

3. RECURSOS GEOAMBIENTALES

3.1 OROGRAFÍA

El municipio de Potrero de los Funes forma parte de las estribaciones australes de la Sierra de San Luis. Esta unidad fisiográfica corresponde a un cordón orográfico ubicado en el sector centro-norte de la provincia, el cual se extiende por algo más de 150 km en dirección NNO-SSE y alcanza un ancho máximo de 70 km. Su línea de cumbres principales está constituida por elevaciones que varían entre los 1900 y 2200 m.s.n.m aproximadamente, iniciándose al Sur con el C° Valle de Piedra (1960 m.s.n.m) y continuando hacia el Norte con los cerros: Agua Hedionda (2162 m.s.n.m.), Retana (2181 m.s.n.m.), Tinaja (2099 m.s.n.m) y El Monigote (1980 m.s.n.m).

La categoría de “sierra” asignada a este cordón orográfico (al igual que al resto de las áreas elevadas del territorio provincial) se debe a que sus desniveles relativos máximos, no superan los 300 m, con valores frecuentes entre los 50 y 150 m.

La localidad de Potrero de los Funes y su área de influencia turística (circuitos del lago), se encuentran ubicadas en una depresión del relieve del área serrana, rodeada íntegramente por elevaciones. Las mayores alturas se encuentran al norte, donde las altitudes varían entre 1100 y 1500 m.s.n.m, dominadas por el C° Valle de Piedra (1960 m.s.n.m.), mientras que hacia el sector SO, se destaca el C° Potrero (1460 m.s.n.m.) y la sierra del Potrero (ver Figs. 4 y 5).

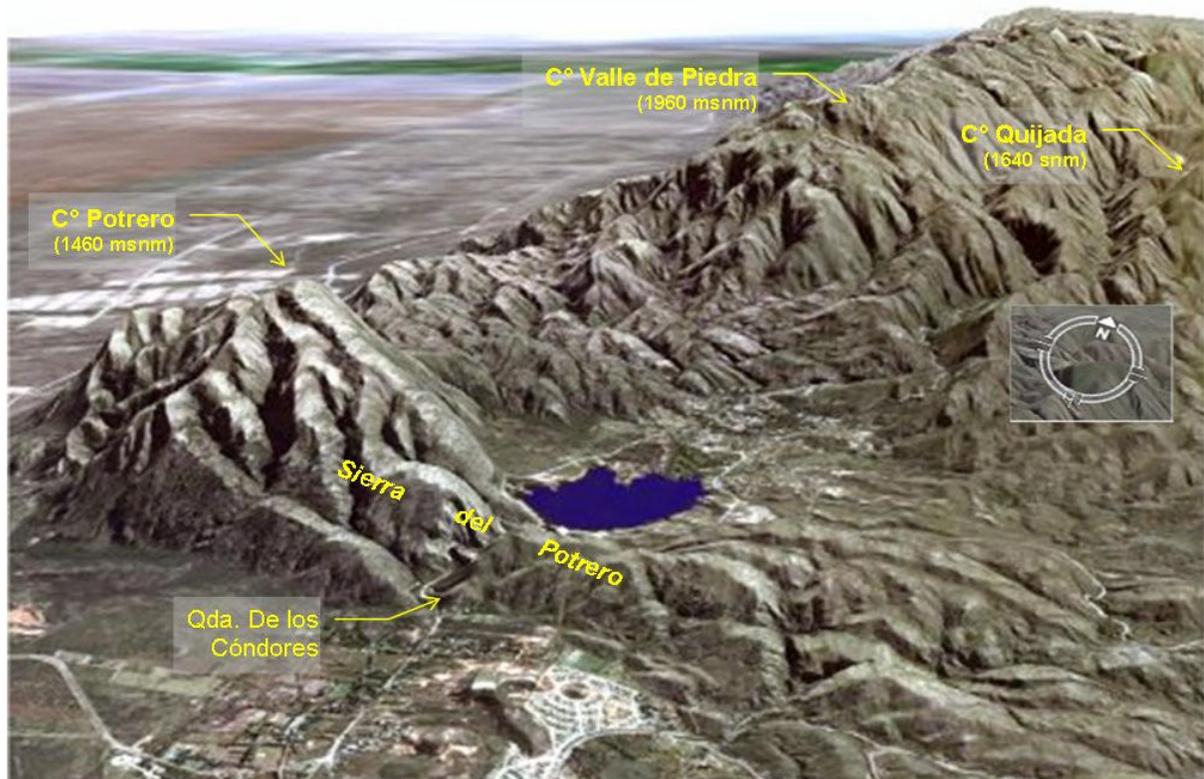


Figura 4: Principales elementos orográficos

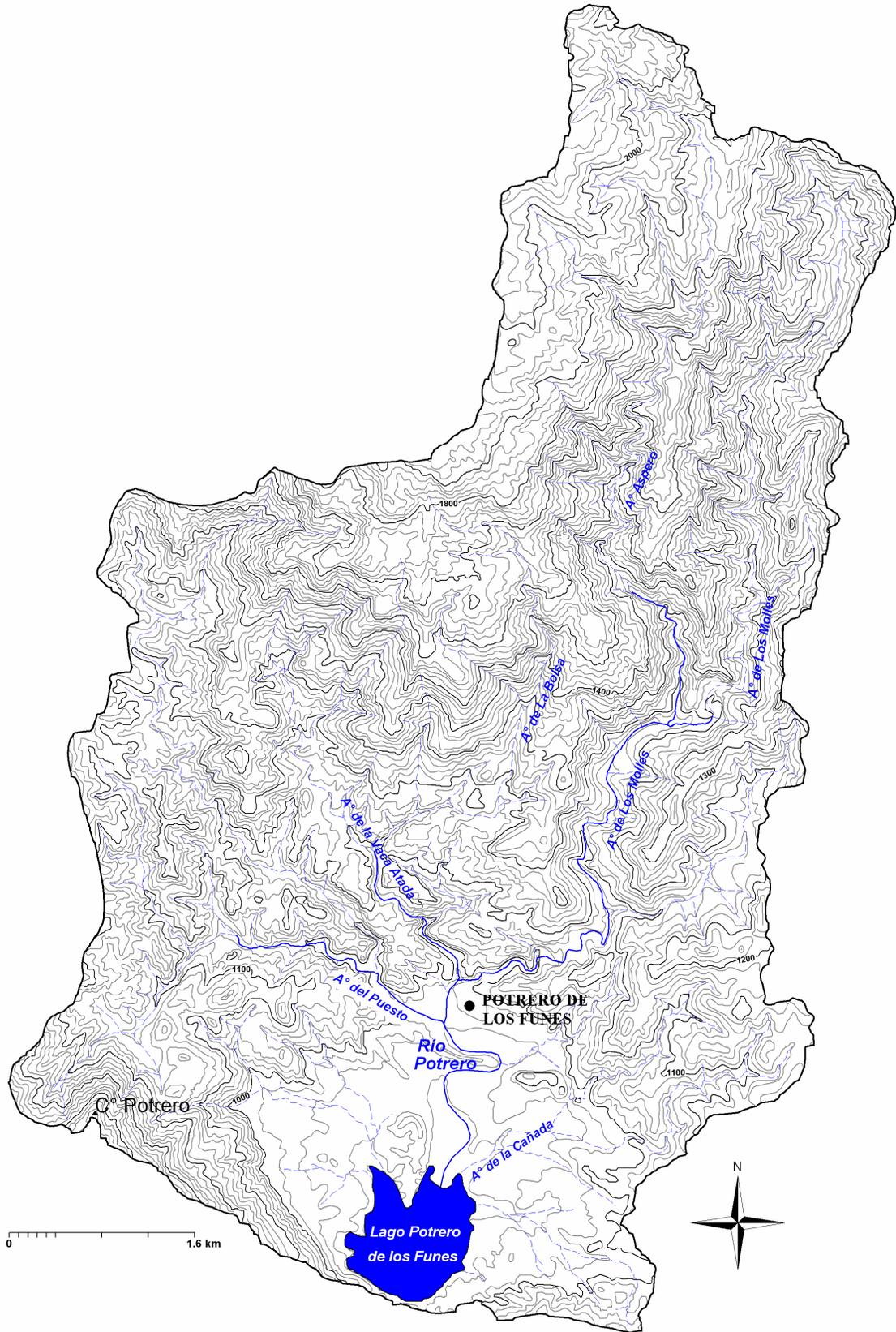


Figura 5: Mapa topográfico de la cuenca del lago Potrero de los Funes
3.2 HIDROGRAFÍA

La cuenca hidrográfica del lago Potrero de los Funes ocupa unos 48 km² y está integrada por cursos fluviales en su mayoría de carácter *temporario*. Como excepción a ello se destacan su colector principal, el río Potrero, y sus tributarios mayores: el arroyo de Los Molles, el arroyo Aspero, el arroyo de la Bolsa y el tramo inferior del arroyo de la Vaca Atada (ver Fig. 6). En su conjunto la red de drenaje presenta un diseño en planta convergente hacia el embalse (diseño centrípeto) localizado en la parte más baja del relieve (cota del lago 920 m.s.n.m.).

Este embalse artificial es uno de los más antiguos de nuestro país, cuyos orígenes se remontan a mediados del siglo XIX¹: se trata de un embalse principal de cabecera constituido por un dique en arco, de hormigón, de radio variable y 32,70 m de altura sobre el lecho. Ocupa una superficie de 0.8 km² y permite una retención de 6,80 Hm³ de agua. El objetivo principal de esta presa ha sido fundamentalmente al riego semipermanente y la provisión de agua potable a la ciudad de San Luis.

La cuenca del lago Potrero de los Funes puede ser dividida en 10 subcuencas (Fig. 6). La diferenciación y caracterización de cada una de ellas permite contar con una herramienta más eficiente a la hora de analizar su comportamiento hidrológico (ej: estudios de crecidas), tal como se muestra en la Tabla 2.

Las características orográficas e hidrográficas de la cuenca pueden ser observadas en forma tridimensional mediante anaglifos y la Fig. 7.

Tabla 2: Datos hidrológicos de la cuenca del lago Potrero de los Funes

SUBCUENCAS	Área (km ²)	Longitud total del colector principal (m)	Carácter del colector principal	Densidad de drenaje (km/km ²)	Pendiente general del curso principal (%)	Circularidad (Según Índice de Gravelius)	Caudal de crecida (m ³ /s)
A° Los Molles (cuenca alta)	6.23	8773	Permanente	4.35	10	Oblonga	56
A° Los Molles (cuenca baja)	3.01	5307	Permanente	3.54	6	Oblonga	34.2
A° Aspero	8.05	10470	Permanente	3.73	12.5	Oblonga	62.8
A° de la Bolsa	8.58	5373	Permanente	2.98	16	Ovalada	35.8
A° del Puesto	9.56	8250	Temporario	3.39	12	Oblonga	54.1
A° La Cañada	3.54	4846	Temporario	4.51	6,4	Oblonga	43.5
Subcuenca del lago Este	1.66	2218	Temporario	4.62	6,5	Oblonga	25.4
Subcuenca del lago Oeste	4.09	2434	Temporario	3.54	11	Oblonga	42.4
Río Potrero	2.41	2987	Permanente	4.45	0,6	Oblonga	23.2
Subcuenca Pto. El Barrito	1.85	3147	Temporario	4.95	10	Ovalada	31.6
Superficie del Lago Potrero de los Funes	0.80	-		-			

1 El dique Potrero de los Funes fue reconstruido tres veces. A mediados del siglo XIX, en este lugar se realizó una de las primeras obras hídras de la Argentina. El sitio es óptimo porque el valle del río Los Molles tiene la forma de un cañón estrecho con laderas casi verticales compuestas de rocas muy resistentes (graníticas). Sin embargo el primer dique se realizó con una tecnología muy rudimentaria (una pared recta de de piedra) y fue destruido en 1860 por una creciente. Posteriormente, en 1876 se reconstruyó con una tecnología similar pero con mayor altura (26 m) y en el diseño se tuvo en cuenta realizar una curva con la convexidad ubicada aguas arriba y con un perfil trapezoidal (la base mas ancha que el coronamiento). La tercer etapa tuvo lugar en 1927 cuando la vieja represa se reemplazó por la actual, también en forma de arco construido con hormigón y que posee 33 m de altura. En épocas de sequía el descenso del nivel del lago permite ver partes del anterior dique de piedra. Inicialmente fue previsto para irrigar 500 has, proveer de agua a la capital de San Luis y activar una central hidroeléctrica para producir 450 kw de potencia.

