

2. GEOLOGÍA

Edgardo Navarro
Departamento de Geología
Universidad Nacional del Sur

2.1. Geomorfología y Fisiografía

El área de estudio (MAPA 1), se enmarca dentro de la región fisiográfica definida por el Departamento de Geografía de Universidad Nacional del Comahue (1982), como “Área Oriental”. Esta región se delimita a partir de la integración de diversos factores tales como los climáticos, topográficos, geológicos, etc.

Teniendo presente la distribución geográfica de los suelos según sus caracteres esenciales y procesos pedogenéticos como expresión integradora de los factores del medio geográfico, Ferrer *et al.* (1990), definieron para Neuquén dos regiones: 1) Andina y 2) Extraandina, desagregadas en dos y tres subregiones respectivamente: 1.1) Húmeda montañosa y 1.2) Subhúmeda montañosa y 2.1) Subhúmeda de planicies, colinas y serranías, 2.2) Árida serrana y 2.3) Árida Mesetiforme. El área de estudio se encuentra comprendida dentro de esta última subregión, caracterizada por ser la más árida de la Provincia, con precipitaciones anuales inferiores a los 130 mm.

Según el Departamento de Geografía de la Universidad Nacional del Comahue (1982), para esta región se dan las cifras más elevadas de déficit de agua (600 mm), con valores de evapotranspiración potencial de entre 700 y 750 mm. La temperatura media para el mes más cálido, es de 21,9°C mientras que para el mes más frío es de 5,7°C. Estos caracteres generales seguramente muestran una variación en la zona de estudio, teniendo presente que entre la base y la cumbre del Volcán Auca Mahuida, existe una

diferencia altitudinal de 1.850 m. Si se considera el gradiente térmico, según el cual la temperatura disminuye 1°C por cada 100 metros, obtenemos para esta diferencia de elevación una amplitud térmica de aproximadamente 19°C.

Topográficamente los rangos altitudinales varían desde los 2.258 m.s.n.m. hasta los 223 m.s.n.m. Este último valor, que define el punto más bajo de la Provincia del Neuquén, corresponde al Bajo de Añelo. Su génesis fue atribuida a un fenómeno kárstico, asociado a la disolución de sales de la Formación Huitrín, fenómeno que se vio favorecido por la existencia de una estructura geológica de sinclinorium (Holmberg, 1978). Desde el punto de vista geológico los sedimentos de la región de Añelo se habrían depositado en un ambiente de sedimentación marina costera, en posición alejada de la costa (Uliana y Dellape, 1981).

La representación de la geomorfología MAPA 3, se realizó a partir de la información de la zona ofrecida por González Díaz y Ferrer (1986) a escala 1:500.000, razón por la cual, queda planteado un error al redibujarse a la escala del informe. De la misma forma, ante la ausencia de información disponible, queda sin representación el sector de la Provincia de Mendoza, al norte del río Colorado.

Los procesos endógenos, en particular aquellos vinculados con los extrusivos, fueron los encargados de labrar en la zona de análisis los principales rasgos geomórficos.

Según el Atlas de la Provincia de Neuquén (Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Comahue, 1982), el aspecto es el de una gran planicie basáltica en la que se destacan conos volcánicos de distinta magnitud, y cuencas y acumulaciones

pedemontanas locales resultantes de la degradación del macizo volcánico. Originariamente las coladas basálticas se derramaron en posiciones topográficas deprimidas del paisaje. La profundización de los cauces y el desarrollo de niveles de pie de monte durante el Pleistoceno determinaron un proceso de inversión del relieve quedando estos escoriales como áreas mesetiformes, es decir porciones sobreelevadas del terreno.

Las acumulaciones pedemontanas se desarrollan preferentemente hacia el noroeste y el nordeste, mientras que hacia el sudoeste, sur y sudeste la altiplanicie termina en abruptas paredes, con desniveles en algunos casos comprendidos entre 4 y 12 metros de altura. Se puede originar de esta manera una alternancia de depresiones irregulares separadas lateralmente por las puntas de las bardas que se proyectan hacia el sur (Holmberg 1964).

Holmberg (1964), reconoció para la región dos grandes ambientes geomorfológicos: el macizo volcánico y los valles y hondonadas marginales, constituido este último por elementos blandos de fácil destrucción. El macizo volcánico habría sido generado por la acumulación de rocas extrusivas, siendo más intensa esa acumulación en la región de Auca Mahuida. Se generaron de esta forma pendientes más empinadas en el sector del Volcán Auca Mahuida que decrecen progresivamente hacia la periferia, hasta alcanzar posiciones subhorizontales en aquellos sectores en que la colada cubre la superficie primitiva de erosión.

La red de drenaje diverge a partir del Volcán Auca Mahuida y se desarrolla consecuentemente un diseño de drenaje radial centrífugo, resultando en la altiplanicie dendrítico y de cauces encajonados.

La erosión diferencial de estratos alternantes débiles y resistentes de posición subhorizontal, ha generado en el sector norte del área de estudio el desarrollo de un relieve mesetiforme escalonado con una posición paralela al valle actual del río Colorado (Holmberg, 1964). González Díaz y Ferrer (1986) reconocen además de este último rasgo, otros tales como pedimentos, conos aluviales y planicies de inundación.

Las geoformas de origen eólico no suelen tener una expresión morfológica muy manifiesta, desarrollando desniveles muy escasos. En las márgenes del río Colorado se desarrollan acumulaciones arenosas de tipo medanoso.

