la espuma superficial de los minerales de cobre y poder seguir con su procesamiento. Después de la separación, la suspensión de gravillas finas en agua con mineral no recuperable económicamente (comúnmente definida como colas) es enviada al sistema de manejo de colas.

A la corriente proveniente del sistema de flotación, se agrega el floculante y se mantiene en movimiento la suspensión para lograr un espesamiento uniforme. El flujo inferior con mineral concentrado se envía a los dos tanques de 2.000 m³ de alimentación del mineraloducto, mientras que el flujo superior vuelve al comienzo del proceso general, a juntarse con la descarga de los molinos SAG. Existe una pileta de emergencia de 4.000 m³ para contener todos los excesos de caudales que se pudieran crear.

El circuito de recuperación de oro, cuyo material de alimentación es un concentrado por gravedad, se realiza mediante el proceso de producción de tipo *semi-batch*, que consiste en una serie de etapas que pueden ser operadas en forma independiente. Estas etapas se pueden resumir en:

- Descarga de los concentradores Knelson en un filtro de impurezas que descarga en un tanque concentrador de fondo cónico.
- Separación magnética, separando material magnético del no magnético en tanques con agitadores.
- Separación por gravedad del material no magnético utilizando tablas vibratorias.

- Fundición del concentrado para producir el metal doré apto para la comercialización.



Figura III.1.6: Vista de la planta de tratamiento.

Sistema de Manejo de Residuos: Los residuos resultantes del proceso industrial minero son:

- Estériles que se disponen en escombreras y
- Colas que se disponen en el dique de colas.

El sistema de disposición debe adoptar las medidas de prevención para evitar drenaje ácido de roca (DAR) tanto en escombreras, como en diques de colas evitando el contacto de materiales con sulfuros con oxígeno y agua de lluvia.

Para ello se utiliza un sistema de cobertura que permite almacenar y liberar la humedad, de modo que limita el acceso de agua de lluvia hacia el interior de las instalaciones. Se trata de material inerte extraído del *open pit* -para el caso de las escombreras- y de la zona de Tampa Tampa -para el dique de colas-, que se colocan sobre estos dos componentes para evitar el DAR.

Escombreras: Las escombreras están constituidas por rocas estériles que son el producto residual de proceso de molienda y trituración. Posee granulometría gruesa y se disponen según parámetros de estabilidad de talud.



Figura III.1.7: Escombreras de Bajo La Alumbraera.

Dique de colas. Sistema de manejo de colas (SMC): Las colas constituyen el material residual de la extracción de los minerales en el proceso de flotación, son transportadas por gravedad a través de un ducto y descargadas en el dique de colas, donde los sólidos sedimentan y el agua se infiltra y/o evapora. La recuperación de agua depende de la tasa de evaporación que en promedio es de 1.300 mm/año.

El sistema de manejo de colas (SMC) consiste en un dique de colas y una laguna de captación de drenajes (LCD) de unos 910 ha. La filtración que pasa por la base del SMC, los extremos del dique y la que proviene de los sistemas de drenaje se recoge en la laguna de captación de drenaje. Toda esta agua es captada por bombas y re-bombeada al dique de colas. Se ha sobredimensionado un 100% la capacidad de bombeo y se ha dotado de un suministro de energía de reserva. La laguna se mantiene con un bajo nivel de agua, para permitir el almacenamiento de agua si el bombeo está fuera de servicio en forma temporal, o proporcionar almacenamiento de compensación para el escurrimiento proveniente de grandes tormentas hasta que las bombas desagoten las lagunas.

El dique y la laguna de captación de drenajes están separados del escurrimiento de agua limpia que se produzca en las dos cuencas de drenajes ubicadas al este, por medio de obras de derivación de agua pluvial. Estas estructuras desvían las corrientes provenientes de la cuenca hacia un punto de descarga aguas debajo de la laguna de captación de drenajes.

El diseño del SMC fue realizado considerando márgenes de seguridad para los escenarios más desfavorables considerados propios de los embalses (terremotos, crecidas, inundaciones, etc.).



Figura III.1.8: Dique de colas de La Alumbraera.

Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

La empresa implementa con 54 programas de control ambiental de *pit*, escombreras y demás instalaciones, de los cuales 12 corresponden al Plan de Cierre. Se monitorea la calidad de aire, calidad de agua, metales traza, niveles del agua de las instalaciones principales, biodiversidad, estabilidad de taludes, estabilidad y temperatura de escombreras de material estéril.

Se realiza análisis ABA en escombreras y *pit*. La empresa monitorea mensualmente el agua en el predio en los mismos sectores. Además, se realiza un monitoreo trimestral en Campo del Arenal y en el arroyo Vis Vis, a través de 5 estaciones ubicadas aguas abajo del dique de colas, a cargo de la empresa y la Secretaría de Minería de la provincia. Se miden metales traza cada 15 días: Cu, Au, Mn, Mn, Mo, Ba y Fe en laboratorio externo.

Las pruebas de lixiviación realizadas evidencian capacidad de formación de drenajes ácidos por parte de las rocas estériles como de las colas, aunque ninguna roca testeada contenía concentraciones de metales extractables potencialmente tóxico para los seres humanos (Informe de Impacto Ambiental – IIA-, 2012 tercera actualización).

El sistema de gestión ambiental está certificado de acuerdo con la Norma ISO 14001, para el control de las operaciones en el sitio de mina y en las áreas externas: la planta de filtros en Tucumán, el transporte de concentrado por tren y la carga del concentrado en Santa Fe. Además, certifico ISO 9001 (2011) para el sistema de Gestión de la Calidad en la toma de muestras de agua o suelo.

Sistema de monitoreo de agua: Los sistemas de monitoreo del depósito de colas comprende lo siguiente:

- Mediciones de la presión del poro con piezómetros vibratorios en la fundación de la cuenca de colas, el relleno del terraplén, drenajes del terraplén y drenajes de la fundación.
- Medición de la presión de poro con piezómetros vibratorios en el relleno y en la fundación de la laguna de captación de drenaje (LCD)
- Mediciones del nivel de agua en los pozos de monitoreo y pozos de retrobombeo profundos en las cercanías de los depósitos de colas y de la laguna de captación de drenajes.
- Mediciones del caudal procedentes del drenaje de la cara del dique, el drenaje de la fundación y los drenajes aguas debajo de la laguna de captación de drenaje. Estos flujos también fueron

controlados para asegurarse de que permanecieran limpios.

- Mojones de sedimentación en el terraplén de la laguna de captación de drenaje.

Adicionalmente, cada vez que se produce un sismo en la zona se chequean estos parámetros para asegurar la operación.

Gestión y Uso del agua: El abastecimiento de agua para el proceso proviene de la cuenca de Campo del Arenal, ubicada en el departamento Santa María, provincia de Catamarca. Allí se desarrolla un acuífero libre de gran potencia, que almacena agua proveniente de las sierras que rodean a la cuenca. Se extrae mediante 8 pozos profundos en el sector sudoeste de la cuenca, y se transporta por un acueducto de 21 km que descarga en un dique de agua fresca situado en el área de operaciones de la mina. La extracción se restringe a este sector y no tiene influencia en la disponibilidad del agua de las comunidades cercanas, ni en los caudales de agua superficial de los ríos aledaños a la cuenca. Los monitoreos trimestrales y semestrales de los niveles de agua subterránea en los pozos confirman los resultados obtenidos de los modelos predictivos en relación con la magnitud de la depresión y de los tiempos de recuperación del acuífero. Aproximadamente cada 5 años se realiza la recalibración del modelo matemático con la incorporación de toda la información obtenida en ese período: niveles y calidad de agua, caudales de extracción de los pozos y de los cursos de agua superficial que ingresan a la cuenca y alimentan al acuífero allí desarrollado.

Para optimizar el uso de agua la operación es un ciclo cerrado, es decir que no genera descargas fuera del sitio de mina. Toda el agua proveniente del proceso de concentración se reutiliza. Aproximadamente 70% del agua que se utiliza en el proceso de concentración de mineral se recupera a través del sistema de retrobombeo ubicado aguas debajo de la laguna de captación de drenajes (LCD) del dique. No se realiza ningún tipo de descarga al sistema fluvial, ni a los acuíferos ubicados aguas abajo del sitio de operaciones. La única salida de agua del sistema es para el transporte de concentrado por el mineraloducto, para lo cual se utiliza 2,5% del volumen de agua fresca.

Los sistemas de recuperación se optimizan por medio de pozos y piletas para lograr la disminución del consumo de agua fresca. La mayor y única pérdida de agua se produce por la elevada evaporación, por ser una zona árida con bajas precipitaciones, principalmente en superficies de agua libre tales como dique de colas y dique de agua fresca.

Consumo de agua En 2016 el consumo total promedio de agua en la planta concentradora ascendió a 1.833 l/seg de agua recuperada y 675 l/seg de agua fresca. El consumo permitido por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Catamarca es de 800 l/seg. Esto marca un menor consumo frente a los niveles de años anteriores, principalmente debido a la mayor disponibilidad de agua recuperada por el sistema de retrobombeo. También hay un descenso del consumo de agua debido a un menor volumen de procesamiento de mineral. El volumen de agua que se utiliza en la producción es variable a lo largo del año. Se observan diferencias en el consumo de agua fresca en relación con la molienda, debido a los volúmenes y características diferentes del mineral de Bajo el Durazno (BED). Durante 2016 el volumen de precipitaciones anual estuvo por debajo del promedio. El consumo de agua fresca estuvo en relación con los tonelajes de molienda de mineral, con la excepción del último semestre del año en que el mineral del yacimiento de BED fue mayoritario y los consumos de agua fresca se mantuvieron a pesar de una menor molienda. Esto se debe a que ese mineral requiere para su molienda un mayor consumo de agua por sus características. Asimismo, la evaporación condicionó la disponibilidad de agua en el dique de colas. Por ello, fue necesario mejorar los promedios de agua recuperada, a fin de no aumentar el consumo de agua fresca.

Mineraloducto

El concentrado final se transporta por un mineraloducto de 316 km hasta la planta de filtros ubicada en Cruz del Norte, Tucumán. Se trata de un caño de acero de 175 mm de diámetro, con un revestimiento interior de polietileno de alta densidad.



Figura III.1.9: Mineraloducto.

El mineraloducto recorre los siguientes puntos: Mina, Vis Vis, Ampujaco, Andalgalá, Las Estancias, Cumbres Santa Ana; Alpachirir; Concepción, Ruta 38 y Cruz del Norte.

A fin de que el ducto pueda sortear los 2.500 m de altura de las cumbres, se utilizan tres estaciones de bombeo (PS) que proporcionan al concentrado la energía necesaria para alcanzar su destino y dos estaciones de válvulas (reductoras de presión) a lo largo de la traza. Las primeras generan la presión necesaria (2.000 a 2.500 psi) para transportar el concentrado según el desnivel del terreno y las estaciones de válvulas están ubicadas sobre las pendientes cuesta abajo para controlar el caudal y prevenir la excesiva presión del ducto. La PS1 se encuentra en la mina, mientras que la PS2 y PS3 están en las cercanías de Andalgalá.

El mineraloducto cuenta con un sistema de comunicación por fibra óptica que se extiende desde la mina hasta la planta de filtros y pasa por las estaciones de bombeo y de válvulas. Este sistema permite controlar el ducto en tiempo real desde las distintas estaciones y proporciona información operacional a la sala de control (ubicada en la estación de bombeo PS2). Además, cuenta con un sistema auxiliar de control satelital que permite seguir operando el ducto con total seguridad, aun con un corte en la fibra óptica.

El mineraloducto ha sido diseñado, para amortiguar impactos y retener el concentrado en caso de rotura, así como para resistir la corrosión. Como protección adicional en las vías de agua, las bridas se han colocado a una distancia mayor de 0,5 km del cruce de los ríos y el espesor del ducto se ha incrementado. Otra característica del diseño es la colocación de discos de rotura en la terminal y en la estación de bombeo N° 2. En caso de bloqueo del mineraloducto, los discos de rotura liberan el concentrado a instalaciones de contención. Además, posee sensores para medir la presión que alertan

al operario en caso de una caída en el nivel de presión. Esto permitirá ante el surgimiento de problemas, la aplicación inmediata de los procedimientos de emergencia y minimizar los impactos.

CIERRE DE MINA

El cierre está estimado para el año 2019. La meta principal del cierre es reducir o eliminar los impactos generados por la actividad industrial de la mina, asegurando una condición de sitio seguro, sin riesgos para la salud de las personas y el medio ambiente.

En 2016 la empresa presentó el Plan de Cierre a la Secretaría de Minería de Catamarca, en el marco de la Resolución SEM N° 396/16, que regula específicamente el cierre de las labores e instalaciones mineras en dicha provincia.

Hay tres instalaciones principales a considerar para el cierre de mina:

- Escombreras
- Dique de colas
- Tajo a cielo abierto (*open pit*)

En el caso de dique de colas y escombreras el principal riesgo identificado es la generación de drenajes ácidos formados por el contacto de agua de lluvia con los sulfuros contenidos en los estériles y colas. Este fenómeno se puede evitar minimizando el ingreso de agua a los depósitos que oxidan los materiales sulfurosos. Esto preserva la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

El cierre final prevé un sistema de encapsulamiento de escombreras que consiste en depositar el material estéril según parámetros de estabilidad de talud. El sistema de cobertura elegido funciona como una esponja que almacena humedad de las precipitaciones durante la época de lluvia y la libera en los periodos secos. De esta manera, se evita el ingreso de agua hacia el interior de la instalación, disminuye el polvo en suspensión y favorece la generación de un sustrato adecuado para el crecimiento de la vegetación autóctona que se sembrará sobre la cobertura. En forma complementaria el programa de revegetación contempla los objetivos de rehabilitación del suelo, restauración del paisaje, fijación de suelos, inhibición de procesos erosivos y mejoras en el hábitat en general. Se utilizarán plantines y semillas en áreas del dique de colas y escombreras con especies del lugar. Las especies son gramíneas y arbustivas nativas, adaptadas a las condiciones de clima y suelo del área de la mina.