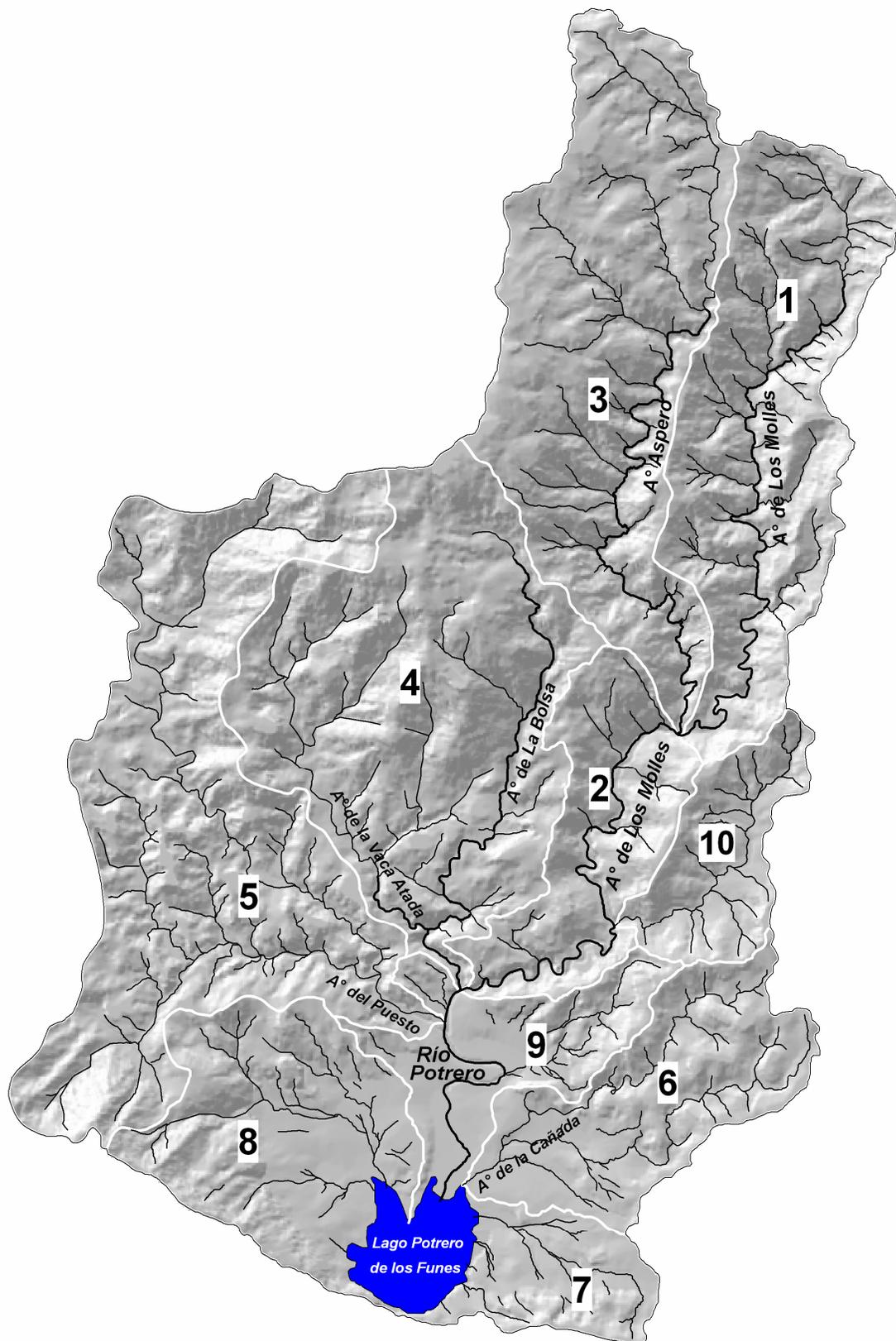


Figura 6: Subcuencas hídricas del lago Potrero de los Funes

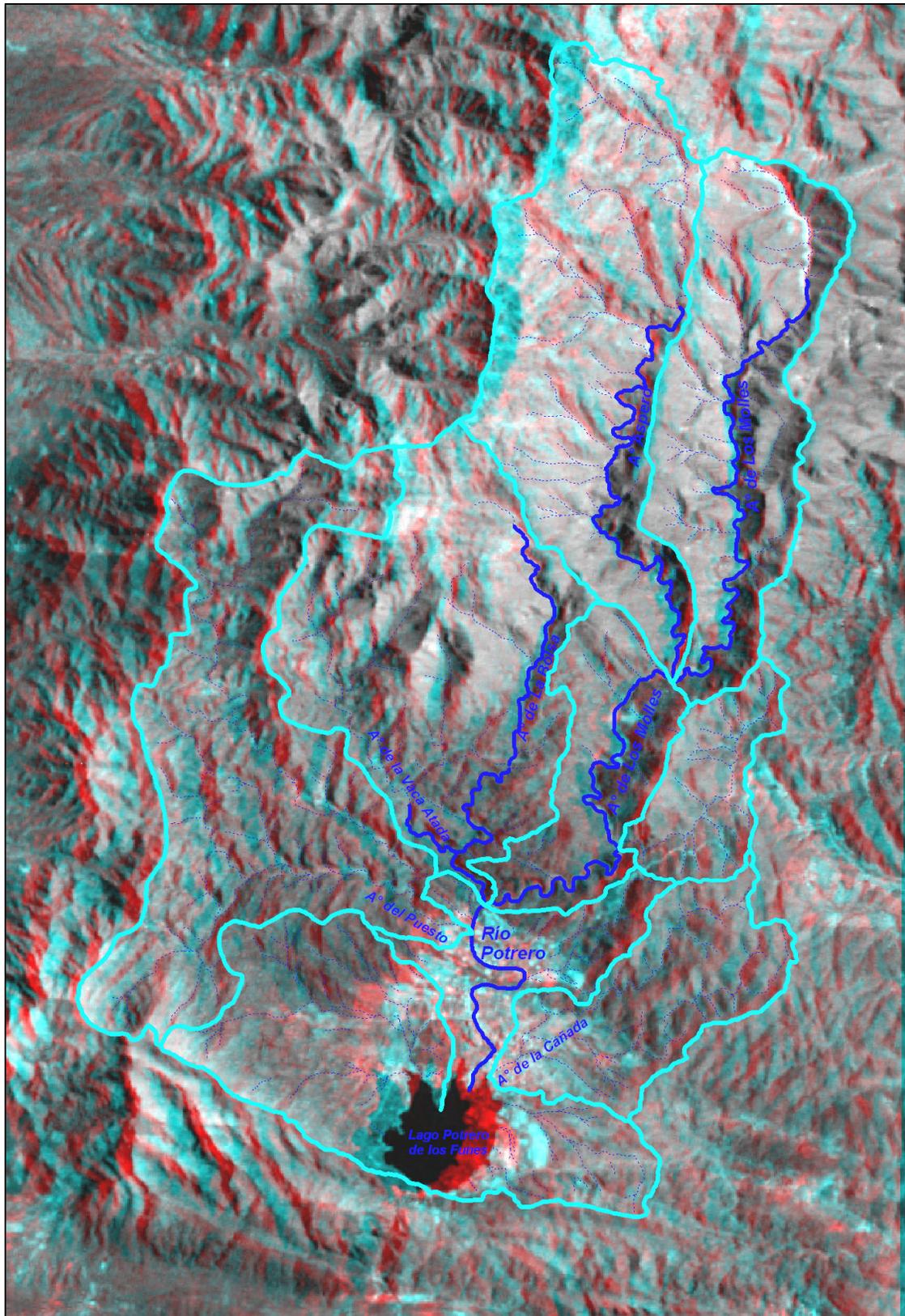


Figura 7: Imagen 3D (anaglifo) de la cuenca del lago Potrero de Los Funes.(usar anteojos provistos con el Atlas para su visualización tridimensional)

3.3 GEOLOGIA

La localidad de Potrero de los Funes constituye desde el punto de vista geológico un lugar de características singulares debido a la preservación de numerosos registros de interés para la reconstrucción de los hechos sucedidos en el pasado.

En base a diferentes estudios realizados en el área, es posible identificar cuatro unidades geológicas principales: Rocas del basamento cristalino de edad Precámbrico a Paleozoico sup., depósitos sedimentarios fluviales de edad terciaria, depósitos sedimentarios fluvio-aluviales del Cuaternario inf.?, y depósitos eólicos y fluvio-eólicos de edad Cuaternario superior-Holoceno (ver Figs. 8 y 9).

Las unidades geológicas más antiguas del basamento cristalino están integradas principalmente por materiales de origen ígneo, como por ejemplo rocas graníticas y diques aplíticos y pegmatíticos (Foto 1). En menor proporción se presentan rocas metamórficas como esquistos y migmatitas. En el sector oriental se destaca además la presencia de una faja de rocas cataclásticas asociadas a la presencia de antiguas zonas de fallamiento. Los contactos entre estas unidades no son siempre claros, por ello en el mapa de la Fig. 9 algunos de ellos se representan con líneas discontinuas.

Las unidades geológicas más “nuevas” se concentran en el extremo sur de la cuenca. Dentro de ellas, la más antigua corresponde a rocas sedimentarias clásticas de origen fluvial y coloración típicamente rojizas, referidas a la Formación San Roque. Están integradas por estratos de areniscas y conglomerados que inclinan unos 22° hacia el suroeste y apoyan en forma no concordante sobre las rocas del basamento cristalino (ver Foto 2).

CUADRO GEOCRONOLOGICO		
	EDAD	MATERIALES
CUATERNARIO	Holoceno	Depósitos fluviales y coluviales actuales
		Fm. Algarrobito
	Pleistoceno	Fm. Barranquita
		Fm. Alto Grande
TERCIARIO	Plioceno	Fm. San Roque
	Mioceno	
PRECAMBRICO A PALEOZOICO SUP.		Rocas ígneas y metamórficas

Figura 8: Cuadro geocronológico

En sectores próximos al hotel internacional Potrero de los Funes, se presentan rocas de coloración predominantemente grisácea, de origen fluvio-aluvial, constituidas por depósitos clásticos gruesos y muy gruesos (conglomerados y aglomerados), pertenecientes a la Formación Fanglomerado del Potrero. Estas apoyan en forma discordante sobre la Formación San Roque (Foto 3 y 4).

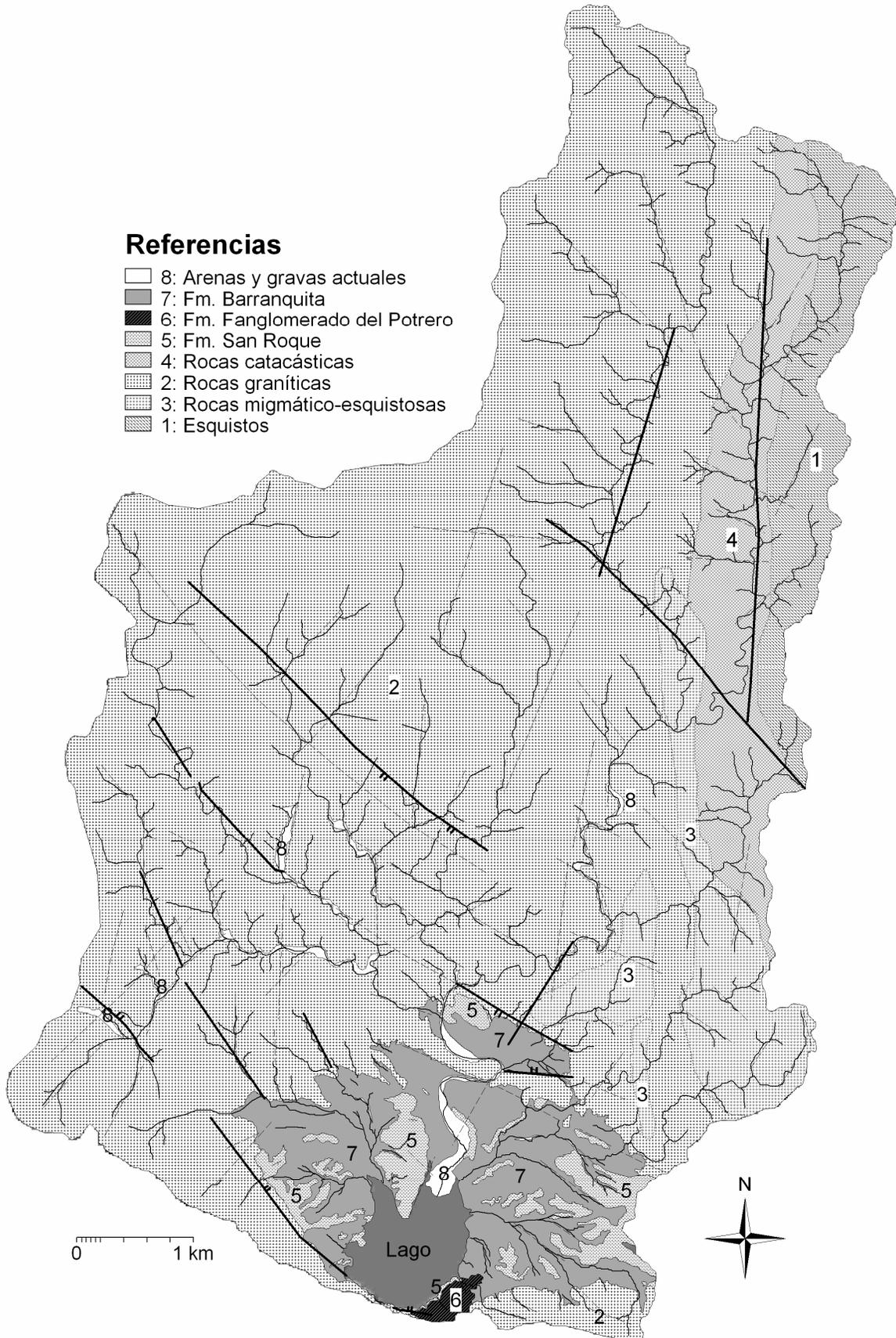


Figura 9: Mapa geológico de la cuenca del lago Potrero de los Funes

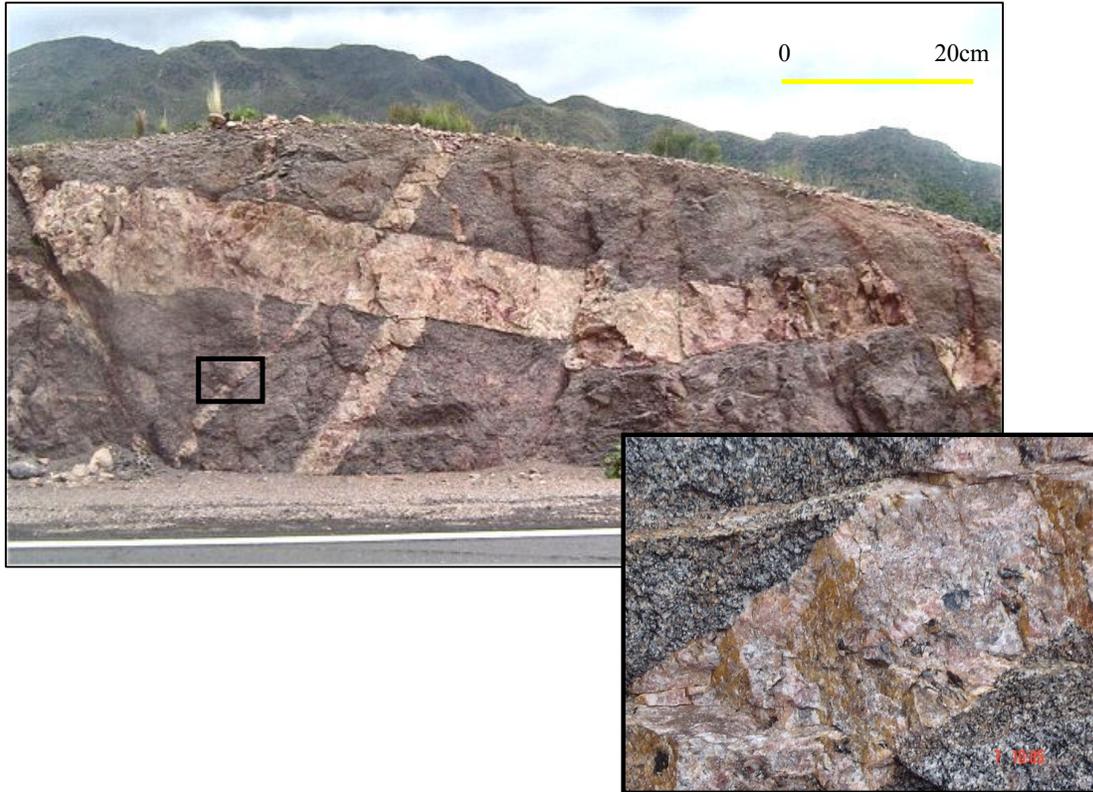


Foto 1: Rocas endógenas del basamento cristalino: granitos atravesados por diques aplíticos y pegmatíticos.



Foto 2: Depósitos de la Fm. San Roque



Foto 3: Depósitos de la Fm. Fanglomerado del Potrero apoyando en discordancia angular y erosiva sobre la Fm. San Roque. Afloramiento sobre el circuito del lago.