Sistema de retrobombeo: El sistema de retrobombeo cuenta con pozos ubicados aguas abajo del dique de colas. Su función es devolver el agua que escurre del dique al proceso productivo para ser reutilizada, lo cual reduce el consumo de agua fresca. Este sistema se mantiene en el cierre y post cierre por un período aproximado de 8 años hasta que drene el agua contenida en el dique de colas. El agua que se siga recuperando como drenaje de las colas se enviará a una pileta de evaporación ubicada en la superficie del dique. Luego de un período mínimo de 5 años se estima que el drenaje de agua de las colas cesará y se iniciará la cobertura de la superficie del dique.

Cierre del *pit*: En el *pit* aflora agua subterránea proveniente de las fracturas de las rocas que se extraen en el avance de la explotación. Esta agua se extrae por medio de un sistema de bombas y es utilizada para riego de caminos, como supresor de polvos. La calidad del agua refleja el medio mineralizado en el que se encuentra contenida, con elevados tenores de hierro y sulfatos, PH neutro, levemente corrosiva.

Cuando se interrumpa las operaciones de bombeo, en el cierre de mina, se formará una laguna terminal. Estará formada por agua del acuífero de roca, lluvia y escorrentías superficiales dirigidas al *open pit*. En 10 años podría alcanzar su máximo nivel hasta equilibrarse en 200 años con una calidad de agua semejante a la línea de base. El modelo hidroquímico pronostica que tendrá un PH neutro (6,5) por lo que no serán aguas acidas (Informe de Impacto Ambiental -IIA-, 2012. Tercera actualización).

El agua de la laguna nunca abandonará el tajo y actuará como una fuente de recepción de agua subterránea, tendrá una profundidad de 160 a 200 m. Por lo tanto, no aportará agua al acuífero regional. Este comportamiento es controlado por la alta evaporación que tiene lugar en Alumbraera (Informe de Impacto Ambiental –IIA-, 2012. Tercera actualización).

Desde el punto de vista de la seguridad de personas o animales se definieron zonas de cierre perimetral de bermas que se pondrán una vez finalizada la explotación. También habrá cerramientos con alambrados en las entradas principales a la mina y a las rampas de ingreso junto con cartelería de advertencia.

III.1.4 FARALLON NEGRO

El Complejo Minero Industrial Farallón Negro se localiza en la subcuenca Belén-Agua del Dionisio, en la concesión minera de Yacimientos Mineros Agua del Dionisio (YMAD), distrito minero Hualfín departamento de Belén. Se encuentra en producción desde fines de la década del setenta, obteniéndose como producto final una aleación metálica (*bullion*) que contiene oro y plata. Este material se refina en la planta de YMAD ubicada en San Fernando del Valle de Catamarca, de donde se obtiene ambos metales en estado comercializable.

El complejo volcánico Farallón Negro comprende 2 sistemas vetiformes: Farallón Negro - Alto de La Blenda y Capillitas. Emplazado en brechas andesíticas y en un stock monzonítico de Alto de La Blenda. Se interpreta como un depósito epitermal de baja sulfuración (Sillitoe, 1989), caracterizado por una alteración sericitica intensa de la roca de caja.

La mineralización de Farallón Negro y Alto de La Blenda se presenta en sistema de vetas, consiste en oro-plata y manganeso, sobre una base menor de sulfuros de metales básicos. En la veta Farallón Negro hay evidencias de un pulso cercano de galena y manganoclasita seguido por carbonatos de manganeso, rodocrosita y manganoclasita. El oro libre se presenta recubriendo cavidades y está también asociado con zonas de abundante pirita.



Figura III.1.10: Planta de tratamiento de Farallón Negro.

Laboreo: La extracción de mineral se realiza en la actualidad utilizando técnicas de minería subterránea, con el método de corte y relleno. Se extrae mineral en la mina Alto de La Blenda, veta Esperanza y Esperanza Sudeste, mientras que una menor proporción de mineral se obtiene de la mina Farallón Negro y veta Encuentro (en desarrollo). Esto significa que el espacio vacío que deja el retiro de material se rellena con material estéril. Dentro del rajo se perfora con un jumbo de un brazo electrohidráulico y el movimiento del mineral volado y la distribución del relleno se hace por medio de palas cargadoras de bajo perfil (LHD). El mineral se vuelca en chimeneas que en la parte inferior cuenta con un sistema de buzón que permite la carga directamente sobre camiones. El relleno en su gran mayoría proviene de superficie, también ingresa por chimeneas y luego se distribuye en los rajos.

El Alto de La Blenda es un sistema de vetas con una extensión de 2 km, fue desarrollado por medio de 3 niveles que se comunican con superficie e intercomunicados con un cuarto, quinto y sexto nivel, al actual se accede mediante rampas, que utilizadas para la evacuación de mineral y abastecimiento de insumos.

Tratamiento de beneficio: se lleva a cabo 2 tipos de tratamiento para el beneficio del mineral:

- Cianuración por agitación: la planta funciona con capacidad instalada para tratar 320 t/día aprox./. En el lugar se obtiene un *bullion* de Au que contiene 85% de Ag y 10% de Au y el resto son impurezas.
- Lixiviación en pilas: para mineral de baja ley. Desde 1986 se trata el mineral de baja ley mediante lixiviación de pilas (Alderete 1999).

Previo al inicio del riego de la pila, el mineral permanece en el orden de 72 horas en proceso de maduración. El proceso de lixiviación en la pila demanda entre 35 y 45 días.



Figura III.1.11: Pilas de lixiviación de Farallón Negro.

En la actualidad funcionan tres playas, la más antigua tiene una capacidad de procesamiento de 100 tn/día, la segunda (desde el año 1999) con capacidad de procesar 550 Tn/día, mientras que la tercera trata 120 Tn/día.

Playa N° 1: Funciona desde el año 1986, tiene 30 x 110 metros, con una pendiente del 3% hacia el vértice SE. La solución se desplaza por gravedad a una pileta (ancho 16,30 m, largo 25,60 m) y de esta se bombea hasta el sector de precipitación de la planta convencional. Esta impermeabilizada con asfalto especial y cuenta con taludes de protección. La playa se construyó colocando una capa de roca arcillosa compactada (1,50 m de espesor) sobre esta una capa de bentonita (60 a 80 cm), luego va un árido tratado y seleccionado, grava gruesa y por último se alternan capas de arena y alquitrán hasta la capa final de alquitrán que tiene un espesor de 10 a 15 cm.

Playa N° 2: Impermeabilizada con membrana de polietileno de alta densidad y membrana de protección tipo geotex, por encima de la misma tiene una capa de protección de material fino de 40 cm (colas de pilas de lixiviación). Funciona desde el año 2001, tiene ancho 68 m, largo 175 m, con una pendiente del 4% hacia el vértice SO. La solución se desplaza por gravedad a una pileta (ancho 8,80 m, largo 12,70 m) y de esta se bombea hasta el sector precipitación de la planta convencional. Las características del material rocoso sobre el que asientan los materiales de relleno empleados para nivelar la base de las playas corresponden a material andesítico extraído de sectores de derrubio de las laderas próximas. Encima presenta una capa de materiales resultantes de las colas de playas de lixiviación (40 a 60 cm) luego va una capa fina de material del molino de -100 mallas, compactado, para la protección de la membrana, sobre esta última asienta el geotex y por último la capa de 40 cm de grava fina con un 20% de material fino.

Playa N° 3: impermeabilizada con membrana de polietileno de alta densidad membrana de protección tipo geotex, por encima de la misma tiene una capa de protección de material fino de 40 cm, pendiente del 3% hacia el vértice NO con un ancho 60 m y largo 170 m. La solución se desplaza por gravedad a una pileta (ancho 19,50 m, largo 23,60 m) y de esta se bombea hasta el sector precipitación de la planta convencional. El sustrato rocoso sobre el que asienta la playa N° 3 es similar al de la playa N° 1 luego se colocó material saliente de planta de proceso (colas de las pilas de lixiviación compactada 1,80 a

2,50 m). Este material es cubierto por material fino procedente del molino en donde se asienta la membrana y luego el geotex, posteriormente va la capa protectora de 40 cm de grava fina con 20% de fino.

La impermeabilización de las playas N° 2 y 3 cuentan con bermas de anclaje, construidas con gravas con un 20% de material fino y además taludes de protección realizados con el mismo material. Ambas están cubiertas con geomembrana de polietileno de alta densidad y membranas de protección tipo geotex. Por encima de estas membranas se disponen capas de material fino (colas de playa de lixiviación) del orden de 40 cm de espesor destinadas a su protección cuando trabajan las palas cargadoras en el lugar. Además, cuentan con un talud de protección en todo el perímetro de la pileta, constituido por material procedente de las colas de playas de lixiviación.

Tanto en la planta convencional, como en el proceso de lixiviación en pilas, para optimizar el uso del agua las soluciones que circulan funcionan en circuito cerrado, esto significa que solamente se agrega agua para remplazar la que se pierde como humedad o por evaporación. Las soluciones cianuradas se tratan conjuntamente utilizando el método Merryll Crowe.

Planta de Refinación: en Catamarca, se obtiene lingotes de Au de 1 kg y Ag en granallas.

IV. IMPACTOS AMBIENTALES

IV.1 PELIGROSIDAD GEOLÓGICA

IV.1.1 OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de peligrosidad geológica es la evaluación de áreas susceptibles a múltiples amenazas naturales, desencadenadas por procesos geológicos activos como la remoción en masa, sismos e inundaciones, y la obtención de un mapa de susceptibilidad final a escala regional 1:100.000.

IV.1.2 METODOLOGÍA

Se elaboró un mapa final en donde se conjugaron tres modelos de susceptibilidad a procesos geológicos:

- I. Remoción en masa
- II. Inundaciones
- III. Sismos

La metodología seguida para la elaboración del mapa de susceptibilidad por procesos de remoción en masa a escala regional consta de dos componentes principales.

IV.1.3 RESULTADOS

IV.1.3.1 SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLOGICA

La identificación y caracterización de los procesos geológicos potencialmente dañinos forman parte de las tareas iniciales más importantes en el contexto de la prevención y mitigación de la gestión del riesgo. La capacidad o potencialidad de que un sector del terreno (unidad geomorfológica) sufra un proceso geológico determinado se define como “susceptibilidad geomorfológica” y el análisis de ésta constituye el paso previo para determinar la peligrosidad geológica de un área determinada. El mapa de susceptibilidad geomorfológica delimita zonas con posibilidad de ser afectadas por procesos geodinámicos. Estos mapas constituyen una herramienta muy importante en la planificación del uso del territorio, especialmente en áreas con relieve montañoso escarpado.

Los procesos morfogenéticos reconocidos en el paisaje con actividad en la actualidad son los siguientes: flujos de detritos, crecientes y anegamientos, deslizamientos, erosión hídrica, caídas de rocas y flujos criogénicos. Existen también algunos procesos ocurridos en épocas geológicas pasadas identificados como avalanchas de roca, afectadas posteriormente por deslizamientos.

La susceptibilidad puede ser clasificada como alta, cuando el proceso geodinámico tiene antecedentes recientes en el paisaje; baja cuando el proceso es poco frecuente en el paisaje y moderada se refiere a un grado intermedio entre las anteriores. La extensión del área estudiada y el reducido tiempo disponible para las observaciones de campo condujo a una evaluación estrictamente cualitativa de los procesos.

Tabla IV.1.1: Criterios para el análisis la elaboración del mapa de susceptibilidad.

PROCESOS	ALTO	MODERADO	BAJO
Caídas de rocas	Elevada cantidad de bloques sueltos, irregulares, grandes, provenientes de las laderas inmediatas. Taludes, escarpas, conos de talud, acumulación de bloques.	Presencia escasa de bloques o con antecedentes históricos puntuales. Se incluyen áreas sin bloques con susceptibilidad de caídas.	Sin presencia de bloques, donde es muy difícil la posibilidad de caídas
Flujos de detritos	Evidencias recientes de acumulación de bloques por flujos de detritos. Abanicos aluviales activos.	Zonas con evidencia escasa de flujos recientes, pero con potencialidad de ocurrencia.	Sin evidencias de flujos y zonas sin potencialidad de ocurrencia.
Crecientes	Zonas con evidencias de inundación por la escorrentía. Presencia de arcillas, playas secas, suelos mal drenados con cauces.	Zonas inundadas con poca frecuencia y escasa magnitud.	Zonas difícilmente inundables.
Deslizamientos	Zonas con evidencias de deslizamientos. Escarpas de arranque, pendientes pronunciadas, rocosas e inestables. Pendientes de cárcavas.	Zonas susceptibles a deslizamientos. Barrancas de ríos y arroyos.	Zonas que difícilmente puedan ser afectadas por deslizamientos.
Erosión hídrica	Zonas con cárcavas activas.	Zonas con susceptibilidad de producirse cárcavas.	Zonas sin cárcavas y sin posibilidad de ocurrencia.
Flujos criogénicos	Zonas con geformas periglaciales con rasgos de inestabilidad. Glaciares de roca activos.	Flujos periglaciales fósiles y estables (inactivos).	Zonas sin flujos periglaciales.