Foto 4: Conglomerados de la Formación Fanglomerado del Potrero. Sector SO del circuito serrano

En los sectores más bajos que rodean al lago Potrero de los Funes, afloran sedimentos eólicos correspondientes a la Formación Barranquita. Estos depósitos se caracterizan por formar paredones verticales asociadas a erosión fluvial, presentando una típica coloración marrón claro (en seco) y un tamaño de grano muy fino (arena muy fina y limo) (Foto 5). Estos depósitos cubren parcialmente en forma de mantos a las unidades

rocosas más antiguas y sus relaciones estratigráficas son en general claramente visibles en los arroyos y cárcavas que surcan el área. A veces en la base de la Formación Barranquita se presentan lentes conglomerádicas de origen fluvial atribuibles a la Formación Alto Grande, aunque con una distribución restringida a las depresiones vinculadas a antiguos canales (Foto 6). En su parte superior se presenta un horizonte oscuro que ha sido interpretado como un suelo antiguo, desarrollado bajo condiciones de mayor humedad que las actuales (Paleosuelo Los Toldos).



Foto 5: Depósitos eólicos de la Fm. Barranquita relleno valles serranos (en la parte superior el paleosuelo Los Toldos)

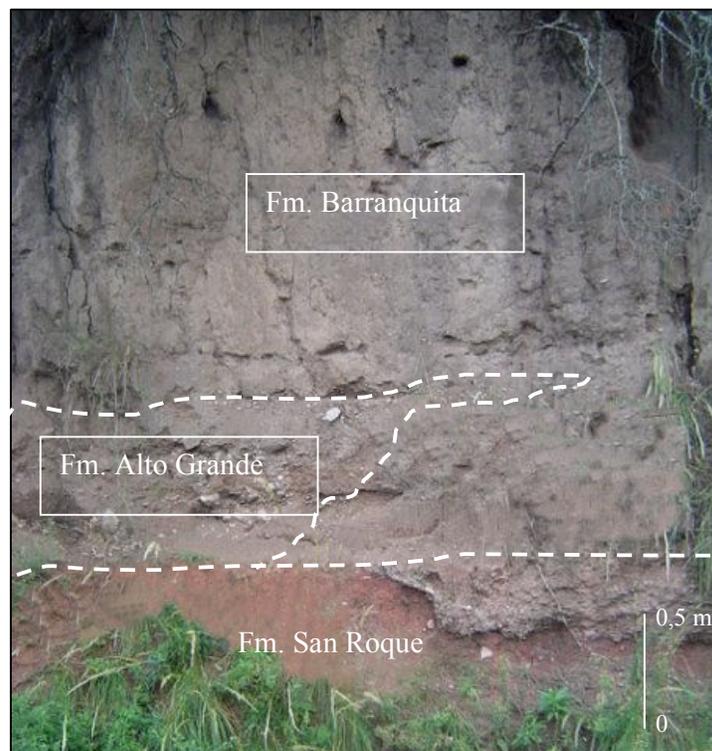


Foto 6: Vista de las Formaciones cenozoicas en las barrancas de los cursos actuales

Las unidades geológicas más recientes corresponden a los materiales sedimentarios aluviales (limos, arenas y gravas) que forman parte de los cursos fluviales actuales y del delta del río Potrero, y a los depósitos coluviales desarrollados en las áreas de pendiente. En el mapa geológico de la Fig. 14 se muestran las diferentes unidades litológicas y los rasgos estructurales (fallas y lineamientos tectónicos) asociados a los procesos de deformación “frágil” que han sufrido estas rocas. Se destacan entre ellas una serie de fallas con dirección NO-SE, como la que forma prácticamente el límite sur del lago Potrero de los Funes.

3.3.1 Historia Geológica

La elaboración del paisaje actual de Potrero de los Funes comenzó hace “sólo” unos 15 millones de años, es decir que hace algunos millones atrás no existían las sierras que circundan el lago ni mucho menos la imponente Quebrada de los Cóndores.

Hace unos 30 millones de años, el paisaje era muy diferente, probablemente constituido por llanuras y suaves colinas. Pero si nos pudiéramos transportar unos 400 millones de años atrás en el tiempo, habríamos admirado un paisaje con una cordillera parecida a la de los Andes y más al Oeste, un mar como el actual Océano Pacífico.

La historia geológica del área ha podido ser parcialmente develada a través de diferentes estudios realizados en la región. Sin embargo, su configuración general no se puede explicar sin tener en cuenta los grandes procesos geológicos que han actuado (y actúan) en todo el Planeta. En este sentido se destaca la particular incidencia que han tenido localmente la dinámica de las placas litosféricas y los cambios climáticos regionales.

La historia geológica de la región es de carácter complejo y se remonta en realidad a épocas donde la vida aún estaba en sus comienzos. Las primeras rocas en formarse fueron los granitos y esquistos que forman parte del basamento cristalino, entre los 600 y 300 m.a. (millones de años) aproximadamente, es decir corresponden al lapso que ocupan los Periodos que van desde el Cámbrico hasta el Paleozoico superior

Estas rocas de carácter endógeno se formaron a grandes profundidades (5-10 km) en la corteza terrestre, por efecto de las transformaciones sufridas debido a las altas temperaturas y presiones allí reinantes. Los materiales originales de las rocas metamórficas esquistosas han sido probablemente antiguos sedimentos marinos pertenecientes a un océano ubicado al Oeste de esta región. Todo el complejo de rocas ígneas y metamórficas es el resultado de procesos geológicos ocurridos en lo que fue el borde occidental de un antiguo continente, similar a lo que sucede actualmente en la cordillera de los Andes (Orógeno Andino). Posteriormente se formó el supercontinente llamado Pangea que a partir del Terciario se fragmentó en varias placas y dos de ellas corresponden a Sudamérica y África (Fig. 10).

Como se mencionó previamente, la configuración actual del área serrana se atribuye fundamentalmente a las repercusiones locales de la última orogenia registrada, la cual se inició hace aproximadamente unos 30 m.a. dando comienzo a la formación de la cordillera de los Andes. Cabe destacar que en Potrero de los Funes no se conocen registros estratigráficos neopaleozoicos ni mesozoicos que permitan analizar la historia geológica correspondientes a dichos periodos. Así, las sierras de San Luis son interpretadas como el resultado de la elevación de bloques compuestos por materiales rocosos formados a grandes profundidades, a través de fallas inversas con dirección predominante Norte-Sur. Dichas fallas son el resultado de los esfuerzos compresivos E-O generados por el choque entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana (ver Fig. 11).

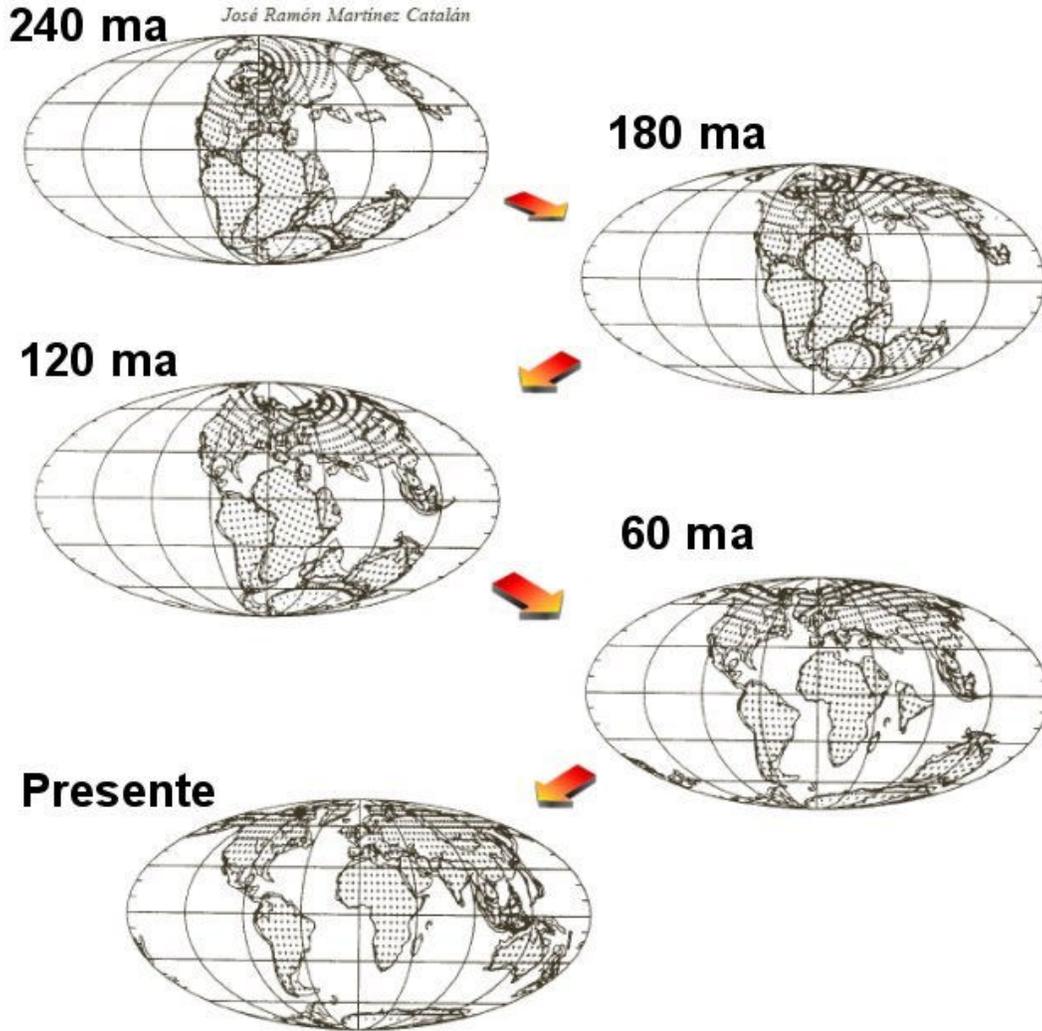


Figura 10: Desintegración de un supercontinente a través del tiempo geológico (en millones de años)

En la parte Oeste de Sudamérica se encuentra una zona de límites de placas convergentes donde la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa Sudamericana. Este fenómeno ocurre desde hace varios millones de años y además de dar origen a la cordillera de Los Andes, es responsable de la actividad sísmica actual de esa región y del vulcanismo que se encuentra en el borde occidental de Sudamérica.

Sin embargo entre los 28° y 32° de latitud Sur, se produce un fenómeno singular que se conoce como la horizontalización de la placa oceánica subductada, el cual ocurre desde hace unos 15 Ma. Dicha horizontalización es un cambio de angularidad del plano de Benioff que pasa de $30-40^{\circ}$ a tener menos de 10° . Por ello, desde esa época el vulcanismo es más escaso en la región cordillerana y se retiró hacia el interior del continente, apareciendo de esta manera manifestaciones volcánicas en San Luis (Figs. 11 y 12).

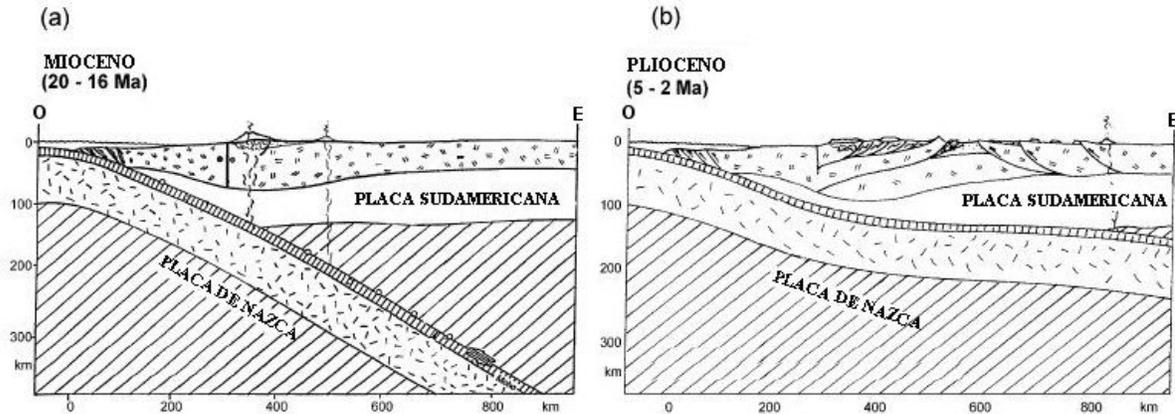


Figura 11: Evolución tardío cenozoica andina, mostrando la horizontalización de la subducción de la placa de Nazca (modificado de Ramos et al., 2002).

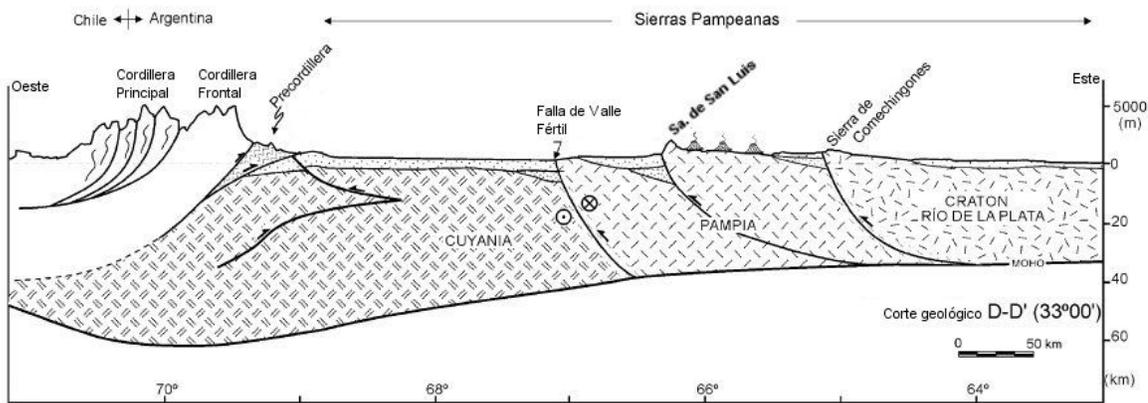


Figura 12: Perfil estructural detallado de la Placa Sudamericana a la latitud de San Luis (modificado de Ramos et al., 2002).

3.3.2 Origen de la Depresión del Potrero de los Funes

El desarrollo de la depresión de Potrero de los Funes no fue un hecho aislado sino que está vinculado con la generación de otras depresiones en la región, como la de Las Chacras, ubicada algo más al Sur que la anterior. Ambas se encuentran asociadas a un proceso singular de formación debido a esfuerzos extensionales ocurridos durante periodos de relajamiento de los movimientos compresivos principales que provocaron el ascenso de la Sierra de San Luis.

Durante el Oligoceno (37 a 22 ma. atrás), el sector habría presentado un relieve llano, con suaves ondulaciones que comenzó a ascender posteriormente por efecto de las presiones provenientes desde el Oeste, a partir de dos etapas principales:

Etapas I: Hace unos 15 m.a. (Mioceno medio- superior?)