IV.2 IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD MINERA

IV.2.1 INVENTARIOS DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

Los pasivos ambientales mineros (PAM) presentes en el área de estudio son producto del laboreo subterráneo y tratamiento realizado en mina Capillitas. La mina Capillitas es un depósito epitermal de alta sulfuración, ubicado en el flanco oriental de la sierra de Capillitas, integrante del grupo Nevado del Aconquija, en el departamento de Andalgalá, Catamarca.

El depósito está integrado por un sistema de vetas emplazadas en volcanitas del complejo volcánico Farallón Negro y en el granito Capillitas. Se reconocen 19 vetas con longitudes de hasta 800 m y espesores de 10 cm a 1m dispuestas en un área de 4 km².

El yacimiento se ha explotado desde épocas incaicas, a partir del siglo XIX en forma discontinua para la extracción de minerales de cobre y en la última década para la rodocrosita que es comercializada como mineral semiprecioso, siempre a partir de una explotación subterránea mediante piques, galerías y chimeneas.

La mineralogía es compleja, posee más de 120 especies minerales de mineralogía primaria y secundaria y en general con alto potencial de generación de ácido y moderada capacidad neutralizante. Estas condiciones se acentúan fundamentalmente en las vetas La Restauradora, Capillitas, La Rosario, 25 de Mayo, Carmelitas y Nueve como se puede observar en los drenajes de las labores en estos niveles.

IV.2.3.1 Antecedentes

Las labores mineras comenzaron con trabajos a cielo abierto que luego evolucionaron a labores subterráneas. El sector principal de la mina, sector Capillitas-Carmelitas cuentan con 2 galerías, varias chimeneas, piques de exploración. Posee 20 km de galerías en 18 niveles distintos. Actualmente solo un pequeño porcentaje de ese recorrido se encuentra habilitado. Las restantes vetas del depósito cuentan con trabajo subterráneo de longitud diversa que, en su mayoría, se encuentran aterrados o inundados. La Tabla IV.2.1 detalla un inventario de elementos que componen el pasivo minero ambiental relevados por la Sociedad Minera Catamarca (SOMICA).

El depósito ha sido explotado en forma discontinua desde épocas precolombinas, pero luego de los trabajos en la zona de oxidación realizados durante la centuria pasada, los diversos intentos de extracción de cobre llevados a cabo durante el presente siglo encontraron problemas metalúrgicos debido al ineficiente tratamiento de la compleja paragénesis integrada por Cu-Au-S-As-Sb-Pb-Zn-Ag-Bi-Cd. Durante los últimos 50 años, la explotación ha estado casi totalmente restringida a la extracción de rodocrosita, mineral por el cual es conocido a nivel internacional.

Ha cambiado numerosas veces de dueños. El primer registro que se conoce es 1856, cuando la mina perteneció a S. Lafone, quien construyó un establecimiento de fundición en Santa María para procesar mineral de la veta Restauradora, sin éxito. Posteriormente Lafone hijo, suspende las fundiciones de Santa María e hizo construir 9 hornos reverberos en Piciao (50 km de la mina). En Pipanaco existía otra fundición con 4 hornos reverberos de mayor tamaño que los de Piciao, pertenecientes a Carranza y Augier (Molina, según Rickart, 1869 y Stelzner, 1924) en los que se procesaba mineral de la veta La Rosario. El sistema de fundición que se aplicó en ambos establecimientos dio muy buenos resultados y fue ideado por el químico y metalurgista alemán Schickendantz (Rickard 1869).

En 1902, el establecimiento fue adquirido por Capillitas Copper Company. En 1908 paso a la compañía Capillitas Consolated Mines Ltda. y luego fue abandonada durante la Primera Guerra Mundial. En 1917 J. Jorba se apodero de la mayor parte de las pertenencias de esta compañía. Entre los años 1928 y 1930, la mina fue arrendada a la casa Hochschild y Cía. Desde 1931 la firma paso a ser Padroz y Cia. Únicamente siguió la explotación con trabajos de poca extensión e importancia. A fines de 1937 la Cía. Argentina Minera de la Cordillera (CAMICO) arrendo las minas, para extraer rodocrosita y en menor escala cobre cemento (Kittl 1940). Finalmente, desde 1947 hasta la actualidad está a cargo de la Dirección General de Fabricaciones Militares (Angelelli 1941 y Angelelli 1974) quien a partir de 1988 la arrendo a la empresa Minera Argentina que extrae rodocrosita en pequeña escala.

En la actualidad con el acuerdo de la Secretaría de Minería de la Nación y Fabricaciones Militares (FFMM), la Cámara Minera y Energética Sociedad del Estado (CAMYEN) quedó a cargo de la explotación de rodocrosita de Mina Capillitas, que anteriormente estaba en manos de Sociedad Minera Catamarca (SOMICA).



Figura IV.2.1: Locación de una fundición en Pícao.



Figura IV.2.12 Instalaciones abandonadas.



Figura IV.2.13 Horno en la localidad de Pilciao.



Figura IV.2.4: Edificaciones abandonadas.

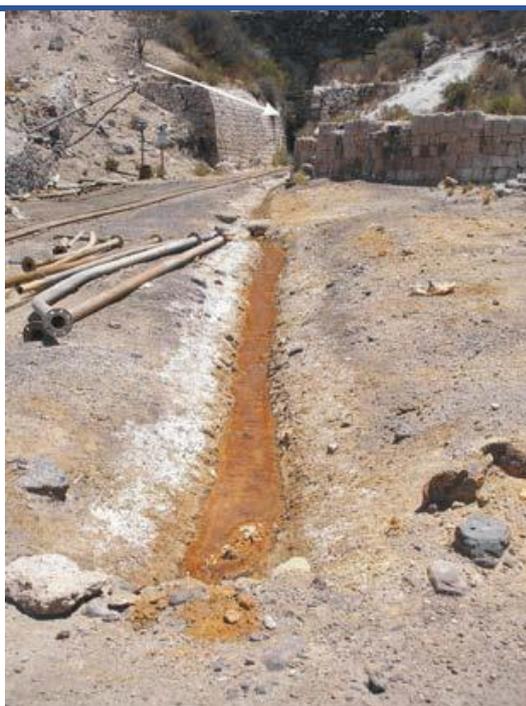


Figura IV.2.5: Drenaje ácido proveniente de una labor de la mina Capillita.

Tabla IV.2.1: Inventario de pasivos ambientales mineros de Capillitas.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
1	Mina	Labor subterránea	Activo	3161	Ortiz	Rio Ortiz	No posee vía de escape habilitada. La escombrera se encuentra sobre el cauce del río
2	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3165	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Labor de vieja data -pique- las escombreras se encuentran sobre el cauce del río
3	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3135	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Construcción de piedra de vieja data. Imposible determinar el uso
4	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3134	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Construcción de piedra de vieja data. Imposible determinar el uso
5	Pileta	Instalaciones	Abandonado	3131	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Construcción de piedra de vieja data que podría coleccionar drenajes ácidos
6	Mina	labor subterránea	Abandonado	3126	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Labor de vieja data se presume colapsada interiormente.
7	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3131	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Construcción de vieja data que podría pertenecer a una herrería
8	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3128	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Labor de vieja data se presume colapsada interiormente.
9	Escombrera	Depósito	Abandonado	3125	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Escombrera principal de mina Restauradora. De grandes dimensiones y en contacto con el Río Ortiz. Hace presumir grandes procesos de lixiviado con las precipitaciones locales que drenan por dicha cuenca.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
10	Escombrera	Depósito	Abandonado	3115	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Nivel 2 de la escombrera ppal. Idem al pasivo Nº 13
11	Pileta	Instalaciones	Abandonado	3115	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Idem al pasivo Nº 5
12	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3103	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Labor de vieja data se presume colapsada interiormente.
13	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3110	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Se presume antiguo complejo habitacional.
14	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3159	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Se presume antiguo complejo habitacional.
15	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3103	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Imposible determinar funcionalidad
16	Escombrera	Depósito	Abandonado	3143	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicada en nivel superior de Mina Restauradora. Corresponde a labores escalonadas a diferentes niveles. Los drenajes por lixiviación natural ocurren hacia la cuenca del Rio Ortiz
17	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3143	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Observaciones idénticas al pasivo Nº 16
18	Escombrera	Depósito	Abandonado	3159	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Idem al Pasivo Nº 16
19	socavón	Labor subterránea	Abandonado	3161	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Socavón colapsado
20	pileta	Instalaciones	Abandonado	3149	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Idem al pasivo Nº 5
21	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3190	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Sin perimetrar la boca del pique. Las escombreras están ubicadas en la línea del drenaje del Rio Ortiz
22	Flora y fauna	Entorno		3190	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Alteraciones en las coberturas y densidades existentes en el paisaje en Gral. No se observa alteración en la vegetación.
23	Socavón y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3156	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Idem al pasivo Nº 21
24	Escombrera	Depósito	Abandonado	3156	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicada por encima del nivel de la escombrera principal de mina Restauradora.
25	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3155	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Pique sin demarcaciones ni limitaciones. Presenta estructura de izaje destruida dentro del mismo. Se observa colapsamiento interior
26	pique	Labor subterránea	Abandonado	3164	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Pique sin demarcaciones ni limitaciones. Se observa el colapsamiento interior.
27	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3167	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Sin perimetrar la boca del pique. Las escombreras ubicadas en la línea del drenaje del Rio Ortiz
28	Escombrera	Depósito	Abandonado	3177	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicada por encima del nivel de la escombrera principal de la mina Restauradora.
29	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3184	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Sin perimetrar la boca del pique. Las escombreras están ubicadas en la línea del drenaje del Rio Ortiz.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
30	Escombrera	Depósito	Abandonado	3224	Mina Restauradora	Rio Ortiz	La escombrera ubicada en la línea de drenaje del Rio Ortiz.
31	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3225	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicado en el nivel superior de Mina Restauradora. Corresponde a labores alineadas a diferentes niveles. Los drenajes por lixiviado natural escurren hacia la cuenca del Rio Ortiz.
32	Escombrera	Depósito	Abandonado	3257	Mina Restauradora	Rio Ortiz	La escombrera está ubicada en línea de drenaje del Rio Ortiz.
33	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3267	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Socavón colapsado.
34	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3273	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Antigua construcción de piedra pircada, sin cemento de unión.
35	Socavón y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3292	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicado en el nivel superior de la mina Restauradora. Corresponde a niveles escalonados a diferentes niveles. Los drenajes por lixiviado natural escurren hacia la cuenca del rio Ortiz.
36	Flora y Fauna	Entorno		3308	Mina Restauradora	Rio Ortiz	No se observan alteraciones en la vegetación. Afectación en las coberturas y densidades existente en el paisaje general (áreas cumbrales).
37	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3313	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Ubicado en nivel superior de mina Restauradora. Corresponde a labores alineadas a diferentes niveles. Los drenajes por lixiviado natural escurren hacia la cuenca del rio Ortiz.
38	Socavón y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3293	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Idem pasivo Nº 37
39	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3287	Mina Restauradora	Rio Ortiz	Pique sin delimitaciones. Ubicado en nivel superior de mina Restauradora. Corresponde a labores escalonadas a diferentes niveles. Los drenajes por lixiviado natural escurren hacia la cuenca del Rio Ortiz.
40	edificio	Instalaciones	Abandonado	3285	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Construcción de piedra de vieja data. Paredes derruidas. Imposible determinar el tipo de uso.
41	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3262	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Pique no demarcado. Ubicado en nivel superior de mina Restauradora. Los drenajes por lixiviado natural escurren hacia la cuenca del Rio Ortiz.
42	Dique para agua	Instalaciones	Abandonado	3262	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Dique construido con la finalidad de embalsar agua para distribuirse por canales a diferentes niveles de piletas en