Posible inicio del ascenso de la sierra de San Luis. Las rocas que integran el denominado “basamento cristalino” fueron divididas en bloques y ascendidas hacia la superficie mediante fallas inversas con dirección submeridiana. El desequilibrio generado en la región por el levantamiento de dichos bloques rocosos, generó como respuesta el

inicio de procesos erosivos en las áreas más elevadas y la depositación de sedimentos en las zonas deprimidas. Ello habría tenido lugar a partir de la erosión fluvial de la paleocuenca del arroyo Los Molles y la sedimentación de los materiales erosionados en una planicie continua ubicada hacia el Sur (Fig. 13).

Los depósitos sedimentarios formados a partir de esta primera etapa constituyen la unidad geológica denominada Formación San Roque, la cual se habría extendido sin interrupciones entre la actual depresión del Potrero de los Funes y la depresión de las Chacras (Fig. 14). Ello permite inferir que la denominada Sierra del Potrero no existía y el relieve por entonces era bastante suave, diferente al actual. Los depósitos muestran en general un tamaño de grano decreciente hacia el Sur: Son parcialmente conglomerádicos en el Norte (Por ej. zona del Espolón del Lago), areniscosos en el sector Sur de la Quebrada de los Cóndores, y arcilíticos en la zona de la depresión de las Chacras.

Etapa II: Hace unos 2 m.a. (Plioceno - Pleistoceno)

Durante esta etapa se habrían registrado los empujes más importantes que provocaron el levantamiento principal del área serrana y el desarrollo de su configuración actual. La elevación de los bloques se produjo principalmente a lo largo de fallas localizadas en la margen occidental de los núcleos cristalinos (Falla de San Luis), que al estar sometidas a esfuerzos **compresivos**, provocaron el acortamiento y una nueva elevación de la sierra.

Sin embargo en el sector austral, son importantes las fallas con dirección NO-SE las cuales actuaron mediante esfuerzos **extensionales**. Estos esfuerzos produjeron **fallas directas** provocando así el hundimiento de algunas regiones y el ascenso de otras. Este proceso complejo tiene varias implicancias:

- a) La planicie sedimentaria mio-pliocena constituida por la Formación San Roque es subdividida en dos subcuencas: Potrero de los Funes y Las Chacras, debido a la elevación de la sierra del Potrero.
- b) Provoca la inclinación de los estratos de la Formación San Roque entre 20° y 40° al SO.
- c) Se produce una nueva reactivación de la erosión en las áreas elevadas y la formación de abanicos aluviales cuyos sedimentos constituyen la Formación Fanglomerado del Potrero y su equivalente en la zona de las Chacras, Formación Las Chacras. Estos cubrieron a las unidades previamente depositadas e inclinadas.

Etapa III: Hace unos 500.000 a 100.000 años (Pleistoceno medio a superior?)

Hacia el Pleistoceno medio a superior sobreviene una etapa marcadamente degradacional que erosiva los depósitos conglomerádicos de la Formación Fanglomerado del Potrero e incluso de la Formación San Roque, modelando un paisaje de valles y lomadas.

Durante el resto del Cuaternario, si bien los esfuerzos tectónicos no han cesado (tal como lo demuestran los registros sísmicos de la región y la presencia de fracturas recientes), la evolución geológica del área ha estado a cargo principalmente de procesos de carácter exógeno.

Durante el Pleistoceno superior-Holoceno inferior (hace aproximadamente unos 10 mil años), en las zonas de valles fluviales desarrollados durante la etapa III, se depositaron sedimentos areno-gravosos de la Formación Alto Grande. Posteriormente, y asociado al establecimiento de condiciones climáticas de gran aridez, tuvo lugar la depositación de extensos mantos eólicos pertenecientes a la Formación Barranquita.

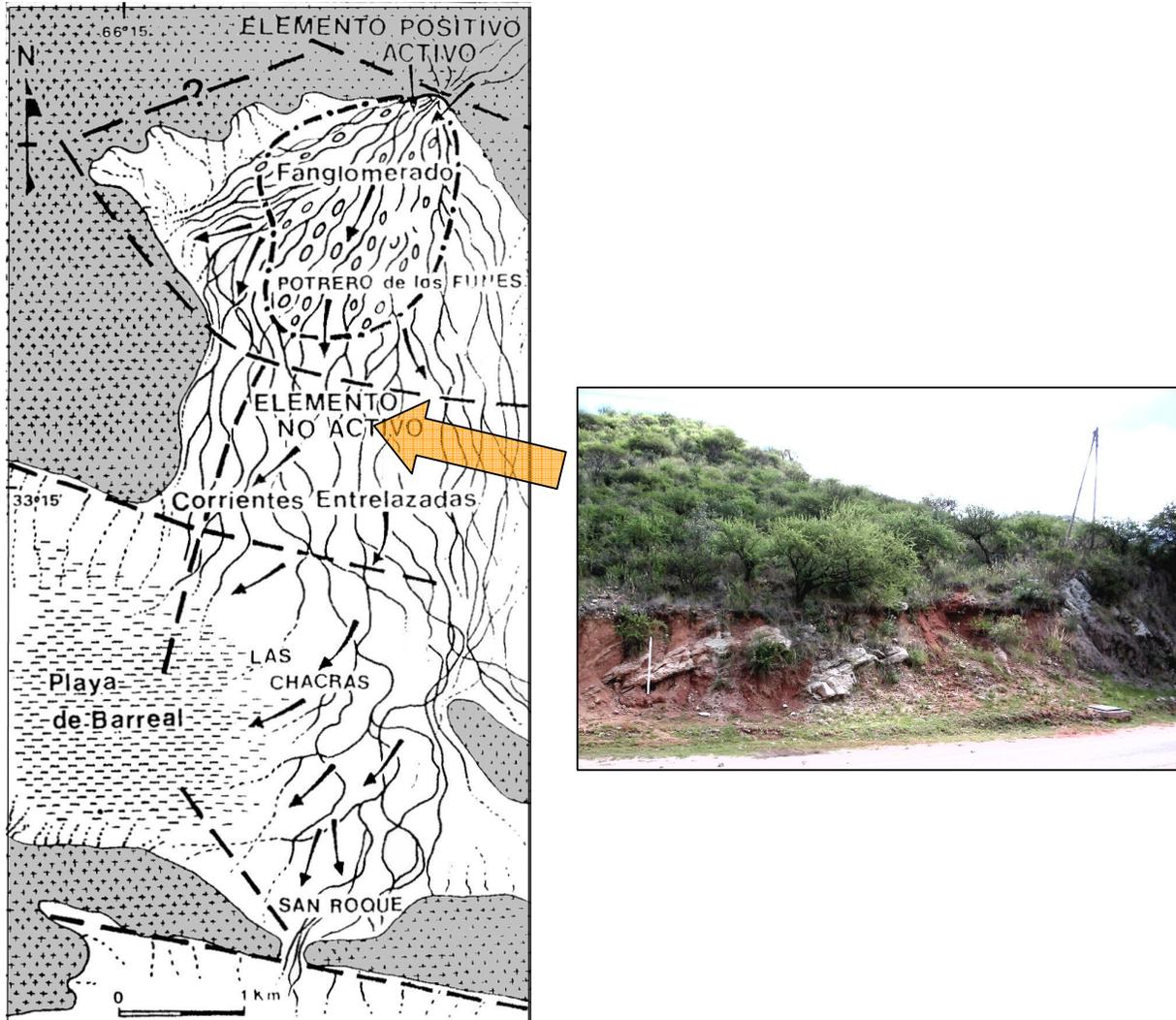


Figura 14: Modelo depositacional de la Fm. San Roque, tomado de Di Paola y Rivarola, 1992. En la foto se observan afloramientos de areniscas y conglomerados finos de la Fm. San Roque inclinando hacia el Sur. Sector Sur de la Quebrada de los Cóndores.

La sedimentación eólica de la Fm. Barranquita, la cuál alcanzo en algunos sectores espesores superiores a los 10 m, produjo el relleno parcial de la cuenca del Potrero de los Funes, cubriendo la totalidad de las áreas deprimidas. La procedencia de los sedimentos eólicos sería en parte del área cordillerana aunque tendría además aportes locales.

La presencia en la parte superior de la Formación Barranquita del Suelo Los Toldos, señala claramente la existencia de un cambio en las condiciones climáticas, las que hacia el Holoceno medio habría sido de mayor humedad que la etapa previa, e incluso que el clima actual.

Ya en el Holoceno superior, hace aproximadamente unos 500 años atrás, se produce una nueva modificación en el clima hacia condiciones de mayor aridez, lo cual origina un empobrecimiento de la vegetación y la consecuente reactivación de la erosión fluvial y eólica sobre los sedimentos de la Formación Barranquita, incluido el suelo Los Toldos. La depositación de los materiales erosionado en los sectores deprimidos del terreno dio lugar a la Formación Algarrobito, la cual presenta en general espesores que no superan los 50 cm.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico el paisaje de Potrero de Los Funes está vinculado a una importante región en la Argentina conocida como “Provincia Geomorfológica de Sierras Pampeanas” (Fig. 15a). Dentro de ella integra la porción austral de la denominada “Región Geomorfológica de la Sierra de San Luis” (Fig. 15b) y dentro de esta a su vez, integra la “Asociación Geomorfológica de las Depresiones Tectónicas del Sur de Sierra” (Fig. 15c).

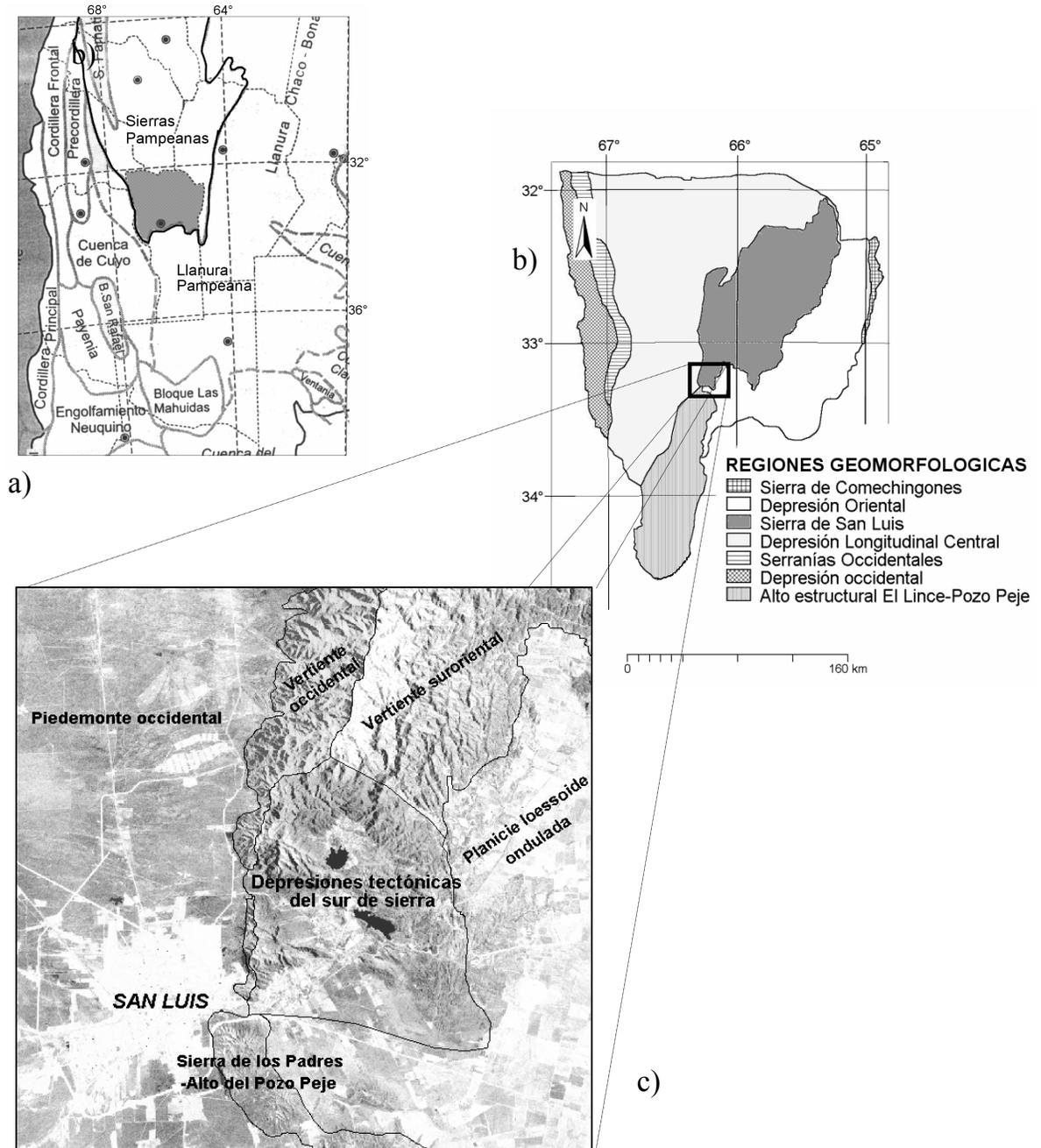


Figura 15: Clasificación jerárquica del relieve para el extremo sur de la sierra de San Luis
 a) Provincias b) Regiones y c) Asociaciones Geomorfológicas

La característica distintiva de la Provincia Geomorfológica de Sierras Pampeanas es la presencia de cordones orográficos con desniveles internos que no superan los 300 metros de altura, separados por valles longitudinales de orientación meridiana. Además de ello, debido a que su origen está asociado al levantamiento de bloques a partir de fallas inversas localizadas en su flanco occidental, presentan típicamente un perfil topográfico transversal asimétrico. Mientras las laderas occidentales son cortas y fuertemente escarpadas, las laderas orientales son extensas y de suave inclinación (Fig. 16).

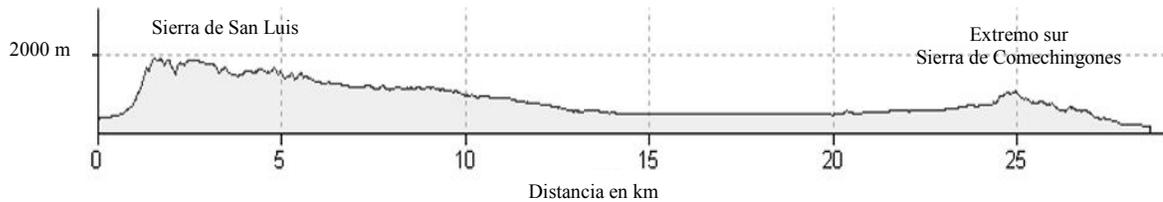


Figura 16: Perfil topográfico E-O de la sierra de San Luis a la latitud de 33° Sur. La escala vertical se encuentra exagerada.