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
							el área de explotación de mina Restauradora.
43	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3259	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Pique no demarcado. Ubicado en nivel superior de mina Restauradora. Los drenajes por Lixiviados natural escurren hacia el dique de la Restauradora y posteriormente a la cuenca del rio Ortiz.
44	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3265	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Pique no demarcado. Ubicado en nivel superior de mina Restauradora.
45	Escombrera	Depósito	Abandonado	3265	Dique Restauradora	Rio Ortiz	La escombrera está ubicada en el área del drenaje del dique de la restauradora.
46	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3260	Dique Restauradora	Rio Ortiz	Se presume antiguo complejo habitacional construido en piedra pircada.
47	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3282	Mina Rosario - San Salvador	Arroyo Rosario	Pique ubicado por encima de mina Rosario, por su magnitud representa un área de peligrosidad para caminantes o bien para animales que circulan por el lugar.
48	Escombrera	Depósito	Abandonado	3263	Mina Rosario - San Salvador	Arroyo Rosario	Constituye una de las escombreras de mayor dimensión de mina Capillitas. Se presumen drenajes ácidos que escurren hacia arroyo Rosario.
49	Escombrera	Depósito	Abandonado	3260	Ramón Ríos	Arroyo Ramón Ríos	Constituye una escombrera de reducidas proporciones.
50	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3194	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Pique de reducidas dimensiones ubicadas en la cuenca del rio Ramón Ríos cuyas aguas drenan al rio Santa Rita.
51	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3190	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Pique y escombrera de reducidas dimensiones ubicados en la cuenca Ramón Ríos cuyas aguas drenan al rio Santa Rita.
52	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3191	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Pique de reducidas dimensiones ubicadas en la cuenca del rio Ramón Ríos cuyas aguas drenan al rio Santa Rita.
53	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3170	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Edificaciones muy antiguas construidas en piedra pircada con usos habitacional.
54	Escombrera	Depósito	Abandonado	3155	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Constituye una escombrera de reducidas proporciones.
55	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3154	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Labor de vieja data. Se estima colapsada en su interior.
56	pique	Labor subterránea	Abandonado	3101	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Labor de vieja data. Se estima colapsada en su interior.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
57	Escombrera	Depósito	Abandonado	3105	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Escombrera ubicada en área de drenaje de la cuenca de Ramón Ríos.
58	Pique	Labor subterránea	Abandonado	3170	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Pique sin delimitaciones. Constituye un peligro para la circulación de animales.
59	Escombrera	Depósito	Abandonado	3177	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Escombrera de grandes dimensiones que evidencia procesos de carcavamiento y lavados que drenan hacia el río Santa Rita.
60	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	3163	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Socavón de magnitud importante (aprox 10 m de diámetro) colapsado totalmente.
61	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	3193	Ramón Ríos	Aº Ramón Ríos	Pique sin delimitaciones. Constituye un peligro para la circulación de personas y animales.
62	Edificio	Instalaciones	Abandonado	3127	Mina Rosario - San Salvador	Aº Rosario	Construcción con piedra picada de vieja data de probable uso habitacional.
63	Mina (galería?)	Labor subterránea	Abandonado	3128	Mina Rosario - San Salvador	Aº Rosario	Corresponde a uno de los yacimientos más importante de Mina Capillitas. Completamente colapsado.
64	Escombrera	Depósito	Abandonado	3124	Mina Rosario	Aº Rosario	Constituye una de las escombreras de mayor dimensión de mina capillitas. Se observan procesos de carcavamiento en los frentes de la misma.
65	mina	Labor subterránea	Abandonado	3069	Mina San Salvador	Aº Rosario	Labor importante. El socavón no presenta procesos de colapsamiento.
66	Escombrera	Depósito	Abandonado	3073	Mina San Salvador	Aº Rosario	Escombrera de gran dimensión.
67	Chimenea	Labor subterránea	Abandonado	3085	Campamento central	Río Ortiz	La chimenea corresponde a ventilación y vía de escape de mina Carmelita. No posee delimitación y protección perimetral.
68	Escombrera	Depósito	Abandonado	3083	Campamento central	Río Ortiz	Se observan influencias del drenaje ácido generado por las precipitaciones aguas debajo del límite mayor de esta escombrera.
69	chimenea	Labor subterránea	Activo	3194	Ortiz	Río Ortiz	La chimenea corresponde a ventilación y vía de escape de mina Ortiz. De muy difícil acceso.
70	Cauces afectados	Entorno		3085	Ortiz	Río Ortiz	A simple vista se observan concentraciones sulfurosas en el lecho del cauce.
71	mina	Labor subterránea	Abandonado	3035	Ortiz	Río Ortiz	Corresponde a mina Santa Luisa. Explotación de vieja data, inspeccionada por Fabricaciones Militares.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
72	Escombrera	Depósito	Abandonado	3027	Ortiz	Rio Ortiz	En la actualidad solo se observan relictos de la escombrera por remoción en el cauce del rio Ortiz.
73	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	2962	Ortiz	Rio Ortiz	Socavón de vieja data Posee importante drenaje interior.
74	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	2849	Ortiz	Rio Ortiz	Socavón de vieja data. Posee importante drenaje interior.
75	Escombrera	Depósito	Abandonado	2954	Ortiz	Rio Ortiz	Esta escombrera influencia la acidificación del cauce del rio Ortiz.
76	Escombrera	Depósito	Abandonado	2951	Ortiz	Rio Ortiz	Esta escombrera influencia la acidificación del cauce del rio Ortiz.
77	mina	Labor subterránea	Abandonado	2915	Ortiz	Rio Ortiz	Mina sin nombre. Explotación de vieja data.
78	Socavón	Labor subterránea	Abandonado	2920	Ortiz	Rio Ortiz	Labor minera de vieja data. No posee referencias.
79	Pique	Labor subterránea	Abandonado	2939	Campamento central	Rio Ortiz	Explotación de vieja data.
80	mina	Labor subterránea	Abandonado	2893	Planta FM	Rio Ortiz	Antigua explotación de oro. Nivel 0 completamente inundado
81	Pique y escombrera	Labor subterránea	Abandonado	2934	Planta FM	Rio Ortiz	Labor exploratoria de vieja data. No se posee información.
82	mina	Labor subterránea	Abandonado	2935	Campamento Central	Rio Ortiz	Corresponde a mina Carmelita.
83	Escombrera	Depósito	Abandonado	2932	Campamento central	Rio Ortiz	Constituye una de las escombreras más grandes de la mina Capillitas. Su exposición a procesos naturales se presume altamente contaminante. En la actualidad se extraen de ella restos de rodocrosita.
84	Mina	Labor subterránea	Abandonado	2906	Campamento central	Rio Ortiz	Corresponde a mina Capillita. Esta labor tuvo una importante explotación, conteniendo en su interior a la mina 25 de mayo de aprox. 2.000 m de galería. En la actualidad se haya clausurada y presenta un importante drenaje interior.
85	Escombrera	Depósito	Activo	2909	Campamento central	Rio Ortiz	Constituye la escombrera de mayor extensión de mina Capillitas. En la actualidad se extraen de ella rodocrosita.
86	Edificio	Instalaciones	Activo	2934	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio en el cual se instaló la actual usina eléctrica
87	Pileta	Instalaciones	Activo	2936	Campamento central	Rio Ortiz	Pileta de agua utilizada para la limpieza de la piedra.
88	Cocina comedor	Instalaciones	Activo	2919	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio en el cual se ubica la cocina y el comedor del personal.
89	Galpón	Instalaciones	Activo	2111	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio donde se ubica la sala de lámparas y el resto se utiliza como galpón de maderas.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
90	Sala de selección	Instalaciones	Activo	2909	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio utilizado para la selección del material extraído de mina Ortiz.
91	Edificio semi construido	Instalaciones	Abandonado	2919	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio a medio construir que estaba destinado para dormitorio del personal.
92	Comedor	Instalaciones	Abandonado	2915	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio donde se ubicaba una cocina comedor.
93	Herrería	Instalaciones	Abandonado	2893	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio donde se ubicaba la herrería y carpintería.
94	Galpón	Instalaciones	Abandonado	2889	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio que funcionaba originalmente como un galpón de acopio de maderas.
95	Edificio semi construido	Instalaciones	Abandonado	2896	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio construido con la finalidad de microcine.
96	Galpón	Instalaciones	Abandonado	2889	Campamento central	Rio Ortiz	Edificio cuyos fines fue el acopio de materiales.
97	Piletas	Instalaciones	Abandonado	2889	Campamento central	Rio Ortiz	Piletas de relave.
98	Tanque de agua	Instalaciones	Abandonado	2892	Campamento central	Rio Ortiz	Tanque de agua que alimentaba las piletas de relave.
99	cantera	labor superficial	Abandonado	2871	Campamento central	Rio Ortiz	Cantera que servía para extraer material de relleno.
100	Canal de desagüe	Labor superficial	Activo	2874	Campamento central	Rio Ortiz	Canal de desagüe que drena el escurrimiento interno de mina Capillita.
101	camino	Equipamiento vial	Activo	2871	Campamento central	Rio Ortiz	Camino que conduce al Campamento Central.
102	polvorín	Instalaciones	Inactivo	2934	Campamento central	Rio Ortiz	Polvorín de explosivos. Actualmente se encuentra clausurado.
103	Camino	equipamiento vial	Activo	2960	Campamento central	Rio Ortiz	Camino que conduce desde campamento central hasta mina Ortiz.
104	Polvorín	Instalaciones	Inactivo	2935	Campamento central	Rio Ortiz	Polvorín de fulminantes y mechas. Actualmente se halla clausurado.
105	Camino	Equipamiento vial	Activo	2933	Campamento central	Rio Ortiz	Camino que conduce desde el área de casino de Oficiales al campamento central de mina Ortiz.
106	Taller y deposito	Instalaciones	Activo	2872	Planta FM	Rio Minas	Edificio utilizado parcialmente como taller y deposito.
107	Galpón y vivienda	Instalaciones	Activo	2874	Planta FM	Rio Minas	Edificio utilizado como galpón y vivienda de personal.
108	Edificio	Instalaciones	Activo	2871	Planta FM	Rio Minas	Edificio utilizado como dormitorio de personal.
109	Edificio	Instalaciones	Abandonado	2876	Planta FM	Rio Minas	Antigua estación del cablecarril.
110	Canchón de carga	Instalaciones	Abandonado	2883	Planta FM	Rio Minas	Antiguo canchón de carga de minerales del cable carril.
111	Edificios	Instalaciones	Abandonado	2869	Planta FM	Rio Minas	Consta de 3 cuerpos que constituían viviendas de familia.
112	Edificio	Instalaciones	Activo	2881	Planta FM	Rio Minas	Edificio destinado a vivienda de personal jerárquico de FM.
113	Edificio	Instalaciones	Abandonado	2873	Planta FM	Rio Minas	Edificio en que originalmente estaba instalada la usina eléctrica.

Nº	Pasivo	Tipo de Pasivo	Estado de actividad de la mina	Altura m s. n. m.	Zona / Mina	Cuenca	Observaciones
114	Galpón	Instalaciones	Abandonado	2868	Planta FM	Rio Minas	Edificio originalmente utilizado como galpón.
115	Estructuras	Instalaciones	Abandonado	2879	Planta FM	Rio Minas	Estructura de concreto que formaba parte del área de lixiviación de la planta.
116	Galpón	Instalaciones	Abandonado	2884	Planta FM	Rio Minas	Estructura que alberga piletas de lixiviación de la planta.
117	Pileta	Instalaciones	Abandonado	3890	Planta FM	Rio Minas	Pileta de agua.
118	Edificio	Instalaciones	Abandonado	2902	Planta FM	Rio Minas	Planta de procesamiento de mineral.
119	Pileta de agua	Instalaciones	Activa	2888	Planta FM	Rio Minas	Pileta de agua.
120	Edificio	Instalaciones	Abandonado	2890	Planta FM	Rio Minas	Edificio correspondiente al laboratorio de la planta de procesamiento de FM.
121	Estructura canales	Instalaciones	Abandonado	2887	Planta FM	Rio Minas	Canales de lixiviación.
122	Estructura piletas	Instalaciones	Abandonado	2943	Planta FM	Rio Minas	Piletas de agua.
123	Túnel	Labor subterránea	Activa	2905	Planta FM	Rio Minas	Túnel conector del campamento con Planta de FM, se lo utiliza para circular a pie.
124	Flora y fauna afectada	Entorno		2878	Planta FM	Rio Minas	Vegetación dentro del área del proyecto raleada.
125	Edificio escuela, Posta y destacamento policial	Instalaciones	Activa	2887		Rio Minas	Edificios correspondientes a mina capillitas, hoy fuera de la propiedad de mina Capillitas.
126	Flora y fauna afectada	Entorno		2920		Rio Minas	Vegetación fuera del área del proyecto.

V. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alderete, M.C. 1999. Distrito Farallón Negro-Alto La Blenda, Catamarca. En Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. Zappettini). Instituto de Geología Y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 35: 1637-1642, Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1941 Los Yacimientos Minerales y rocas de aplicación de la República Argentina: su geología y relaciones genéticas: Dirección de Minas y Geología de la Nación, Boletín 50: 133-137 y 254. Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1974. Capillitas. En Yacimientos Metalíferos de la República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Vol I: 121-125. La Plata, Buenos Aires.
- Atlas Catamarca, 2014. Departamento Andalgalá. Ubicación Geográfica – ETISIG (Equipo de trabajo Interinstitucional en Sistemas de Información Geográfica) – Gobierno de la provincia de Catamarca. <http://www.atlas.catamarca.gob.ar/>
- Banchig, A. L., Moreiras, S. y Banchig, P. N. 2008. Eventos de deslizamientos endocamientos reiterados de ocurrencia histórica. Cuenca del río Villa Vil, sierra de Aconquija, Andalgalá, Catamarca. Actas del XVII Congreso Geológico Argentino. Jujuy.
- Bibby, C.J.; N.D. Burgess and D.A. Hill. 1993. Bird census techniques. Academic Press, London. 257 p.
- Boelcke, O. 1957. Comunidades herbáceas del norte de Patagonia y sus relaciones con la ganadería. Revista Invest. Agric. 11: 5-98.
- Bonvissuto, G.I.; Somlo, R.C. 1998. Guías de condición para los campos naturales de "precordillera" y "Sierras y Mesetas" de Patagonia. INTA GTZ. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Río Negro.
- Borgnia, M.; Maggi, A.; Arriaga, M.; Aued, B.; Vilá, B.L.; Cassini, M.H. 2006. Caracterización de la Vegetación en la Reserva de Biósfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina). Ecología Austral 16: 29-45.
- Bossi, G.E.; Muruaga, C.M.; Sanagua, J.; Hernando, A.; Ahumada, A. 1993. Geología y estratigrafía de la cuenca Neógena Santa María-Hualfín (Dptos. Santa María y Belén, provincia de Catamarca). XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 156-165.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales [ed. 3]. H. Blume Ediciones, Barcelona.
- Bravo, C.F. 2009. Ensanche garganta desvío río Andalgalá hacia arroyo La Cañada. Cuarto Simposio sobre hidráulica de ríos. Salta, Argentina.
- Buk, E. 1983. Glaciares de Escombros y su Significación Hidrológica. IANIGLA-CONICET, Acta Geocriogénica 1: 22-35, Mendoza. Congreso Geológico Argentino, Tomo 1: 257-258. Jujuy.
- Bull, W.B.; Wallace, R.E. 1986. Tectonic geomorphology (Penrose Conference report). Geology, 13(3): 216.
- Cabrera A.L. 1976. La vegetación de la Puna Argentina. Revista de Investigaciones Agrícolas 11 (4): 317-412.
- Cabrera A.L. 1978. Flora de la Provincia de Jujuy. 13 (10): 1726; 1983. Ibid. 13 (8): 1-500; 1993. Ibid. 13 (9): 1-560. Colección Científica INTA, Buenos Aires.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y