La Región Geomorfológica de la Sierra de San Luis comprende un cordón serrano que alcanza una altura máxima de aproximada 2100 m.s.n.m. Presenta forma oval en planta y tiene su eje mayor extendido en dirección NNE-SSO, a través de unos 150 km y un eje menor que alcanza unos 70 km.

Debido a la asimetría de las laderas serranas, más del 80% de la superficie de esta unidad corresponde a la vertiente oriental. La suave pendiente topográfica que la caracteriza (aprox. 1° al Este), determinó un mayor desarrollo de los sistemas hidrográficos que en la ladera occidental. Es por ello que allí es donde se desarrollan las principales cuencas hídricas del territorio provincial como el río Quinto y el río Conlara.

En el extremo austral de la sierra de San Luis, la ladera oriental pierde identidad morfológica debido a su desmembramiento en una serie de bloques menores, afectada por el accionar de fallas directas con orientación predominante NO-SE. El hundimiento de bloques originó depresiones o fosas tectónicas del tipo hemigraben. Ejemplos de ello son las depresiones tectónicas de Potrero de los Funes y Las Chacras.

La localidad de Potrero de los Funes -como parte integrante de la Asociación Geomorfológica de las Depresiones Tectónicas del Sur de Sierra- esta representada principalmente por las siguientes Unidades Geomorfológicas (ver Fig. 17):

- a) Complejo de valles fluviales serranos
- b) Superficie de erosión antigua
- c) Lomas terciarias
- d) Mantos loessoides discontinuos
- e) Llanura aluvial y delta del río Potrero

La caracterización de las unidades geomorfológicas está restringida al área de la cuenca del lago Potrero de los Funes, cuyos límites corresponden a las divisorias de agua mayores a partir de las cuales se desarrollan los cursos fluviales (transitorios y permanentes) que confluyen en el lago. Al final de las descripciones de las unidades se presenta una síntesis de los rasgos morfométricos (Tabla 3) y un esquema evolutivo general de la región (Fig. 20).

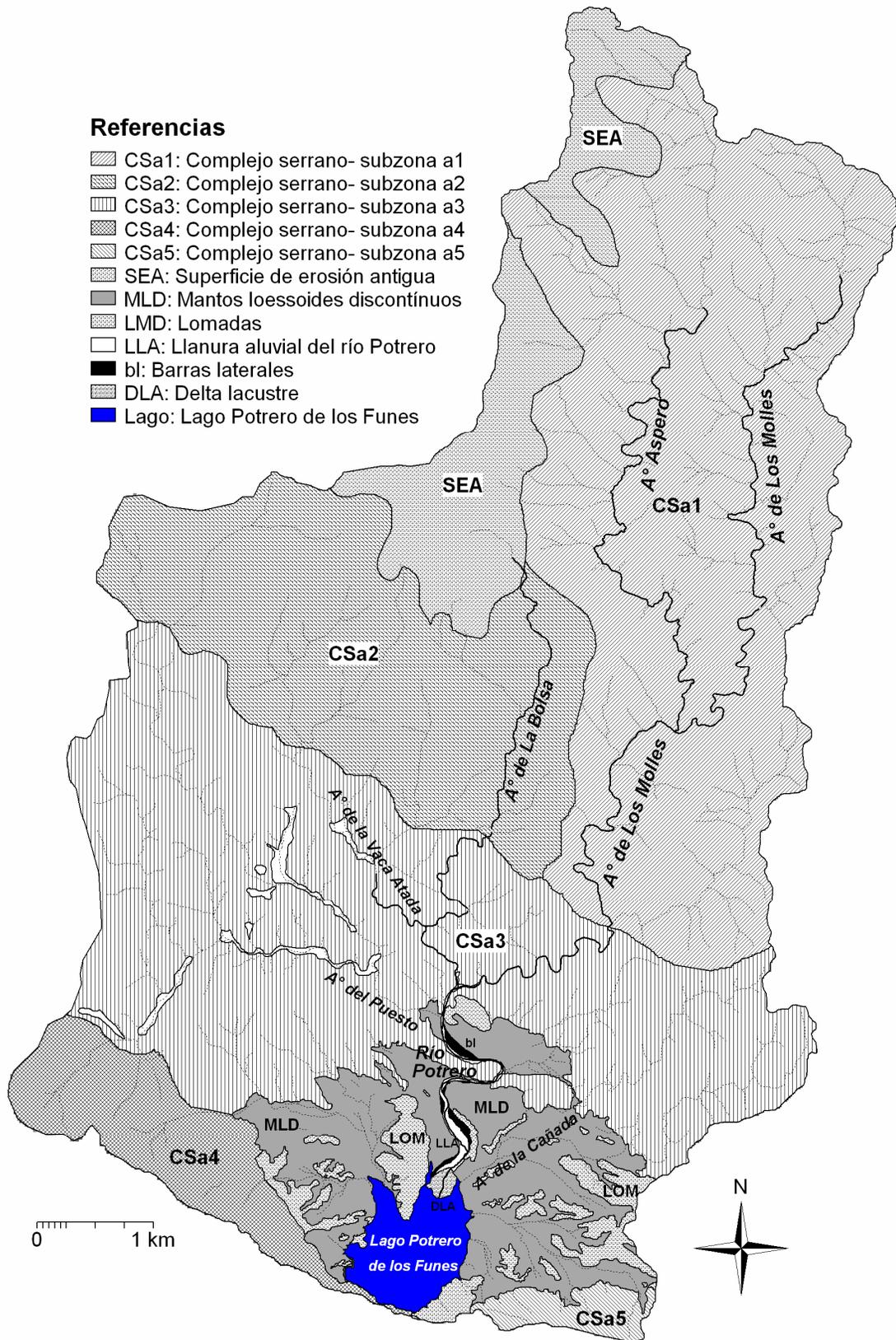


Figura 17: Mapa de unidades geomorfológicas

a) Unidad Geomorfológica: Complejo de Valles Fluviales Serranos

El 87,5% de la cuenca del lago Potrero de los Funes está constituida por rocas ígneas y metamórficas descriptas en la sección precedente. Predominan sin embargo ampliamente las primeras, siendo las rocas graníticas el material geológico dominante (81% de los materiales endógenos).

Posteriormente a la formación de los materiales ígneos y metamórficos en profundidad, estos fueron llevados a superficie mediante la acción de fallas y el desmantelamiento de la cobertura sedimentaria por la erosión. La actividad de los procesos exógenos sobre estas rocas, en particular aquella ejercida por el agua de escurrimiento superficial a través del tiempo geológico, dio lugar a un paisaje geomorfológico dominado por la presencia de valles fluviales. Estos valles se caracterizan en general por su perfil transversal con forma de “v” (Foto 7) y una morfología rectilínea y quebrada en planta, debido al fuerte control que ejercen en su desarrollo, la presencia de fallas y fracturas del basamento cristalino.

La edad relativamente reciente del levantamiento del área serrana -cuyo episodio más importante habría comenzado en el Plio-Pleistoceno- y la continuidad de dicho levantamiento hasta el presente, ha determinado un estado de desarrollo “juvenil” de los valles fluviales, los cuales presentan un fuerte “encajamiento” vertical debido al predominio de la acción erosiva vertical sobre la erosión lateral. Los ejemplos más notorios de valles en “v” se pueden observar sobre el A° Los Molles y el A° Aspero donde los desniveles relativos (diferencia de altura entre la divisoria de agua y el fondo del valle) pueden superar los 50 metros. Otro ejemplo muy notable es el valle del río Potrero en el tramo conocido como la Quebrada de los Cóndores. Allí el curso fluvial ha elaborado laderas con pendientes prácticamente verticales.

Los valles fluviales están separados en general entre sí por angostas superficies interfluviales, lo cual impide su correcta separación cartográfica a la escala de trabajo. Debido a ello los valles fluviales y las áreas interfluviales se agrupan bajo una misma unidad, para la cuál se utiliza el término “Complejo Geomorfológico”.

Tanto las características morfológicas como morfográficas de los valles y las crestas interfluviales presentan variaciones en relación a su posición en la Cuenca. Debido a ello y teniendo en cuenta además las variaciones en los diseños en planta de la red de drenaje, es factible diferenciar cinco subzonas dentro del Complejo de Valles Fluviales Serranos.

Subzona a1: Comprende un amplio sector en la zona oriental de la cuenca caracterizado por importantes desniveles internos. Dentro de esta zona se destacan los valles fluviales de la cuenca alta del A° Los Molles y del A° Aspero. Estos son amplios (800 m hasta 1,5 km) y presentan perfiles en “v” asimétricos con la ladera más escarpada al oeste. En planta son rectilíneos aunque algunos tramos muestran la influencia de sistemas de fractura con orientación NO-SE, los cuales originan una alta sinuosidad de los cauces.

Los valles menores (tributarios o contribuyentes) son de corto recorrido y tienen direcciones predominantes ONO-ESE a NO-SE. Las crestas interfluviales son continuas y presentan morfologías subangulosas a subredondeadas. En conjunto, los valles mayores y sus tributarios, conforman un diseño de drenaje del tipo subdendrítico, de mediana densidad.



Foto 7: Vista panorámica hacia el Norte de la depresión del Potrero de los Funes. En primer plano áreas relativamente llanas correspondientes a los mantos loessoides discontinuos y lomadas. Hacia el fondo parte del Complejo serrano.

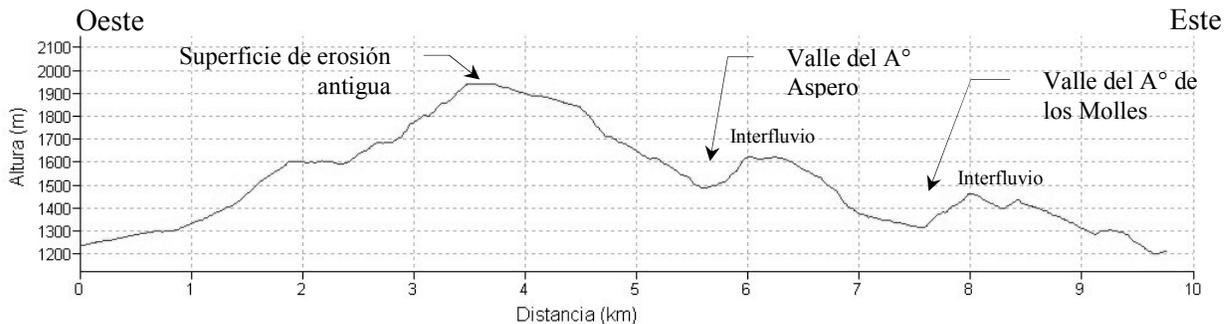


Figura 18: Perfil topográfico del extremo norte de la cuenca. (Escala vertical exagerada)

Subzona a2: Corresponde al sector fuertemente escarpado localizado en la región centro-norte de la cuenca limitada hacia el sur por la denominada “Falla de León Colgado”. Se caracteriza por la presencia de valles fluviales en “v” simétricos y crestas desde subredondeadas hasta agudas. Se disponen en forma paralela con orientación meridiana (Foto 8).

El drenaje está constituido por cursos de régimen permanente con diseños subparalelos y tributarios de régimen esporádico con diseño subdendríticos. La densidad de los cursos es baja y en los cauces principales se localizan manantiales.

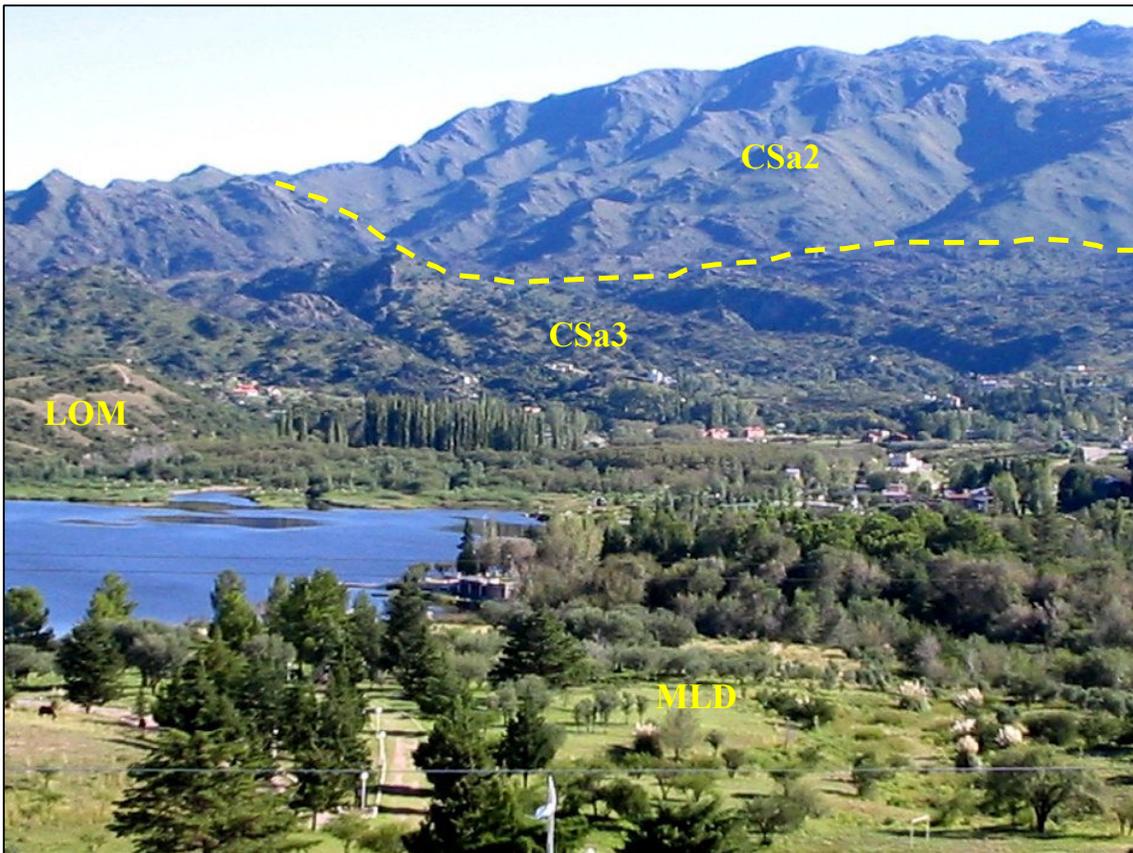


Foto 8: Vista panorámica del Potrero de los Funes desde el Sureste. Por encima de la línea amarilla se pueden observar las características de la subzona a2.

Subzona a3: Se extiende de Oeste a Este en la región central de la cuenca. Presenta un relieve relativo algo menor que las unidades serranas descritas precedentemente aunque las pendientes son aún muy elevadas (Foto 8). Los valles presentan en general perfil transversal en “v” simétricos y cerrados. Algunos sin embargo han desarrollado cauces amplios rellenos de material aluvial (valles de fondo plano).

Los cauces muestran diseños sinuosos en planta con sectores de diferente morfología. En su mayoría corresponden a morfologías fuertemente “encajadas” en las rocas del basamento sin embargo otros muestran un mayor ensanchamiento del cauce, incluso es posible que se preserven restos de antiguos depósitos mantiformes eólicos de loess.

Se presentan tanto valles asimétricos (sector occidental) (Fig. 19) como simétricos (sector oriental). Los tributarios desarrollan valles más amplios aunque menos profundos (Foto 9).

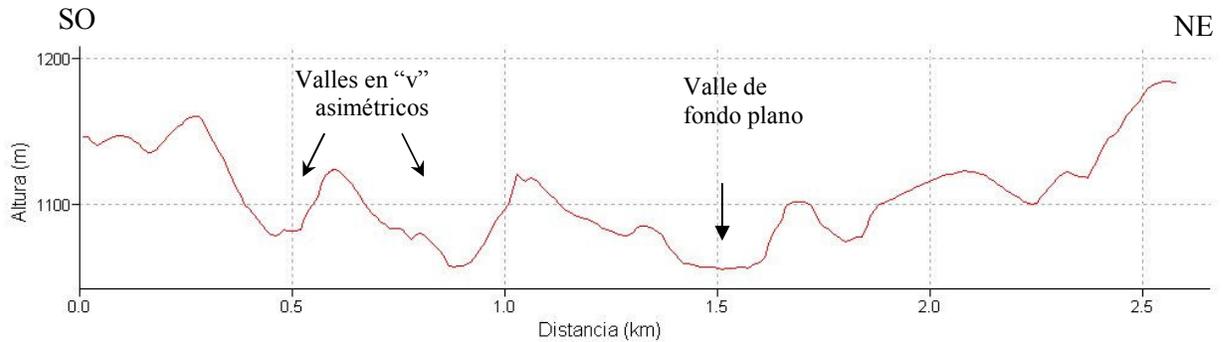


Figura 19: Perfil topográfico del sector occidental de la subzona 3. (Escala vertical exagerada)

La mayor parte de la red de drenaje es de régimen esporádico y desarrolla diseños subdendríticos y dendríticos. En otros sectores la conjunción de sistemas de fallas y fracturas NO-SE y NE-SO genera diseños subortogonales. Los rápidos y saltos de agua aparecen asociados a fracturas transversales a la dirección de corriente, tal como se observa en el Salto de La Moneda y otros sitios (Foto 10). Las rocas graníticas y de mezcla pueden presentar meteorización en bochas y tafonias.



Foto 9: Vista panorámica del lago desde el Norte. Las rocas y geofomas en primer plano corresponden a la subzona a3.

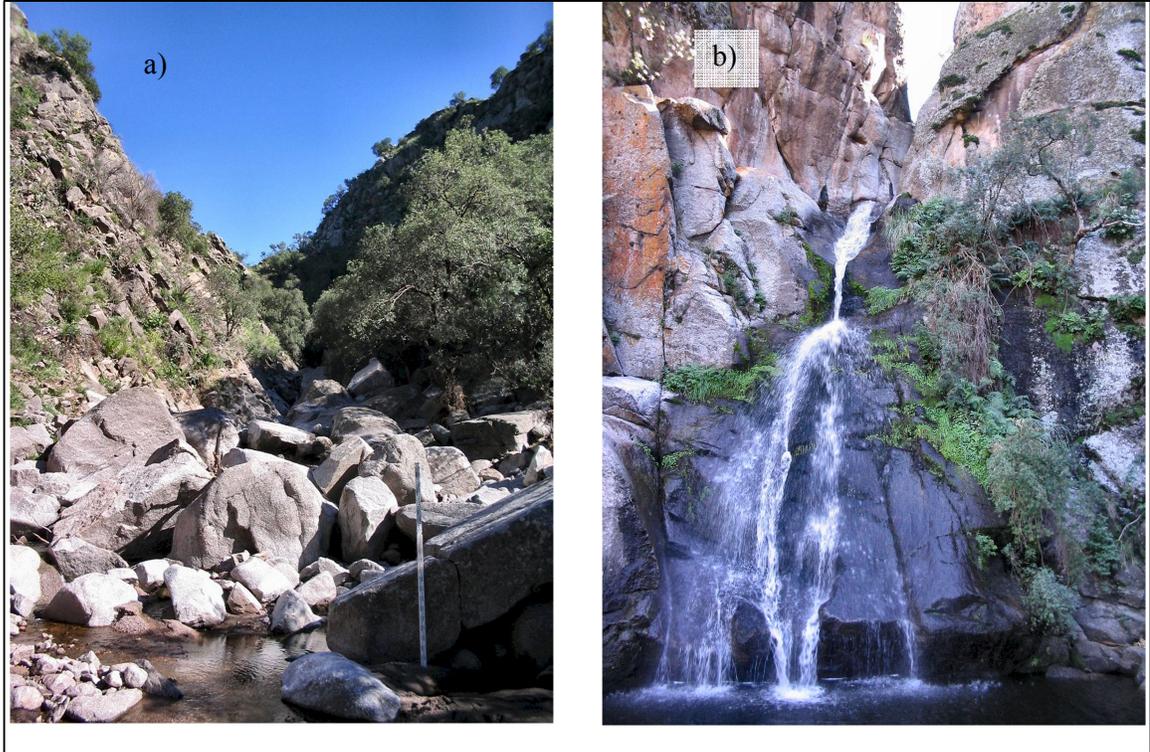


Foto 10: a) Valle en “v” arroyo de la Vaca Atada b) Cascada en el Salto de la Moneda

Los valles de fondo plano están vinculados a cursos de bajo gradiente y con dirección predominante NO-SE y NE-SO en menor proporción. En planta presentan morfologías alargadas en forma de “rosario”, con sectores encajados y de escaso relleno. En los sectores de valles más amplios se observa abundante relleno aluvial (2,50 m de espesor) sobre el cual se desarrolla un suelo con buen contenido en materia orgánica (Foto 13). Esto se observa en algunos tramos de la cuenca alta del A° del Puesto y de la Vaca Atada, así como en otros colectores menores paralelos a estos, donde hay un relleno aluvional areno-gravoso (Foto 14).

Algunos valles de colectores secundarios presentan un fondo plano asociado a la preservación de material loessoide, parcialmente mezclado con sedimentos de origen coluvial.

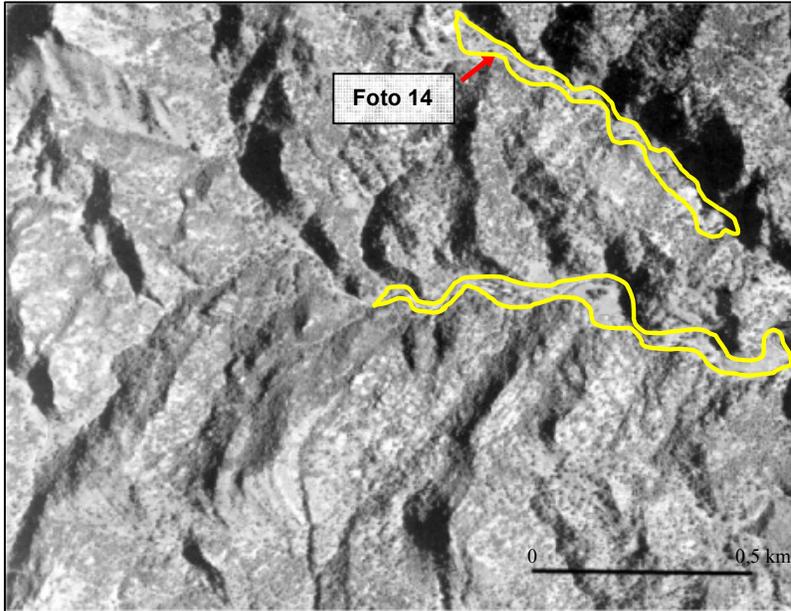


Foto 13: Vista aérea de un valle de fondo plano (sector en amarillo) sobre el A° del Puesto.



Foto 14: Valle de fondo plano parcialmente modificado por el trazado de la ruta a la ciudad de la Punta.

Subzona a4: Comprende el sector de la escarpa originada por la falla Potrero Sur, la cuál forma parte de la ladera Norte de la Sierra del Potrero (Foto 11). Esta unidad se caracteriza por su fuerte pendiente y escasa densidad de cauces fluviales. En su mayoría son de carácter esporádicos y presentan diseño rectilíneo en planta, con dirección predominante hacia el NO.



Foto 11: Vista panorámica de la subzona a4.

Subzona a5

Comprende un pequeño sector de la cuenca ubicado en el extremo oriental de la Sierra del Potrero, entre la Quebrada de los Cóndores y el valle del A° El Gato, constituyendo una de las áreas de menor elevación dentro de la cuenca (980 a 1080 m.s.n.m.) (Foto 12). Los valles principales muestra perfiles en “v” simétricos con morfologías en planta levemente sinuosas hasta quebradas. Las crestas son subredondeadas a subangulosas y la orientación principal de los valles es NO-SE.

Los cursos son de carácter esporádico, de densidad media y desarrollan en planta diseños subdendríticos.

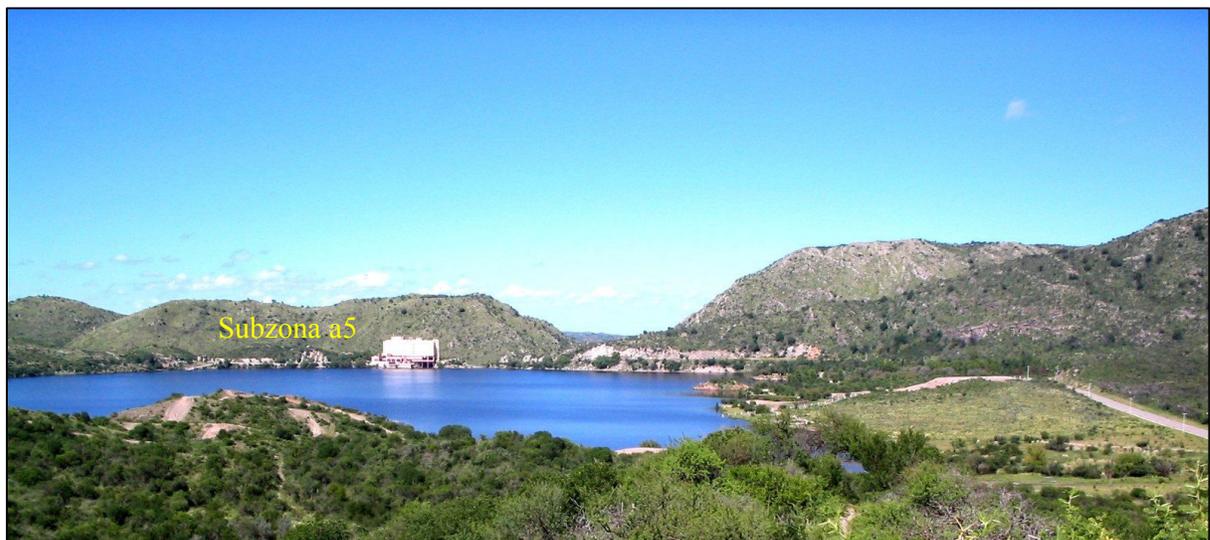


Foto 12: Vista panorámica desde el norte de la subzona a5 .

b) Superficie de erosión antigua

Esta unidad corresponde a remanentes de una antigua superficie erosiva desarrollada con anterioridad (posiblemente entre el Paleozoico y el Cretácico) al ascenso principal de la sierra de San Luis. Dentro del área de estudio estos restos se caracterizan morfológicamente por su gran planaridad e inclinación al sur y al este. Se observan en los sectores más elevados del extremo NO de la cuenca, en las cercanías del cerro Valle de Piedra (1960 m.s.n.m) (Fig.20) y en la zona de la Quebrada de los Cóndores.

En algunos sectores la unidad presenta escaso desnivel relativo y moderada a baja pendiente. Ello conduce al desarrollo de pequeños arroyos que drenan hacia el Sur y el Este con régimen esporádico y una baja densidad de drenaje. El diseño dominante es del tipo subdendrítico, con colectores subparalelos de dirección NO-SE. Algunos valles presentan forma ovoidal en planta, con escasa a incipiente actividad fluvial, donde se alojan sedimentos holocenos con horizontes edafizados. Otro rasgo destacado es la presencia de vertientes, las cuales están asociadas a la presencia de rocas graníticas con un intenso diaclasamiento.

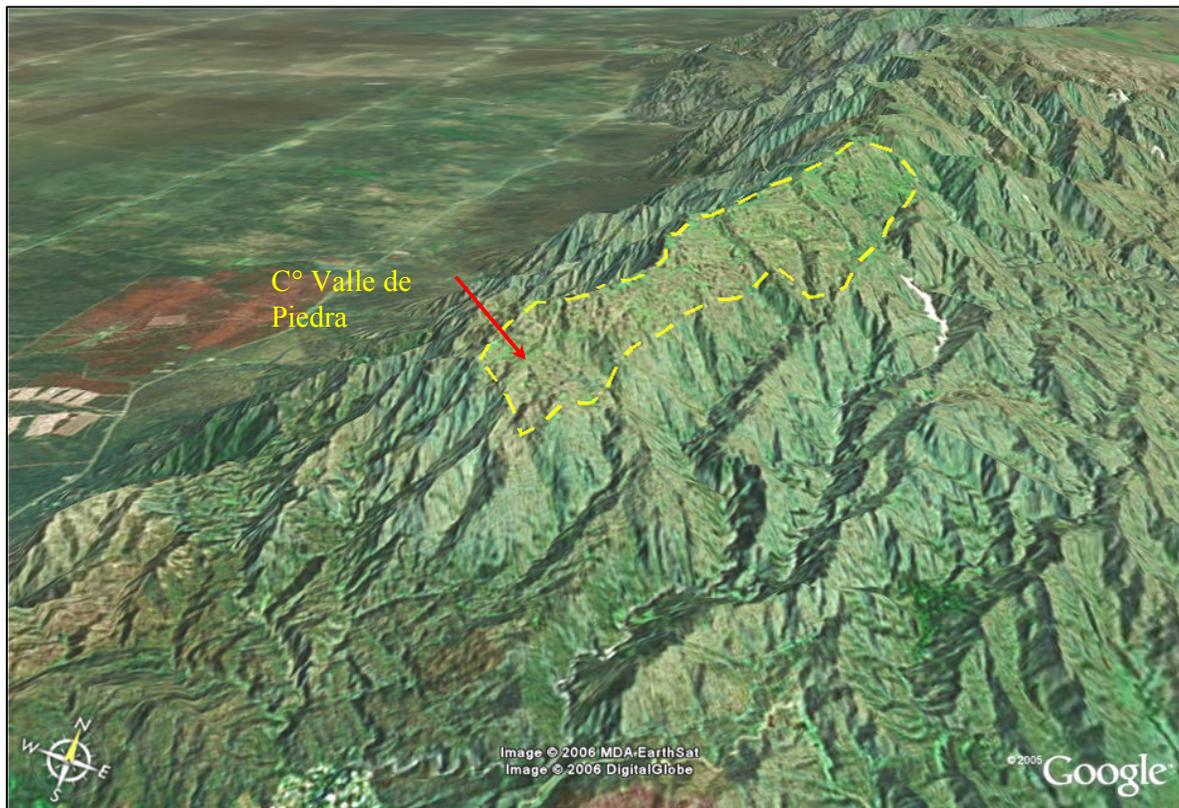


Figura 20: Vista panorámica del área serrana: en amarillo se destaca el límite aproximado que ocupa la unidad geomorfológica de la superficie de erosión antigua.

c) Lomadas terciarias

En los sectores aledaños al espejo de agua de Potrero de los Funes y adosados a las áreas serranas, se presentan morfologías de mucha menor envergadura con alturas máximas entre 920 y 1025 m.s.n.m. y desniveles máximos relativos de 40 metros. Desde el punto de vista morfológico corresponden a lomadas con crestas sinuosas subredondeadas a redondeadas y flancos cortos. Estas se extienden longitudinalmente hacia el lago, originando en planta un diseño groseramente radial centrípeto. Su típica coloración rojiza (sedimentos de la Fm. San Roque) permite su rápida identificación y separación del resto de las unidades, salvo cuando la cobertura vegetal es muy densa.