-
- Jardinería. Segunda Edición, Tomo II. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. 85p.
- Cabrera, A.L.; Willink, A. 1980. Biogeografía de América Latina. 2° edición corregida. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU. 120 pp.
- Cabrera, M.P.; Scrocchi, G.J. 2005. Patrones de actividad y abundancias de una población de *Liolaemus espinozai Abdala* (Iguania: *Liolaemidae*) en campo El Arenal, Catamarca, Argentina. Acta Zool. Mex [online]. 2014, vol.30, n.3 [citado 2018-09-12], pp.459-470. Abdala, 2005 (Iguania: *Liolaemidae*) en Campo El Arenal, Catamarca, Argentina.
- Casa, A.L. 2008a. Neotectónica de la región del Distrito Minero Farallón Negro, provincia de Catamarca, Argentina. XVII Congreso Geológico Argentino, San Salvador de Jujuy, Actas 3: 1126-1127.
- Casa, A.L. 2008b. Actividad tectónica cuaternaria en la sierra de Las Cuevas, Sierras Pampeanas Septentrionales, provincia de Catamarca, Argentina. XVII Congreso Geológico Argentino, San Salvador de Jujuy, Actas 3: 1128-1129.
- Casa, A.L. 2009. Sistema de fallas Aconquija (AR-02). En: Proyecto Multinacional Andino: Geociencia para las Comunidades Andinas. Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional 7(5): 129-136.
- Casa, A.L. 2013. Caracterización Neotectónica. Proyecto Geoambiental del Complejo Volcánico Farallón Negro, provincia de Catamarca. Secretaría de Minería de la Nación 1(3): 120-149.
- Casa, A.L.; Yamin, M.G.; Cegarra, M.I.; Coppolecchia, M.; Costa, C.H. 2010. Deformación cuaternaria asociada al frente de levantamiento oriental de las sierras de Velasco y Ambato. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67(4): 425-438.
- Censo Nacional Agropecuario, 2008. Dirección Provincial de Estadística y Censos, Dirección de Producción Estadística, Departamento Estadísticas Económicas, en base a INDEC Procesamiento base de datos.
- Chebez, J.C. 2005. Guía de las Reservas Naturales de la Argentina (5 tomos). Editorial Albatros, Buenos Aires.
- Collantes, M.; Faggi, A. M. 1999. Los humedales del sur de Sudamérica, pp. 15-25, en A. I. Malvárez (ed.), Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. UNESCO, Montevideo.
- Comba, A. 2017. Problemática del área sur de Tucumán, Este de Catamarca y Río Hondo. Documento síntesis. Anexo 1. 276 pág.
- Corte, A.E. 1976 a. Rock glaciers. Biuletyn Peryglacjalny 26: 157-197, Warsaw.
- Corte, A.E. 1978. Rock glaciers as permafrost bodies with a debris cover on an active layer. A hydrological approach in the Andes of Mendoza, Argentina. In: Permafrost, Proceedings of the Third International Conference of Permafrost, 10-13 July, Edmonton, Alberta, Canada. National Research Council of Canada, Ottawa, vol. 1, pp. 263-269.
- Corte, A.E. 1980. Glaciers and glaciolithic systems of the Central Andes. World Glacier Inventory. Proceedings of the Riederalp Work-shop, IAHS-AISH Publication 126: 11-24.
- Corte, A.E., 1976 b. The hydrological significance of rock glaciers. Journal of Glaciology 14 (71): 157-158, London.
- Costa, C. 2004. Microtectónica en el Cuaternario?: Métodos y aplicaciones de la Paleosismología. Revista Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial 7: 9-19.
- Cruden, D.M.; Varnes, D.J. 1996. Landslide types and processes, en Turner, K., y Shuster, R.L., ed.,

- Landslide investigation and mitigation: Washington D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Cruzate, L. 2005. Suelos y Ambientes de Salta, Argentina. Mapa de suelos de la Prov. de Salta. INTA SAGPyA. Proyecto Arg. 85019.
- Czajka, W. 1955. Rezente und Pleistocene Verbreitung und Typen des periglazialen Denudationszyklus in Argentinien. Acta Geographica, Nº 14: 121-140. Helsinki.
- De Urreiztieta, M.; Gapais, D.; Le Corre, C.; Cobbold, P.R.; Rossello, E.A. 1996. Cenozoic dextral transpression and basin development at the southern edge of the Puna Plateau, northwestern Argentina. Tectonophysics 254(1-2): 17-39.
- Dirección de Riego de la Municipalidad de Andalgalá. 2015
- Dirección Provincial de Antropología. 2016. Secretaria de Estado de Cultura de la Provincia de Catamarca- Informe digital sobre el patrimonio arqueológico en la zona estudiada.
- Durand, F.R. 1980. Geología de la sierra de La Ovejera, provincia de Catamarca. Universidad Nacional de Tucumán, Tesis doctoral, 285 pp., Tucumán (inédito).
- Eberhart, L. 1978. Transect methods for population studies. J. Wildl. Manage., 42: 1-31.
- Elkin, D. 1992 Explotación de recursos en relación al sitio acerámico Quebrada Seca 3, Antofagasta de la Sierra, Puna de Catamarca. Shincal 2:1-14.
- Etchevere, P. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. Editor INTA Castelar. 211 págs. Buenos Aires.
- Fabbroni, M. 2015. Flora de Tocomar y Campo Amarillo (Salta, Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot. 50 (2): 171-192.
- Fauqué, L. 1984. Estudio geomorfológico de la vertiente occidental de los Nevados del Aconquija como posible fuente de abastecimiento de agua para el Proyecto Bajo de la Alumbreira. Servicio Geológico Nacional. Informe inédito, Buenos Aires.
- Fauqué, L. 1987. Mapa geomorfológico de la vertiente occidental de los Nevados del Aconquija - provincia de Catamarca. Dirección Nacional de Minería, Buenos Aires, inédito.
- Fauqué, L., Tchilinguirian, P. 2002. Villavil rockslides, Catamarca Province, Argentina, en Catastrophic landslides: Effects, occurrence, and mechanisms (Ed: Evans, S. G., y DeGraff, J.V.), Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, 15: 303-324.
- Fauqué, L.; Azcurra, D. 2009. Condiciones periglaciares de la vertiente occidental de los Nevados de Aconquija. Catamarca, Argentina. XII Congreso Geológico Chileno. Actas. Santiago, Chile.
- Fauqué, L.; González, M.A. 1996. Estudio de la Estabilidad de Laderas de la Quebrada de la Troya. Provincia de La Rioja. Serie Contribuciones Técnicas; Peligrosidad Geológica nro. 1. 146 p. y 2 mapas. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Fernández, D., Herrero J.C. 2013 Caracterización de los Suelos. Proyecto Geoambiental del Complejo Volcánico Farallón Negro. CONVENIO SEGEMAR (EMPRESA) – YMAD. Provincia de Catamarca – Argentina. VOLUMEN 1: 384 págs.
- Forman, R.; Godron, M. 1986. Landscape ecology. J. Wiley, New York.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press. UK. 525 págs.
- García, V.; Casa, A.; Hongn, F.; Figueroa, S.; Aranda, G.; Escalante, L.; Montero-López, C.; Yamin, M.; Amengual, R.; Aramayo, A. 2017. Deformación cuaternaria. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P.

- (Eds.), Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del 20° Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán: 624-645. ISBN 978-987-42-6666-8.
- Gimenez, M.; Martínez, M.P.; Introcaso, A.; Ponce, C.; Lince Klinger, F.; Ruíz, F.; Gallego, A. 2006. El salar de Pipanaco desde una óptica gravimétrica. Actas de las 13° Reuniones de Tectónica, CD-ROM, Resumen expandido N°47, 4 pp.
- Godfrid J. 2016. Las estrategias de consenso social de la minera Glencore Xstrata en Argentina. Instituto Gino Germani. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Buenos Aires.
- Gonzalez Bonorino, F. 1972. Descripción geológica Hoja 13 C, Fiambalá. (Provincia de Catamarca). Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires, 73 pág.
- González Bonorino, F. 1978. Descripción geológica de la Hoja 14 F, San Fernando del Valle de Catamarca. Servicio Geológico Nacional, Boletín N° 160.
- González, M.A. 2003. Remoción en Masa en las Termas de Fiambalá. Provincia de Catamarca. Serie Contribuciones Técnicas; Ordenamiento Territorial nro. 8. 37 p. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales.
- Gutiérrez, A.A.; Mon, R. 2004. Megageomorfología del valle de Tafí-Aconquija, Tucumán. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(2): 303-311.
- Hauman, L.A.; Burkart, L.R.; Parodi; Cabrera, A.L. 1947. La Vegetación de la Argentina. Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. GAEA 8:208-249.
- Hermanns R.L.; Schellenberger, A. 2008. Quaternary tephrochronology helps define conditioning factors and triggering mechanisms of rock avalanches in NW Argentina. Quaternary International, 178(1): 261-275.
- Hermanns, R.; Strecker, M. 1999. Structural and lithological controls on large Quaternary rock avalanches (sturzstroms) in arid northwestern Argentina. Geological Society of America Bulletin - GEOL SOC AMER BULL. 111. 934-948.
- Hermanns, R.L; Trauth, M.H.; Niedermann, S.; McWilliams, M.; Strecker, M.R. 2000. Tephrochronologic constraints on temporal distribution of large landslides in northwest Argentina. Journal of Geology, 108: 35-52
- Hilty, S. 1994. Birds of Tropical America: A Watcher's Introduction to Behavior, Breeding, and Diversity. Mildred Wyatt-Wold Series In Ornithology. Book 1.
- <http://www.alumbrera.com.ar/quienes-somos/acerca-de-minera-alumbrera/>
- <https://www.ambiente.gov.ar>
- <https://www.inta.gob.ar>
- Hueck, K. 1972. Mapa de la vegetación de América del Sur (1:8.000.000). Forstliche Forschungsanstalt Munchen. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Hutto, R.L.; Pletschet, S.M.; Hendricks P. 1986. A fixedradius point count method for nonbreeding and Bering Seaton use. Auk 103: 593-602
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).2010. Censo de población, hogares y viviendas 2010.
- Información por Municipio, 2015. Dirección de Asuntos Municipales - Ministerio del interior.
- Informe de Impacto Ambiental –IIA-. 2012 Tercera actualización. Minera Alumbrera Catamarca.
- Informe de Sostenibilidad 2016. Minera Alumbrera YMAD- UTE operada por Glencore.

- Informe de Sustentabilidad 2014. Minera Alumbreira YMAD- UTE operada por Glencore.
- Informe de Sustentabilidad 2016. Minera Alumbreira YMAD- UTE operada por Glencore.
- Instituto de Botánica Darwinion, 2009. Flora del Conosur. Catálogo de las plantas vasculares. Edición en Internet: www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.asp
- Jara, A., Décima M.F., Ferpozzi, L., Herrero J.C. 2013 Caracterización geoquímica. Proyecto Geoambiental del Complejo Volcánico Farallón Negro. CONVENIO SEGEMAR (EMPREMIN) – YMAD. Provincia de Catamarca – Argentina. VOLUMEN 1: 384 págs.
- Jarvinem, O. 1978. Estimating relative densities of land birds by point counts. *Annales Zoologica* 15: 290-293.
- Kantor, M. 1916. El problema de las inundaciones en Andalgalá (provincia de Catamarca). *Revista del Museo de La Plata*. Tomo XXIII (segunda serie Tomo X): 257-269. Buenos Aires.
- Karlin, U.O.; Diaz, R. 1984: Potencialidad y manejo de Algarrobos en el Árido Subtropical Argentino. SECYT. Bs. As.
- Karr, J. 1996. Ecological integrity and ecological health are not the same. *Engineering within ecological constraints*.
- Keefer, D.K. 1984. Rock-avalanches produced by earthquakes: source characteristics. *Science*, 223: 1288-1290.
- Keller, E.A. and Pinter, N. 1996. Active tectonics: earthquakes, uplift, and landscape. Prentice Hall eds. Upper Saddle River, New Jersey, 337p.
- Killt, E. 1940. Los Yacimientos Cupríferos de la República Argentina y sus explotabilidades. *Revista Minera*, 11 (1-4): 39-78. Buenos Aires.
- Knight Piésold LLC. 1997. EIA Exploración del Proyecto Minero Agua Rica, provincia de Catamarca. Argentina.
- Lafleur, A.E. 1981. Geología de las unidades sedimentarias en el este del Salar de Pipanaco. INCYTH, Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Buenos Aires.
- Le Corre, C.; Rossello, E. 1989. Evidencias morfológicas de una tectónica andina distensiva en las sierras Pampeanas de Ambato y Ancasti, Catamarca, Argentina. I Simposio Argentino de Teledetección, Resúmenes 41, Bahía Blanca.
- Marangunic, C. 1976. El glaciar de roca pedregoso. 1º Congreso Geológico Chileno. Actas: 71-80.
- Marshall, L.G.; Butler, R.F.; Drake, R.E.; Curtis, G.H.; Tedford, R.H. 1979. Calibration of the Great American Interchange. A radioisotope chronology for Late Tertiary interchange of terrestrial faunas between the Americas. *Science* 204: 272- 279.
- Martínez Carretero, E. 1995. La Puna Argentina: Delimitación general y división en distritos florísticos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 31;27-40
- Matteucci, S. 2012. Ecorregión Puna, cap.2. En *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*, de Morello, J. S. Matteucci, A. Rodríguez y M. Silva. www.researchgate.net.
- Matteucci, S.D. 1998a. La cuestión del patrón y la escala en la ecología del paisaje. En: S.D. Matteucci y G.D. Buzai (Eds.) *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*. EUDEBA, Buenos Aires. Pp. 219- 248.
- Matteucci, S.D. 1998b. El análisis regional desde la ecología. *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*. EUDEBA, Buenos Aires. Pp. 117-150.
- McGarigal, K.; Cushman S.; Regan, C. 2005. *Quantifying Terrestrial Habitat Loss and Fragmentation: A*