En algunos sectores las lomadas presentan crestas notoriamente planas debido a la presencia de capas grises de la Fm. Fanglomerado del Potrero, las cuales se disponen en forma subhorizontal y presentan gran resistencia a la erosión.

Entre las lomadas se presentan sectores deprimidos asociadas al desarrollo de antiguos valles fluviales, actualmente rellenos con espesores variables de sedimentos loésicos y loessoides de las Formaciones Barranquita. Estas áreas integran la unidad de Mantos Eólicos Discontinuos. En conjunto, ambas unidades generan un relieve ondulado con desniveles relativos promedios de 5 m. (Foto 13).

El origen de estas lomadas está vinculados a la actividad erosiva desarrollada por la escorrentía superficial sobre los materiales sedimentarios de edad cenozoica desde el Pleistoceno superior-Holoceno. La relativamente baja consolidación y permeabilidad de estos materiales ha favorecido su disección y el labrado de los valles que aún son funcionales.



Foto 13: Vista panorámica del lago hacia el NO. La flecha señala las lomadas del denominado Espolón del Lago.

b) Mantos Loessoides Discontinuos

Esta unidad comprende las áreas llanas o de suave pendiente (1° - 2°) localizadas dentro de la depresión de Potrero de los Funes (Foto 14). Como se mencionó previamente esta constituida principalmente por los sedimentos limo-arenosos que integran la Fm. Barranquita. Su origen ha sido relacionado a la sedimentación de polvos eólicos (limos y arenas muy finas loésicos) provenientes de las regiones andinas y a su posterior removilización debido al agua y el viento con incorporación de partículas de proveniencia local algo más gruesas (sedimentos loessoides). Su desarrollo habría comenzado a partir del Pleistoceno superior y continuado hasta el Holoceno temprano, asociado a condiciones climáticas frías y secas desarrolladas durante el denominado Ultimo Máximo Glacial.

En superficie desarrolla una red de drenaje subdendrítica y convergente hacia el lago, asociada a las arroyadas de régimen esporádico. Se destaca dentro de esta unidad la presencia de cárcavas¹, geoformas erosivas producidas por acción del escurrimiento superficial encauzado.

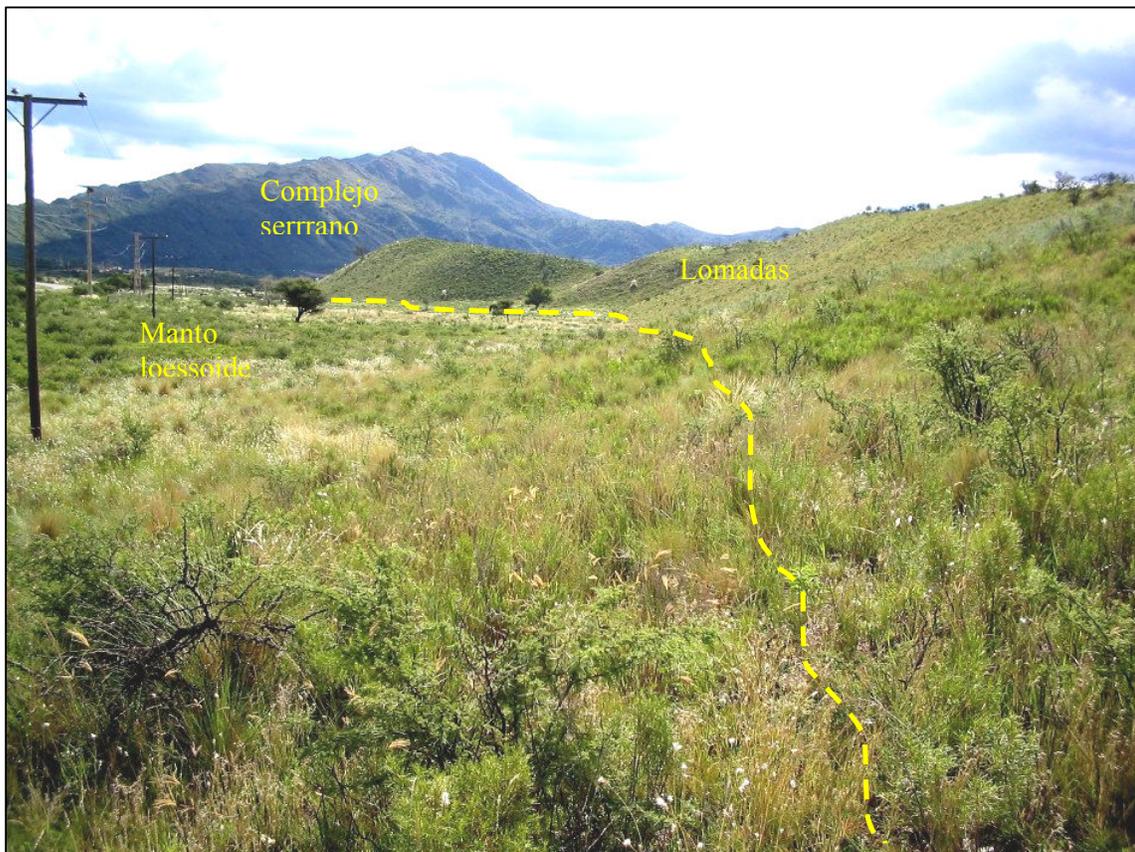


Foto 14: Vista de la unidad de mantos loessoides discontinuos en contacto con las lomadas del sector oriental de la cuenca.

¹ Cárcava: zanjas con paredes verticales y fondo plano que varían desde 0,5 cm hasta 20 metros de profundidad

c) Valle del río Potrero y Delta Lacustre

El río Potrero se origina a 1,5 km de su desembocadura en el lago, en la unión del A° de los Molles y el A° de la Bolsa. A partir de allí se dirige hacia el Sur, en principio en forma “encajonada” dentro del área serrana, para luego desarrollar una amplia llanura aluvial que en su primer tramo mide unos 30 metros y cerca de 100 metros de ancho en la desembocadura.

En la llanura aluvial se pueden diferenciar tres subunidades como son el canal activo, con un ancho predominante cercano a los 10 metros, los sectores aledaños al mismo caracterizados por una alta actividad morfogenética durante las crecidas estacionales, y los sectores marginales, algo más elevados, constituidos por depósitos de barras laterales. Los materiales predominantes son sedimentos areno-gravosos con bloques que pueden alcanzar hasta 1 m de diámetro, lo que indica el nivel de energía que se alcanza durante las crecidas (Foto 15).

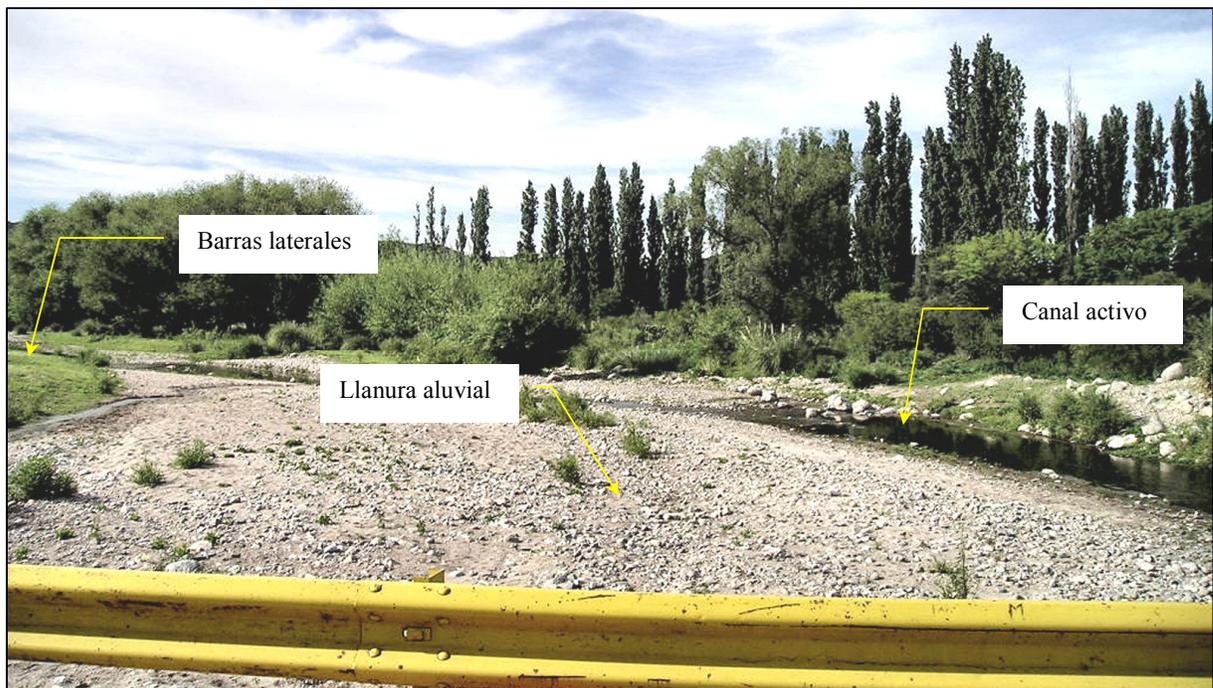


Foto 15: Vista de la llanura aluvial del río Potrero sobre el puente del circuito del lago.

Unos pocos metros de la desembocadura del río Potrero en el lago confluye un pequeño arroyo proveniente del Este (A° de la Cañada), el cual por drenar parte de la unidad de Mantos Loosoides Discontinuos, contiene una gran cantidad de sedimentos finos en su carga. Este aporte sedimentario, sumado al del propio río Potrero, ha originado el desarrollo de un delta lacustre de importantes dimensiones (Foto 16).

En base al análisis multitemporal realizado con imágenes aeroespaciales se ha detectado un crecimiento aproximado del delta de unos 100 metros entre los años 1968 y 2003. Ello pone en relieve dos aspectos ambientales destacados: la gran actividad erosiva de los cursos que drenan los mantos loessoides y la intensa contaminación sedimentaria del lago.



Foto 16: Vista desde el SE del Delta de Lago Potrero de los Funes

Tabla 3: Síntesis de los rasgos morfográficos

Unidades Geomorfológicas	Area (km ²)	Relieve relativo		Pendiente		Morfología del perfil transversal	Morfología de crestas	Diseño de drenaje	Densidad de drenaje
		valor medio	valor máx.	valor medio	valor máx.				
Complejo serrano	Subzona a1	168 ± 50	60	24° ± 12°	81°	Valles en "v" asimétricos	Subangulosas a subredondeadas	Subdendrítrico	Media
	Subzona a2	184 ± 54	60	25° ± 12°	66°	Valles en "v" simétricos	subredondeadas a agudas	Subparalelo a subdendrítrico	Media
	Subzona a3	105 ± 32	13	19° ± 11.8	76°	Valles en "v" asimétricos y simétricos	Agudas a subredondeadas	Subdendrítrico a subangular	Media
	Subzona a4	191 ± 47	20	27 ± 11.5	66°	Valles en "v" simétricos	Agudas a subr.	Subdendrítrico	Baja
	Subzona a5	0,48	11	16 ± 10°	55°	Valles en "v" simétricos	Subredondeadas a subangulosas	Subdendrítricos	Media
	Subzona a6	78 ± 21	8	7.83	50	Valles de fondo plano	-	Rectilíneo a meandroso	Baja
Superficie de erosión antigua	3,73	10	47	14	57	-	-	Subdendrítrico a subparalelo	Baja
Lomadas	1,28	5	33	7	53	Convexo	Subredondeadas a redondeadas	Subparalelo	Baja
Mantos loessoides discontinuos	3,66	3	7	1-2	9	Plano a suavemente ondulado	-	Subdendrítrico	Baja
Valle del río Potrero	Llanura aluvial	5	17	2.27	20	Valle de fondo plano	-	Meandroso	-
	Barras laterales	5	10	1.86	16	-	-	-	-
Delta	0,04	3	9	3.67	9.76	Plano a suavemente cóncavo	-	Distributario	Baja