- Protocol. Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts.
<http://www.umass.edu>.
- McGarigal, K.; Cushman, S. 2002. The Gradient Concept of Landscape Structure: Or, Why are there so Many Patches. Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts, Amherst, MA.
- McGarigal, K.; Marks, B.J. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland.
- Minera Alumbra YMADE UTE. 2016. Minera Alumbra, Informe de sostenibilidad 2016. Operado por GLENCORE.
- Mon, R. 1976. La tectónica del borde oriental de los Andes en las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 31(2): 65-72.
- Mon, R. 1999. Normal faulting and major rock-slides in the north of Pampean Ranges of Argentina. 4° International Symposium of Andean Geodynamics, Extended Abstracts, 307-310, IRD, Paris.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* II. Pp. 155.
- Morisawa, M. and Hack, J.T., (Eds.). 1985. Tectonic Geomorphology, Proc. 15th Annual Binghampton Geomorphology Symposium. Allen & Unwin, Boston.
- Morlans, M.C. 1995: Regiones Naturales de Catamarca: Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas. *Revista de Ciencia y Tecnología de la UNCa*. Vol. I, No.2 (1-42, 3 mapas, 2 croquis).
- Municipalidad de Hualfín. 2016. Informe sobre la Bodega Municipal de Hualfín.
- Novara, L.J. 2003. Catálogo de la Flora de la Puna en el Noroeste Argentino. *Aportes Botánicos de Salta, Serie Misceláneas* 2 (1): 1-56. Salta.
- Olrog, C.C. 1984. Las aves argentinas. Una nueva guía de campo. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires
- Organización Panamericana de la Salud, 2014. Indicadores Básicos. Organización Mundial de la Salud, Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación
- Oyarzabal M, Clavijo J, Oakley L, Bigandoli F, Tognetti P, Barberis I, Maturo H.M, Aragón R, Campanello P.L, Prado D, Oesterheld M.; León R.J.C. 2017. Unidades de Vegetación de la Argentina, *Ecología Austral* 28:04-064, abril 2018. Asociación Argentina de Ecología.
- Paoli, H. 2003. Aprovechamiento de los recursos hídricos y tecnología de riego en el Altiplano Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED). 133 pág.
- Proffett, J.M. 2003. Geology of the Bajo de la Alumbra porphyry copper-gold deposit, Argentina. *Economic Geology*, 98(8): 1535-1574.
- Proyecto Agua Rica, 2007. Informe de Impacto Ambiental – Resumen Ejecutivo - RESCAN – Ingenieros y Científicos.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencia para las Comunidades Andinas, 2008. Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, Nº 7, 320 p., 1 CD-ROM.
- Ralph, C.J.; Geupel, G.R.; Pyle, P.; Martin, T.E.; DeSante, D.F.; Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany, CA: Pacific

Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.

- Ramos, V.A. 1999. Los depósitos sinorogénicos terciarios de la región andina. En Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales; SEGEMAR, Anales 29(22): 651-691, Buenos Aires.
- Ratto, N. 1996 Informe Relevamiento Arqueológico: Carapunko: Centro Productor Agrícola Arqueológico en el kp 85+500 del Corredor Infraestructura Sur (Valle Villavil, Dpto. Andalgalá, Provincia de Catamarca). Presentado a Minera Alumbreira Ltd. Ms. 1998 Debate 2 de Arqueología.
- Rickard, F.I. 1869. Informe sobre los Distritos minerales y establecimientos de la República Argentina en 1868-69. Informe del Ministerio del Interior, 119-145. Buenos Aires.
- Ringuelet, R.Q. 1961. Rasgos fundamentales de la zoología de la Argentina. Physis 22 63; 151-170.
- Roig, F.A. 1960. Bosquejo fitogeográfico de las Provincias de Cuyo. Publicación nro. 3 del Sub Comité Cuyo para el Estudio de Las Zonas Áridas y Semiáridas, 35 pp.
- Roig, F.A. 1972. Bosquejo fisonómico de la vegetación de la provincia de Mendoza. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 13:49-80.
- Roig, F.A. 1972. Bosquejo fitogeográfico de la Provincia de Mendoza. In: Bosquejos geográficos de la Pcia. de Mendoza. Atlas. X Jornadas Argentinas de Botánica: 10-11.
- Rubiolo, D.G., Poma, S., Quenardelle, S., Cucchi, R., Bossi, G., Georgieff, S., Muruaga, C., Llambías, E., Fauqué, L., Cortés, J., Pereyra, F., Bevacqua, P., López Vazques, G. 2004. Hoja Geológica 2766 III Belén, provincias de Catamarca y Tucumán. Servicio Geológico Minero Argentino. Versión a validar, 198 pp.
- Ruiz Huidobro, O.J. 1975. Descripción geológica de la Hoja 12 C, Laguna Helada provincia de Catamarca. Servicio Geológico Nacional, Boletín N° 146, 1 mapa escala 1:200.000. Buenos Aires.
- Sasso, A. 1997. Geological evolution and metallogenetic relationships of the Farallon Negro Volcanic complex, NW Argentina. Queens University, Unpublished Ph D dissertation, 842 p Kingston, Ontario.
- Sasso, A.M.; Clarck, A.H. 1998. El grupo Farallón Negro: evolución magmática, hidrotermal y tectónica e implicancias para la metalogenia de cobre-oro en el retroarco andino, Catamarca. Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 1437-1450, Buenos Aires.
- Secretaria de Minería de Catamarca. 2014. Informe OP – Min – 9. Inspecciones de Cruces de Ríos del Mineraloducto Versión: 01 Revisión: 01 Vigencia: 05/mayo/2012 – 05/mayo/2014.
- SEGEMAR 2019. SIGAM, Deformaciones Cuaternarias de la República Argentina. Mapa predefinido: <https://sigam.segemar.gov.ar/visor/index.html?mapa=27>
- Seggiaro, R.; Caffè, P.J.; Becchio, R.; Galli, C.; Arnosio, M.; Da Poián, G. 2014. Evolución tectónica andina entre las sierras de Hualfín, Capillitas y extremo sur de Aconquija, provincia de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71(4): 500-512.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1981. Estadísticas Meteorológicas, Período 1941-1980. Buenos Aires.
- Shannon, C.E.; Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EE. UU. 144 pp.
- Sillitoe, R.H. 1989. Gold deposits in western Pacific island arcs: The magmatic connection. Economic Geology, Mongraph, 6: 274-291.

- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Eleventh Edition. 365 pgs. EE. UU.
- Soriano, A. 1956a. El pastoreo en el territorio de Chubut. Rev. Arg. Agr. 19(1):1-20.
- Soriano, A. 1956b. Aspectos ecológicos y pastoriles de la vegetación patagónica relacionados con su estado y capacidad de recuperación. Rev. Inv. Agr. 10(4): 349-372.
- Stelzner, A. 1873. Comunicaciones al Profesor H.B. Geinitz. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläeontologie, Jahrgang 1872: 193-198 y 630-636, Stuttgart 1872, e Ibidem 1873: 726-746, 1873. Traducido por R. Kittl, 1966 en Academia Nacional de Ciencias, Boletín 45: 115-150, Buenos Aires.
- Stelzner, A. 1924. Contribución a la Geología de la República Argentina: Academia Nacional de Ciencias (traducción del trabajo de 1885). 8 (1-2): 165-168. Córdoba
- Strecker, M.; Bloom, A.; Malizzia, D.; Cervený, P.; Bossi, G.; Bense, C.; Villanueva García, A. 1987. Nuevos datos neotectónicos sobre las Sierras Pampeanas Septentrionales (26°-27°), República Argentina. XX Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 231-234.
- Strecker, M.R.; Bloom, A.; Carrion, M.; Villanueva García, A.; Naeser, C. 1984. Piedmont terraces in the Valle de Santa María and in front of southwestern Sierra de Aconquija, provinces of Catamarca, Tucuman and Salta, northwestern Argentina. Actas del 9° Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), 2: 448-465.
- Strecker, M.R.; Cervený, P.; Bloom, A.; Malizzia, D. 1989. Late cenozoic tectonism and landscape development in the foreland of the Andes: Northern Sierras Pampeanas (26°-28°S), Argentina. Tectonics, 8(3): 517-534.
- Strickland-Munro, J.K., Allison, H.E. y Moore, S.A. 2010. Using resilience concepts to investigate the impacts of protected area tourism on communities, Annals of Tourism Research 37(2), 499-519.
- Tálamo, A.; Tolaba, J.; Trucco, C.; Acuña, E. 2010. Unidades de vegetación y composición florística en sectores del Altiplano del noroeste de Argentina. I. Ambientes de estepas. Ecología en Bolivia 45(i): 4-19.
- Tineo, A.; García, J.; Falcón C.; D'Urso C.; Rodríguez, G. 1999. Hidrogeología de la Provincia de Catamarca. En: González Bonorino, G. et al. (Eds.) Geología del Noroeste Argentino. Relatorio 14º Congreso Geológico Argentino 1: 48-64. Salta.
- Tripaldi, A., Reijenstein, H. y Ciccioli, P. 2005. Estudio geomorfológico y sedimentológico preliminar del campo eólico de Belén, Provincia de Catamarca, Argentina. XVI Congreso Geológico Argentino. Actas I: 537-544. La Plata.
- Troll C. 1959. Las culturas superiores andinas y el medio geográfico. Lima, Publicaciones del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 55 pp.
- Troll C. 1968. Geocology of the mountainous regions of the tropical americas. Proceedings of the UNESCO Mexican Symposium, A 1-3, 1966, Colloquium Geographicum, Ferd. Dümmers Verlag, Bonn.
- Turner, J.C. 1962. Estratigrafía de la región al naciente de Laguna Blanca (Catamarca). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 17: 11-46.
- Wells, C.; Coppersmith, K. 1994. New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84: 974-1002.

ANEXO 1: MAPAS DEL ÁREA

Mapa Topográfico (1:100.000)

Mapa Geomorfológico (1:100.000)

Mapa de Usos de Suelo e Infraestructura (1:100.000)

Mapa de Hábitats Potenciales de Fauna (1:100.000)

Mapa de Unidades Fisonómicas Estructurales de Vegetación Actual (1:100.000)

Mapa de Pasivos Ambientales Mineros (1:100.000)

ANEXO 2: COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL PAISAJE

I. Tablas Sistemáticas

La siguiente tabla resume las especies de flora presentes e inferidas en el área de estudio. Se realizó la clasificación sistemática de las mismas, señalando el sitio donde fue identificada o su inferencia a través de la bibliografía (Tabla A.2.1).

Tabla A.2.1: Cuadro sistemático de las especies de flora observadas y citadas en la bibliografía para el área de estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Identificadas por ambiente					Referidas en bibliografía	
			A	EA	EAH	LLS	VEG		PEL
Ephedraceae	<i>Ephedra breana</i>	Pingo-pingo						x	
Cyperaceae	<i>Scirpus atacamensis</i>	Junco					x		
	<i>Carex nebularum</i>	-					x		
	<i>Heleocharis albibracteata</i>	-					x		
Poaceae	<i>Bouteloua aristidoides</i>	-	x	x					
	<i>Calamagostis cabreræ</i>	-							x
	<i>Cortaderia speciosa</i>	Cortadera			x		x		
	<i>Catabrosa latifoliada</i>	-							x
	<i>Panicum chloroleucum</i>	Carrizo amargo		x					
	<i>Panicum chloroleucum</i>	Carrizo amargo		x					
	<i>Deyeuxia hackei</i>	-					x		
	<i>Deyeuxia rigescens</i>	-					x		
	<i>Distichlis humilis</i>	Brama				x		x	
	<i>Eragrostis nigricans</i>	-		x					
	<i>Eragrostis megastachya</i>	-		x					
	<i>Festuca scirpifolia</i>	Iros					x		
	<i>Festuca chrysophylla</i>	Iros							x
	<i>Festuca scirpifolia</i>	Chillahua			x		x		
	<i>Festuca orthophylla</i>	Paja brava			x				
	<i>Nicotiana cavanillesi</i>	Tabaco		x					
	<i>Aristida adscensionis</i>	Tres barbas		x					
	<i>Stipa speciosa</i>	Coirón duro							x
	<i>Stipa vaginata</i>	Carrizo							x
	<i>Stipa frigida</i>	Vizcahera							x
<i>Stipa chrysophylla</i>	Aibe							x	
<i>Stipa paramilloensis</i>	Aibe							x	
<i>Stipa scirpea</i>	Aibe							x	
Juncaceae	<i>Juncus depauperatus</i>	Junco					x		
	<i>Oxychloe andina</i>	-					x		
	<i>Juncus balticus</i>	Hunquillo					x		
Rosaceae	<i>Tetraglochin cristatum</i>	Sillu							x
	<i>Alchemilla pinnata</i>	Pasto de oveja					x		
	<i>Acaena canescens</i>	Cadillo							x
	<i>Polylepis tomentella</i>	Queñoa		x	x				
Fabaceae	<i>Cassia aphylla</i>	Añagua							x
	<i>Cassia rigida</i>	Pichana			x				x
	<i>Prosopis torquata</i>	Algarrobo	x		x				x
	<i>Prosopis alpataco</i>	Algarrobo	x		x				
	<i>Prosopis nigra</i>	Algarrobo			x				
	<i>Prosopis flexuosa</i>	Alpataco			x				
	<i>Adesmia horrida</i>	Añagua							x
	<i>Prosopis strombolifera</i>	Retortuño				x			
<i>Adesmia nanolignea</i>	Cuerno de cabra			x				x	