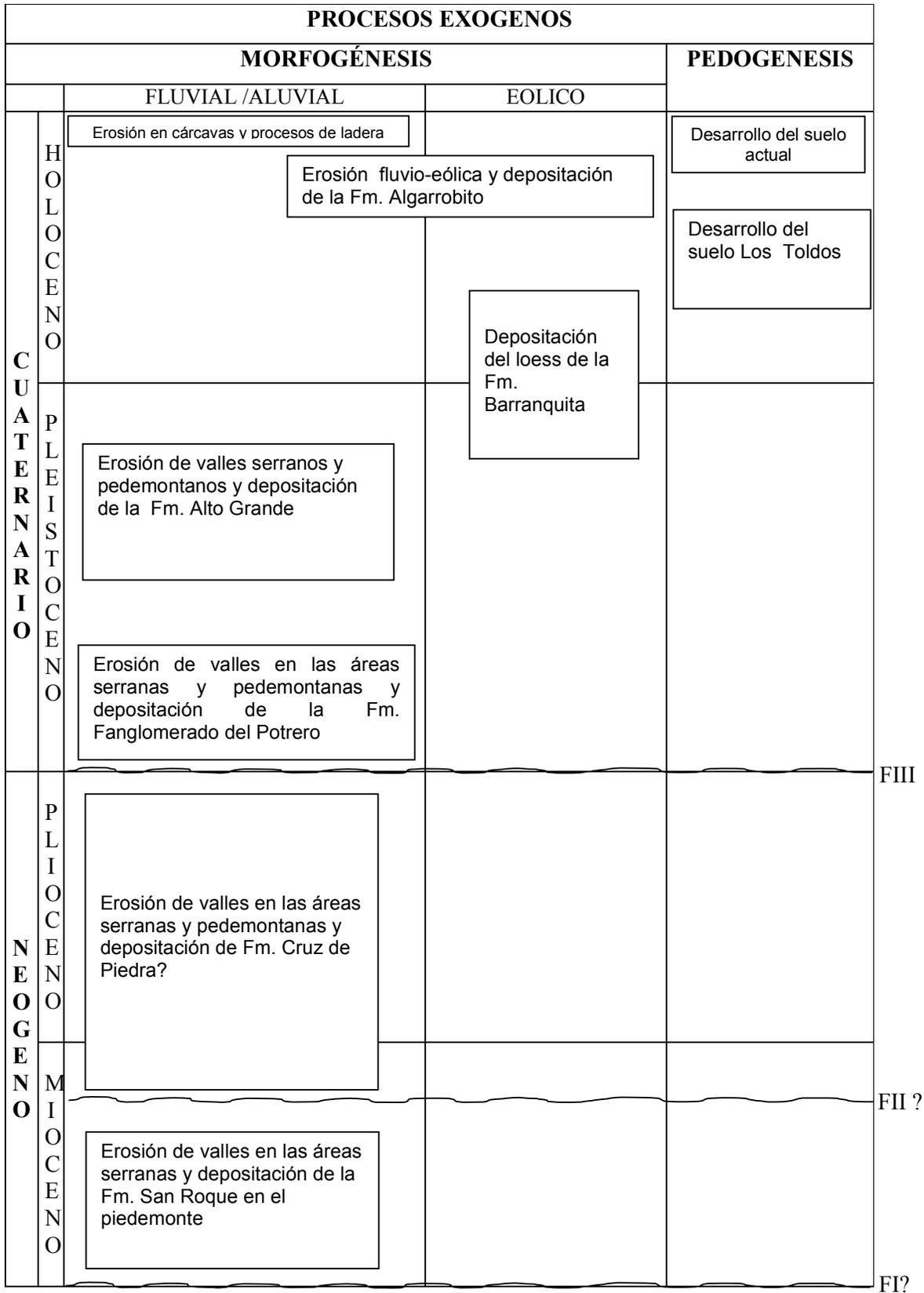


Figura 20: Esquema morfogenético evolutivo del área de estudio (FI-FIII fases distróficas)

3.5 Los suelos

Como en el resto del territorio provincial, los suelos presentes en la cuenca del lago Potrero de los Funes se caracterizan por su escaso desarrollo edáfico. Solo aquellos sectores con mayores precipitaciones han alcanzado a desarrollar suelos con tres horizontes (A-ACca-Cca), moderadamente bien diferenciados.

El horizonte A puede tener espesores superiores a los 20 cm y contener abundante materia orgánica, aún en aquellos suelos muy pedregosos. De acuerdo al sistema de clasificación de suelos de USDA (Soil Taxonomy, 1975) corresponden principalmente a Molisoles y Entisoles, mientras que, de acuerdo al sistema de clasificación de la FAO (1999), corresponden a suelos del tipo Kastanozems y Leptosoles.

Los Molisoles (o Kastanozems) se caracterizan por un horizonte mólico, es decir, un horizonte superficial oscuro con moderado a alto contenido de materia orgánica y un espesor superior a los 25 cm. Los Entisoles (o Leptosoles) son suelos muy jóvenes con escaso desarrollo de horizontes. Presentan escasa materia orgánica y en profundidad están limitados por roca dura dentro de los 25 cm de la superficie o contienen más del 90% de material grueso pedregoso.

Los distintos suelos de la cuenca presentan una estrecha relación genética con las unidades geomorfológicas, siendo el factor litológico y la pendiente los rasgos principales para su agrupamiento. De esta manera, siguiendo una clasificación sencilla, los suelos pueden agruparse en: suelos serranos, suelos de lomadas y suelos de los mantos loessoides discontinuos. En segundo término, existen variaciones menores asociadas a los cambios en la pendiente dentro de una misma unidad geomorfológica, lo cual determina variaciones en los suelos y posibilita nuevas subdivisiones (Fig. 21).

En base a las consideraciones previas es posible realizar la siguiente generalización de los tipos de suelos y su distribución espacial, teniendo en cuenta los materiales parentales y el relieve:

- a- Áreas serranas con pendientes fuertes ($> 45^\circ$): sectores con roca expuesta, sin cobertura de suelo debido al continuo lavado por la escorrentía de ladera.
- b- Áreas serranas con pendientes moderadas a fuertes (20° - 45°): Suelos delgados (10-15 cm) y muy pedregosos desarrollados a partir de material coluvial depositado en las laderas. Pueden contener cantidades importantes de materia orgánica debido a las precipitaciones relativamente abundantes de la zona y el consecuente desarrollo de la cobertura vegetal (Foto 17a).
- c- Áreas serranas con pendientes moderada a bajas (5° - 20°): Suelos con espesores que pueden superar el metro, con buen desarrollo del horizonte A, pedregosos y abundante materia orgánica.
- d- Superficie de erosión antigua: en parte presenta suelos con características similares a los descritos para las áreas serranas con pendientes moderadas a bajas. Se presentan además suelos muy diferentes asociados a las áreas con cobertura de mantos loésicos (pampas de altura o pampas serranas). Estos alcanzan un buen desarrollo de horizontes edáficos y presentan en general texturas franco limosa y elevado contenido de materia orgánica.
- e- Lomadas: En las áreas de crestas no presentan en general desarrollo edáfico debido a la continua acción de la erosión laminar. En los sectores de ladera pueden presentar suelos muy pedregosos desarrollados a partir de los sedimentos coluvio-aluviales que

las recubren. Estos son en general del tipo A-C con espesores comunes cercanos a los 50 cm, aunque hacia la parte del pie de ladera pueden superar el metro (Foto 17b).

- f- Mantos loessoides discontinuos: Presentan los suelos más evolucionados, con un buen desarrollo del horizonte A. Presentan estructura en bloques subangulares débil, textura dominante franco limosa y contenido de materia orgánica entre 2% y 3%. El carbonato de calcio no se encuentra presenta antes de los 50 cm (Foto 17c).



a)

b)



c)

Foto 17: a) Suelos pedregosos en laderas serranas b) Suelos pedregosos en lomadas c) Suelos de los mantos loessoides

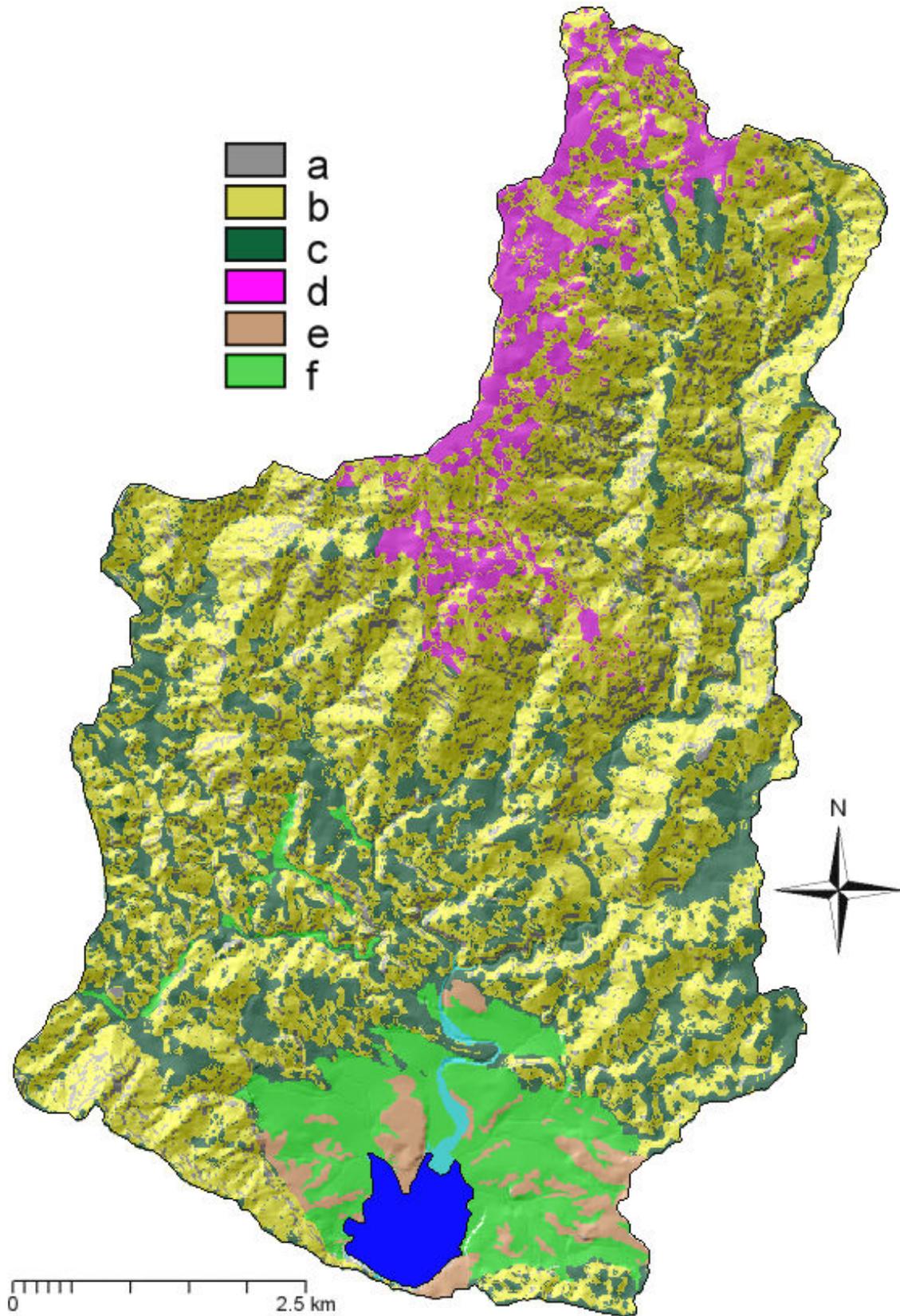


Figura 21: Mapa de suelos de la cuenca del lago Potrero

3.6 USO DEL SUELO

En el municipio de Potrero de los Funes se destacan fundamentalmente las actividades de recreación turística. Estas tienen lugar principalmente en los sectores aledaños al lago y al río Potrero.

Se pueden distinguir dos usos principales del suelo: áreas urbanizadas con viviendas particulares de uso permanente y de fin de semana, y sectores de recreación de carácter público. Dentro de las primeras encontramos el sector antiguo del pueblo del Potrero y aquellas áreas con construcciones más recientes que integran zonas urbanizadas con calles y con servicios básicos (Fig. 22).

Con respecto a los sectores de recreación de uso público, corresponden principalmente a áreas de esparcimiento con importante actividad durante los fines de semanas y los periodos de vacaciones. Ello incluye al lago y sus costas, los ríos y sus márgenes, los caminos pavimentados y de tierra, sendas de tracking y motocross.

En las áreas serranas no se realiza un uso intensivo del suelo. Se pueden mencionar algunas actividades menores como el pastoreo eventual de ganado vacuno o caprino y al aprovisionamiento de leña como combustible.

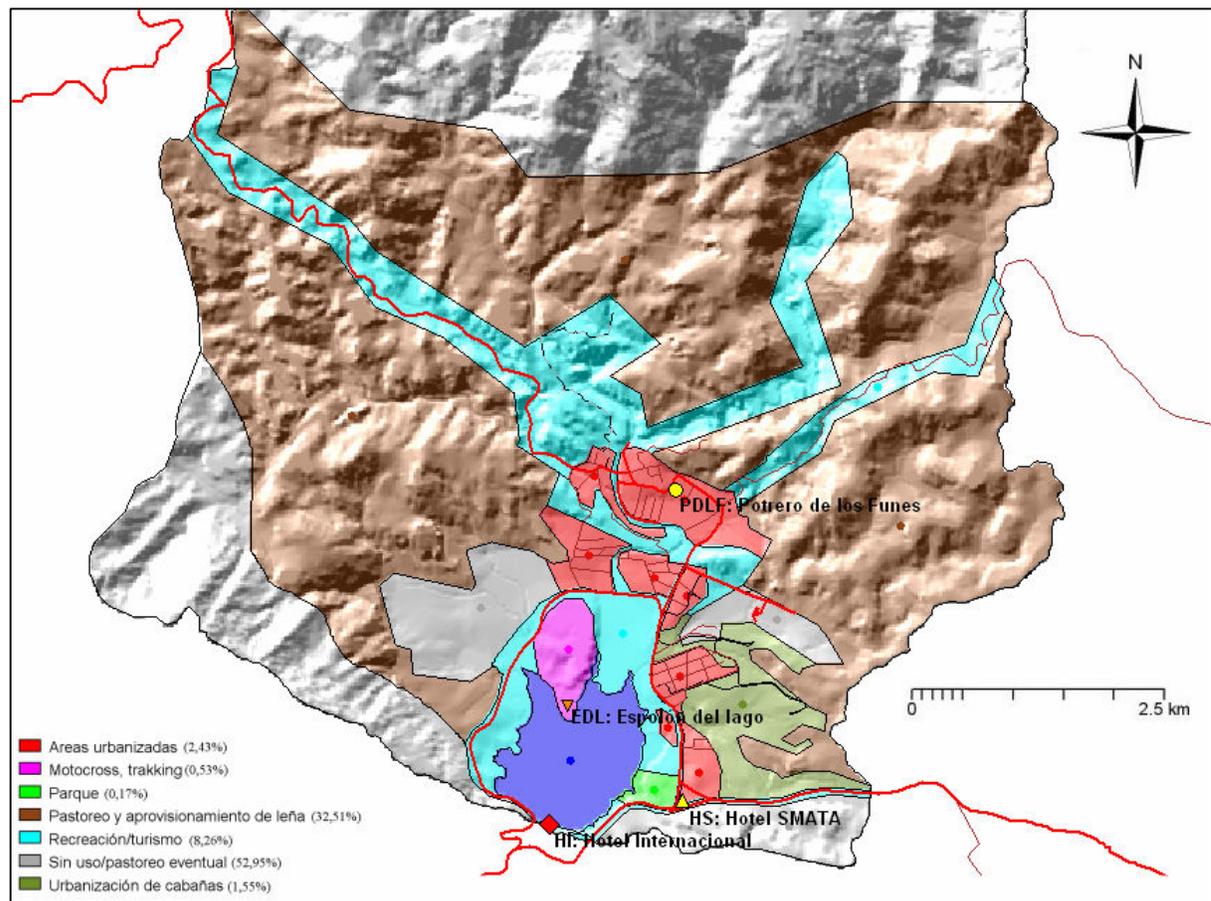


Figura 22: Mapa de uso del suelo de la cuenca del lago Potrero de los Funes