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Identificadas por ambiente						Referidas en bibliografía
			A	EA	EAH	LLS	VEG	PEL	
	<i>Bredemeyera colletioides</i>	Hualán							X
	<i>Cercidium praecox</i>	Brea	X		X				X
	<i>Cercidium australe</i>	Brea		X					
	<i>Adesmia pinifolia</i>	Leña amarilla							X
	<i>Adesmia uspallatensis</i>	Leña amarilla							X
	<i>Adesmia inflexa</i>	-							X
	<i>Cercidium andicola</i>	Palo verde							X
	<i>Caesalpinia trichocarpa</i>	Tara, algarroba							X
	<i>Cassia crassiramea</i>	Alata							X
	<i>Senna aphylla</i>	Pichanilla	X						
	<i>Senna rigida</i>	-	X						
	<i>Zuccagnia punctata</i>	Jarilla macho	X	X	X				
	<i>Mimosa ephedroides</i>	Mimosa	X						
	<i>Mimosa farinosa</i>	Shinqui			X				
	<i>Acacia furcatispina</i>	Garabato	X		X				
	<i>Acacia caven</i>	Espinillo	X						
	<i>Acacia aroma</i>	Tusca	X		X				
	<i>Acacia visco</i>	Yuqueri guazú			X				
	<i>Quillaja saponaria</i>	Jaborosa			X				
	<i>Geoffroea decorticans</i>	Chañar			X				
	<i>Mimoziganthus carinatus</i>	Lata	X		X				
	<i>Prosopidastrum globosum</i>	Barba de chivo	X						
Chenopodiaceae	<i>Atriplex lampa</i>	Zampa				X			
	<i>Allenrolfea vaginata</i>	Jume negro				X			
	<i>Atriplex microphylla</i>	Cachiyuyo				X			X
	<i>Atriplex lampa</i>	Zampa	X	X					
	<i>Atriplex flavescens</i>	Cachiyuyo		X					
	<i>Atriplex microphylla</i>	-							X
Caryophyllaceae	<i>Arenaria rivularis</i>	-							X
	<i>Suaeda divaricata</i>	Vidriera				X			
Frankeniaceae	<i>Anthobryum triandrum</i>	Yaretilla							X
Apiaceae	<i>Azorella compacta</i>	Yareta							X
Asteraceae	<i>Flourensia polyclada</i>	Meloncillo	X						
	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hierba del chancho		X	X				
	<i>Baccharis boliviensis</i>	Chijua		X	X				
	<i>Baccharis salicifolia</i>	Chilca							X
	<i>Baccharis tola</i>	Tola							X
	<i>Baccharis caespitosa</i>	Tola				X		X	
	<i>Baccharis polifolia</i>	-							X
	<i>Baccharis calliprinos</i>	-							X
	<i>Psila boliviensis</i>	Escoba							X
	<i>Chuquiraga erinacea</i>	Chirriadora							X
	<i>Cyclolepis genistoides</i>	Palo azul			X				
	<i>Nassauvia axillaris</i>	Calahuala		X	X				
	<i>Aphyllocladus spartioides</i>	Tola vaca							X
	<i>Proustia cuneifolia</i>	Tola	X						
	<i>Gochnatia glutinosa</i>	Jarilla	X						
	<i>Proustia ilicifolia</i>	Huañil							X
	<i>Hypochoeris oligophylla</i>	Hierba de chancho					X		
	<i>Senecio algens</i>	Hierba cana							X
	<i>Senecio filaginoides</i>	Mata mora							X
	<i>Parastrephia phyllocaeformis</i>	Tola							X
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	-							X	
Verbenaceae	<i>Aloysia salsoloides</i>	-							X
	<i>Acantholippia punensis</i>	Tarapacana							X

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Identificadas por ambiente						Referidas en bibliografía
			A	EA	EAH	LLS	VEG	PEL	
	<i>Junellia seriphioides</i>	Roseta de llama	x						
	<i>Junellia aspera</i>	Verbena áspera							x
	<i>Junellia juniperina</i>	Monte	x						
Oxalidaceae	<i>Oxalis compacta</i>	Trébol							x
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	Llantén					x		
Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i>	Jarilla	x		x				
	<i>Larrea cuneifolia</i>	Jarilla	x	x	x				
	<i>Larrea nittida</i>	jarilla	x						
	<i>Plectrocarpa rougessi</i>	Mancapotrillo	x		x				
	<i>Plectrocarpa tetraantha</i>	Rosetilla	x	x					
	<i>Bulnesia retama</i>	Retamo	x		x				
	<i>Bulnesia schickendantzii</i>	Monte negro	x						
Scrophulariaceae	<i>Monttea aphylla</i>	Mata sebo	x		x				
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spinosa</i>	Monte negro	x						
Karameriaceae	<i>Krameria iluca</i>	Chipe chape							x
Acanthaceae	<i>Justicia pauciflora</i>	Jacobinia							x
Anacardiaceae	<i>Schinus areira</i>	Molle							x
	<i>Schinus polygamus</i>	Molle	x		x				
Bromeliaceae	<i>Abromeitiella brevifolia</i>	Cholla		x					
	<i>Abromeitiella obtusa</i>	-		x					
	<i>Abromeitiella lorentziana</i>	-		x					
	<i>Dyckia velazcana</i>	Chaguar		x					
	<i>Dyckia floribunda</i>	Chaguar		x					
	<i>Deuterocohnia schreiteri</i>	-		x					
	<i>Deuterocohnia longipetala</i>	Chaguar		x					
	<i>Tillandsia pusilla</i>	Clavel del aire							x
	<i>Tillandsia gilliesii</i>	Clavel del aire							x
Malvaceae	<i>Nototriche rugosa</i>	-							x
Lamiaceae	<i>Salvia gilliesii</i>	Salvia							x
	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantago					x		
	<i>Satureja parviflora</i>	Muña muña							x
Polygalaceae	<i>Bredemeyera colletoides</i>	Quillay	x						
Plantaginaceae	<i>Montthea aphylla</i>	Mata sebo	x						
Ximeniaceae	<i>Ximenia americana</i>	Albaricoque	x	x					
Celtidaceae	<i>Celtis espinosa</i>	-			x				
Cervantesiaceae	<i>Jodina rhombifolia</i>	Sobra de toro			x				
Solanaceae	<i>Fabiana densa</i>	tola							x
	<i>Fabiana denudata</i>	tolilla							x
	<i>Jaborosa laciniata</i>	Jaborosa							x
	<i>Lycium fuscum</i>	Llaollín							x
	<i>Lycium chañar</i>	-							x
	<i>Lycium venturii</i>	Goyi							x
	<i>Lycium decipiens</i>	-							x
	<i>Lycium ovalilobum</i>	-							x
Cactaceae	<i>Trichocereus pasacana</i>	Cardón		x	x			x	
	<i>Trichocereus poco</i>	Poco							x
	<i>Trichocereus andalgalensis</i>	-							
	<i>Tephrocactus atacamensis</i>	Opuntia							x
	<i>Opuntia sulphurea</i>	Opuntia		x					
	<i>Opuntia glomerata</i>	Opuntia		x					
	<i>Cereus validus</i>	Cactus		x					
	<i>Maihueiniopsis</i> sp.	Cactus		x	x				
Boraginaceae	<i>Heliotropium catamarcense</i>	Heliotropo		x					
	<i>Heliotropium mendocinum</i>	Heliotropo		x					
	<i>Heliotropium chrysanthum</i>	Heliotropo		x					

Imágenes de algunas especies vegetales identificadas en las transectas y puntos de observación.



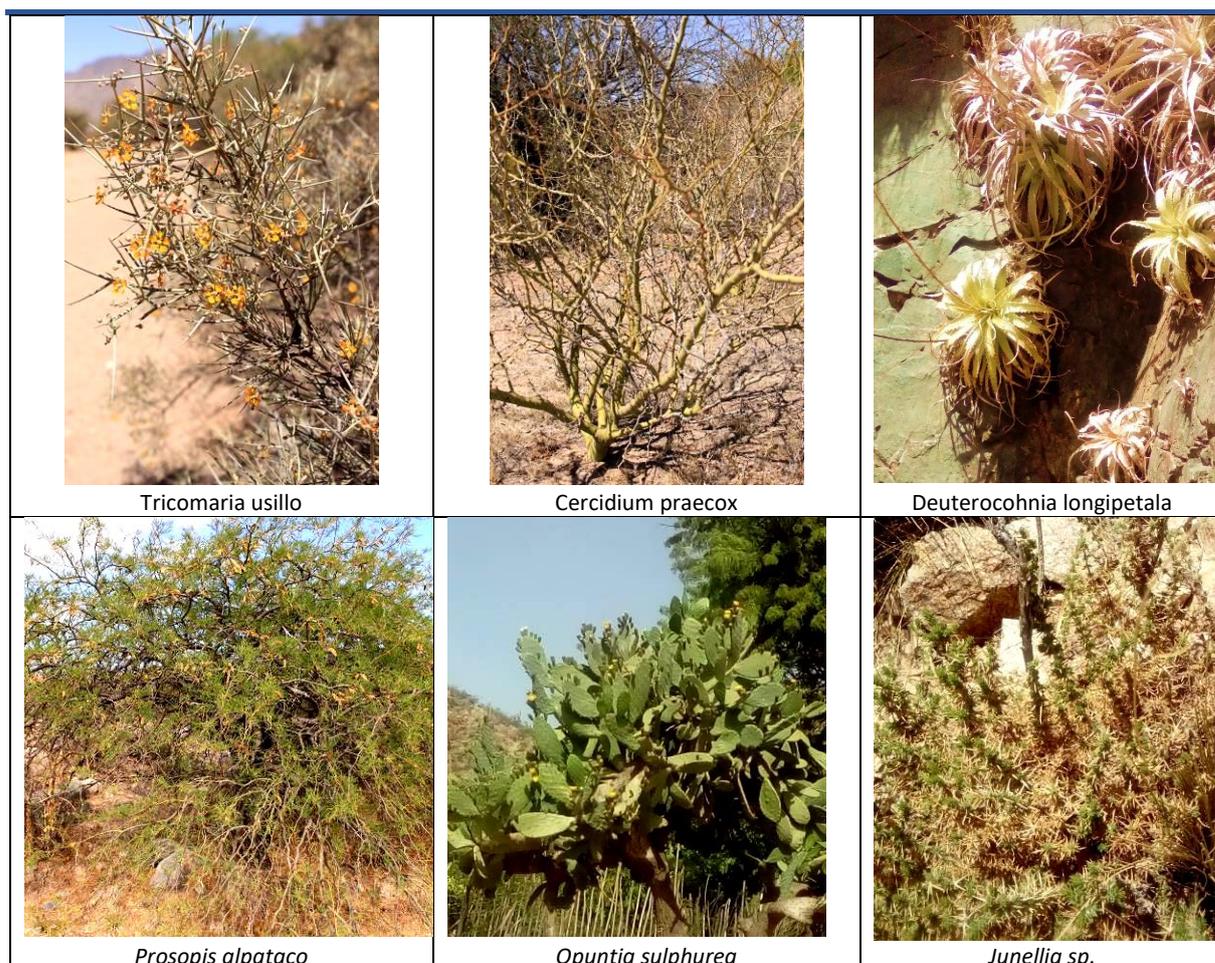


Figura A.2.1: Fotos de algunas especies vegetales relevadas en la campaña.

II. Transectas

En la tabla A.2.2. se observa el resultado de las transectas realizadas en el área de estudio. La distribución de las mismas respondió a la accesibilidad del terreno y a la identificación de las especies vegetales presentes en unidades fisonómicas definidas en el mapa correspondiente. Los ambientes evaluados fueron estepas arbustivas, arbustivas herbáceas y arbustales, en su mayoría, aunque también se analizaron estepas llanuras salinas y peladales.

En general, las coberturas variaron entre Baja (menor del 25%) y Media alta (del 75 al 50%). El índice de biodiversidad de Shannon Weaver arrojó resultados que fluctuaron entre baja y media, con valores de H entre los 1,09 y 2,53, mientras que el índice de dominancia de Simpson determinó valores de dominancia entre bajos y medios, con valores desde 0,3 (baja dominancia) hasta 0,056 (media).

Tabla A.2.2: Transectas realizadas en el área de estudio.

TRANSECTA	UNIDAD FISONÓMICA	PUNTO	ALTURA m s. n. m.	ESPECIES	COBERTURA según Braun Blanquet	ABUNDANCIA			Índice de Biodiversidad	Índice de Dominancia	OBSERVACIONES
						Absoluta	Relativa en n° Pi	Relativa %	Según Shannon Weaver	Según Simpson	
1	Estepa Arbustiva	22	1010	<i>Larrea cuneifolia</i>	Media alta 50-70%	35	0,5469	54,69	Biodiversidad media	Dominancia baja	Suelo aluvial con cactus columnares (cardones) dispersos
				<i>Cercidium praecox</i>		1	0,0156	1,56			
				<i>Opuntia sp</i>		16	0,2500	25,00			
				<i>Senna aphylla</i>		9	0,1406	14,06			
				<i>Prosopis torquata</i>		1	0,0192	1,56			
				<i>maihueiopsis glomerata</i>		2	0,0385	3,13			
				totales		64	1,0000	100			
2	Estepa Arbustiva	25	1780	<i>Larrea cuneifolia</i>	Media 50%	8	0,1538	15,38	Biodiversidad media	Dominancia baja	Suelos pedregosos, sobre laderas, con escasos afloramientos.
				<i>Cercidium praecox</i>		1	0,0192	1,92			
				<i>Zuccagnia punctata</i>		13	0,2500	25,00			
				<i>Plectrocarpa tetraclanta</i>		4	0,0769	7,69			
				<i>Bougainvillea spinosa</i>		3	0,0577	5,77			
				<i>Opuntia sp</i>		17	0,3269	32,69			
				<i>Tephrocactus articulatus</i>		5	0,0962	9,62			
				<i>Bulnesia retama</i>		1	0,0192	1,92			
				totales		52	1,0000	100			
3	Estepa Arbustiva	57	3000	<i>Larrea divaricata</i>	Media baja 59 al 25%	8	0,1404	14,04	Biodiversidad media	Dominancia baja	Estepa arbustiva con cobertura baja, en sitios menor del 25%
				<i>Prosopis sp.</i>		5	0,0877	8,77			
				<i>Baccharis tola</i>		7	0,1228	12,28			
				<i>Cercidium praecox</i>		2	0,0351	3,51			
				<i>Bulnesia retama</i>		5	0,0877	8,77			
				<i>Tillandsia gilliesii</i>		20	0,3509	35,09			
				<i>Opuntia sp</i>		10	0,1754	17,54			
totales	57	1,0000	100,00								
4	Peladal	69	934	<i>Larrea cuneifolia</i>	Baja <25%	3	0,2143	21,43	Biodiversidad baja	Dominancia media	Zona aluvial con numerosos arroyos temporales. Los arbustos escasos se ubican en las terrazas.
				<i>Bulnesia retama</i>		10	0,7143	71,43			
				<i>Cercidium praecox</i>		1	0,0714	7,14			
				totales		14	1,0000	100,00			

TRANSECTA	UNIDAD FISONÓMICA	PUNTO	ALTURA m s. n. m.	ESPECIES	COBERTURA según Braun Blanquet	ABUNDANCIA			Índice de Biodiversidad	Índice de Dominancia	OBSERVACIONES
						Absoluta	Relativa en n° Pi	Relativa %	Según Shannon Weaver	Según Simpson	
5	Peladal	102	938	<i>Senna aphylla</i>	Baja <25%	4	0,2353	23,53	Biodiversidad baja	Dominancia media	Sobre terraa en área aluvial, suelo pedregoso, con sectores de peladares o estepar arbustivas con coberturas bajas.
				<i>Cercidium praecox</i>		12	0,7059	70,59			
				<i>Larrea divaricata</i>		1	0,0588	5,88			
				<i>totales</i>		17	1,0000	100,00			
6	Estepa Arbustiva	109	1100	<i>Larrea nittida</i>	Baja <25%	19	0,7037	70,37	Biodiversidad baja	Dominancia media	Arbustal jarillal, se observa una cobertura de gramíneas (coirones) que no fue relevada
				<i>Cercidium praecox</i>		5	0,1852	18,52			
				<i>Prosopis</i>		3	0,1111	11,11			
				<i>Totales</i>		27	1,0000	100,00			

III. Caracterización preliminar de la composición y distribución espacial del paisaje en referencia a la cobertura de unidades fisonómicas de vegetación actual

La Identificación de la composición del paisaje se realizó utilizando como base el mapa de unidades fisonómico estructurales de vegetación actual, basado en criterios fisonómicos utilizados como base para la definición de unidades territoriales (Matteucci, 1998a y b).

El área de estudio presenta 12 tipos fisonómicos de vegetación y 5 coberturas vinculadas con otros factores, como lagunas o sitios urbanos. La cobertura de vegetación cuenta con 2.175 parches, con gran diversidad de tamaño del parche, que ocupan entre 0,0044 ha hasta las 0,37 ha. La composición del paisaje por unidades fisonómica indica una dominancia de fisonomías de estepas arbustivas, arbustales y estepas arbustivas/herbáceas, que ocupan entre el 33,6; 25,4 y 16,4 del área respectivamente. Asimismo, las vegas presentan un porcentaje de ocupación de casi el 10%, mientras que las estepas xerófilas, pajonales, estepa Altoandina y llanura salina suman un 12,8% del área. el resto de las unidades muestran porcentajes menos a 1 (Fig. A.8.2).

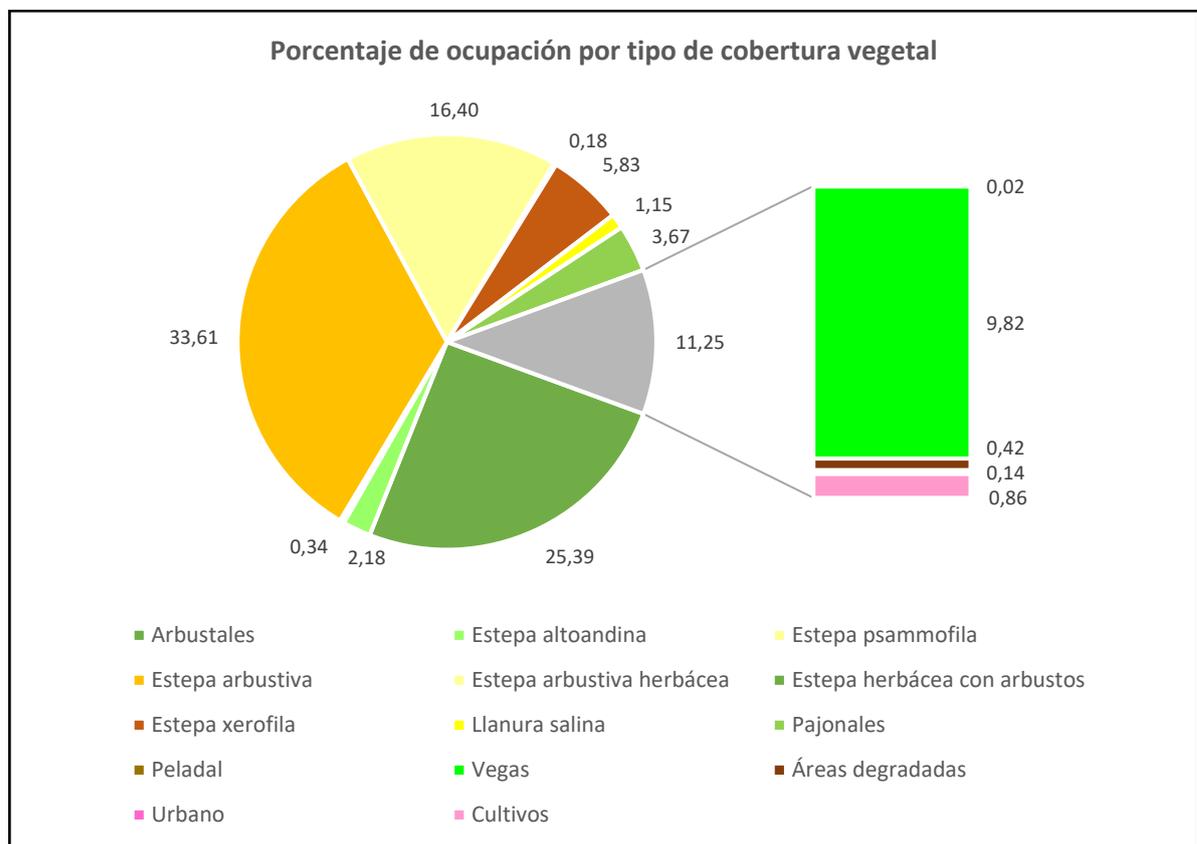


Figura A.8.2: Porcentaje de ocupación para cada unidad fisonómica estructural de vegetación

El mayor número de parches se observa en los ambientes de vegas, arbustales, estepa arbustiva y pajonales, que corresponden con el 89% de los presentes en el área y que indica el mayor nivel de fragmentación. Las formas de los mismos tienden a ser muy irregulares, aunque de carácter natural por la diversidad de condiciones ambientales.

En este análisis preliminar de las unidades de paisaje basadas en las coberturas de vegetación se destaca la matriz arbustiva en sus diferentes expresiones, que suman un más del 75% del área total.

El análisis de la biodiversidad a nivel del paisaje a través del Patch Analyst arroja valores similares a los obtenidos en las transectas, con un promedio de 1,73, lo que establece una baja diversidad de tipos de parches. Recordemos que el rango de diversidad de Shannon Weaver aplicado a las transectas señalaba un rango entre 1,16 y 2,53. Asimismo, es importante destacar que el rango de valores indicado para este índice va entre 0,5 y 5, y que además establece el rango entre 2 y 3 como normales para ecosistemas naturales. Por lo tanto, en biomas tan extremos como los que abarca el área de estudio, resulta interesante ver la coincidencia de estos resultados.

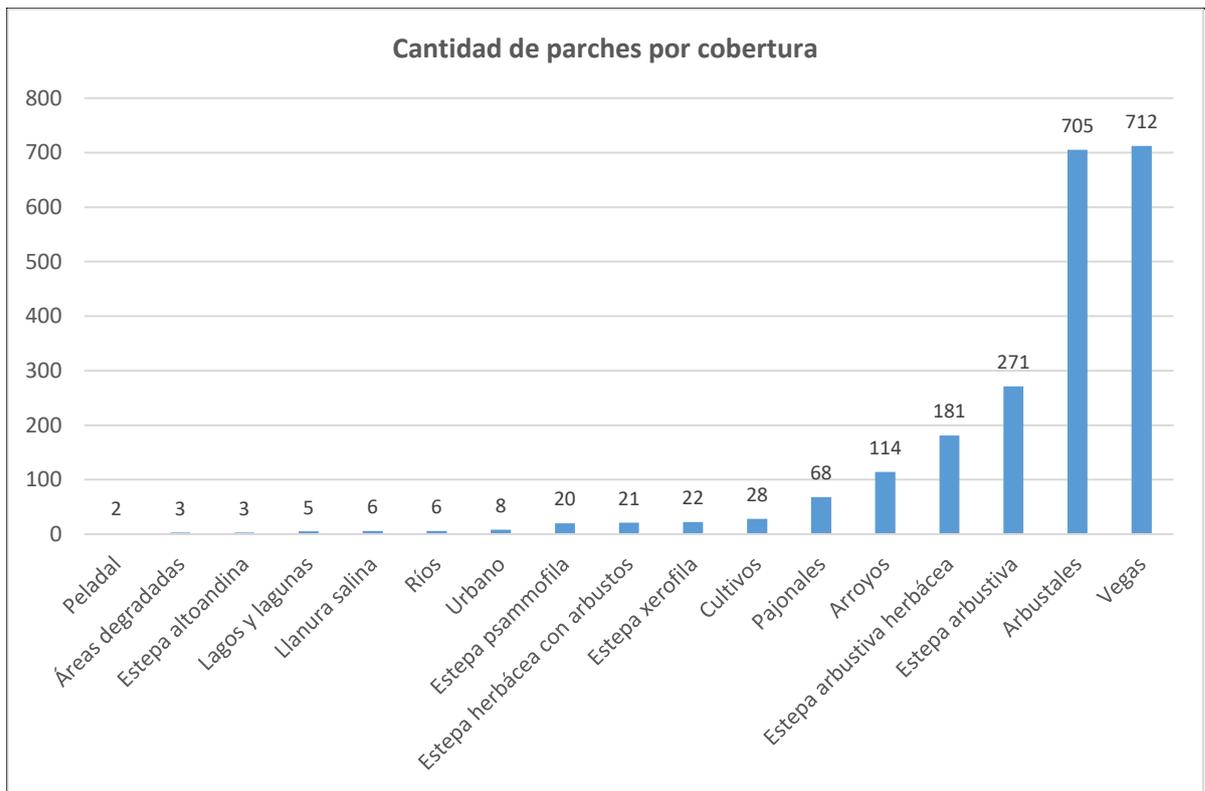


Figura A.8.3: Cantidad de parches por cada cobertura de vegetación.

En cuanto a la dominancia, los valores calculados en las transectas arrojan un promedio de 0,4, con valores que entre 0,2 y 0,5, donde la dominancia media se podía observar en peladales y estepas arbustivas. A nivel del paisaje la dominancia en la diversidad de parches indica un valor de 0,7, clasificada como baja.

IV. Consideraciones generales

La Identificación de la composición del paisaje se realizó utilizando como base el mapa de unidades fisonómico-estructurales de vegetación actual. El área de estudio presenta 12 tipos fisonómicos de vegetación y 5 coberturas vinculadas con otros factores, como lagunas, sitios urbanos u otros usos antrópicos. Los ambientes relevados en su mayoría fueron estepas arbustivas, arbustivas herbáceas y arbustales, aunque también se analizaron estepas llanuras salinas y peladales.

La cobertura vegetal presentó grandes variaciones entre los ambientes identificados, con valores entre baja (menor del 25%) y media alta (del 75 al 50%). El índice de biodiversidad de Shannon Weaver arrojó

resultados que fluctuaron entre baja y media, con valores de H entre los 1,09 y 2,53, mientras que el índice de dominancia de Simpson determinó valores de dominancia entre bajos y medios, con valores desde 0,3 (baja dominancia) hasta 0,056 (media).

La cobertura de vegetación cuenta con 2.175 parches, con gran diversidad de tamaño del parche, que ocupan entre 0,0044 ha hasta las 0,37 ha. En este análisis preliminar de las unidades de paisaje basadas en las coberturas de vegetación se destaca la matriz arbustiva en sus diferentes expresiones, que suman un más del 75% del área total.

Los ambientes más fragmentados, analizados a través de la cantidad de parches, fueron las vegas, arbustales, estepa arbustiva y pajonales, que corresponden con el 89% de los presentes en el área.