González Díaz y Ferrer (1986) destacan un conjunto de elementos morfológicos, genéticamente vinculados, a los que definen como campo volcánico, entendiéndolo por tal un área más o menos definida, cubierta por rocas volcánicas. Los rasgos asociados comprenden un conjunto de geoformas como conos volcánicos aportillados y conos volcánicos con cráter. Formas degradacionales generadas por erosión de conductos de emisión de antiguos volcanes, tales como necks, pitones y chihuidos, son reconocidos como formas sobresalientes del paisaje, en relación al material más deleznable que los circunda. Estos mismos autores observan relieves mesetiformes, geomorfológicamente definidos como planicies estructurales por arrasamiento, originadas por degradación de mantos pocos resistentes hasta alcanzar una capa dura de considerable extensión areal. Destacan además la presencia de cerros de cumbres planas de limitada

extensión, resultantes del desmembramiento de planicies estructurales en unidades menores.

2.2. Hipsometría y Pendientes

2.2.1 Análisis de las capas hipsométricas

Conteniendo la zona de estudio uno de los puntos topográficamente más elevados de la Región Extraandina, el Volcán Auca Mahuida y el más bajo de la Provincia, el Bajo de Añelo, se procedió a estimar el área planimétrica ocupada por las diferentes capas hipsométricas cuyos límites quedan precisados en la TABLA 2.1. y el MAPA 4.

RANGO ALTITUDINAL (m.s.n.m.)	SUPERFICIE (ha)	REPRESENTA- TIVIDAD (%)
> 1.800	28,2	0,2
1.600 – 1.800	96,1	0,7
1.400 – 1.600	235,6	1,7
1.200– 1.400	666,4	5,0
1.000 – 1.200	1.567,5	11,7
800 – 1.000	3.738,4	27,8
600 – 800	2.355,1	17,5
400 – 600	3.670,0	27,3
< 400	1.084,3	8,1

TABLA 2.1. Área planimétrica y representatividad (%) ocupada por las diferentes capas hipsométricas.

De la observación de la tabla 2.1 se puede establecer que la mayor representatividad areal para la zona, corresponde a los intervalos de 800 – 1.000 m.s.n.m. y 400 – 600 m.s.n.m., abarcando una superficie planimétrica de 3.738,4 km² (27,8%) y 3.670 km² (27,3%) respectivamente.

2.2.2. Análisis de las pendientes

Si se considera al relieve representado geoméricamente por un conjunto de planos con distinta inclinación, la pendiente constituye el elemento más conspicuo dentro del mismo. Por esta razón y teniendo presente la importancia que tiene su consideración ante diferentes situaciones (peligrosidad de erosión hídrica, tipo de suelo, etc.) es que se sectorizaron y se cuantificaron áreas con igual valor de intervalo de gradientes, entendiéndose por gradiente a la relación entre la diferencia de altura entre dos puntos y la distancia horizontal que los separa. Para esto se analizó el mapa base de diagnóstico regional (MAPA 2) utilizando la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{100 \times E_q}{G \times D_e} \times 1.000 =$$

Donde: **E_i** representa la separación entre dos curvas consecutivas, correspondiente a un determinado valor de gradiente porcentual, **E_q** es la equidistancia de la cartografía, **G** es el valor del gradiente y **D_e** es el denominador de la escala de la cartografía. El número 1.000 es el factor de conversión de metros a milímetros.

Para el desarrollo del mapa de gradientes (MAPA 5), se emplearon los límites de clase propuestos por Ferrer *et al.* (1990). A los efectos de obtener una mayor discriminación se subdividieron aquellos intervalos que contenían los gradientes más bajos, quedando definidos de esta manera siete intervalos de clase. Para cada clase se realizó una estimación del área planimétrica abarcada (TABLA 2.2).

CLASE	INTERVALO	SUPERFICIE (km ²)	REPRESENTATIVIDAD (%)
I	> 16%	338,49	2,5%
II	16% - 8%	584,63	4,3%
III	8% - 4%	2.426,65	18,0%
IV	4% - 2%	2.927,35	21,8%
V	2% - 1%	2.789,03	20,7%
VI	< 1%	4.385,67	32,6%

TABLA 2.2. Área planimétrica y representatividad (%) ocupada por cada clase de gradiente.

Del análisis de la tabla 2.2. surge que la clase VI (gradiente < 1%) es la que tiene el mayor porcentaje de representatividad areal (32,60%) para la zona en estudio, comprendiendo un área total de 4.385,67 km². La clase I (gradientes mayores al 16%), es la menos representativa para el área, abarcando una superficie de 338,49 km² constituyendo tan sólo un 2,5% del total.

Se realizó también, una estimación areal de las diferentes clases de gradientes según los diferentes rangos altitudinales definidos (TABLA 2.3).

Esta tabla permite establecer que, si se consideran en conjunto los intervalos de gradientes de mayor valor (Clases I y II), proporcionalmente el intervalo de altura correspondiente a 1.600-1.800 m.s.n.m., contiene para la región los valores porcentuales más elevados (70,2%). Los porcentajes de gradientes más bajos (Clase VI), son contenidos por el rango altitudinal menor a los 400 m.s.n.m. (57,5%).

Clase Rng. Alt	I	II	III	IV	V	VI	Total por Capa (Km ²)
> 1.800	15,31 (39,3%)	11,56 (29,7%)	12,09 (31,0%)	---	---	---	39,0
1.600-1.800	16,61 (25,8%)	28,60 (44,4%)	19,18 (29,8%)	---	---	---	64,4
1.400-1.600	16,58 (11,28%)	59,01 (40,2%)	60,21 (41,0%)	---	11,13 (7,6%)	---	146,9
1.200-1.400	53,89 (11,4%)	86,85 (18,4%)	227,61 (48,4%)	52,03 (11,0%)	40,60 (8,6%)	9,57 (2,0%)	470,5
1.000-1.200	65,97 (5,2%)	96,54 (7,6%)	402,57 (31,7%)	439,22 (34,6%)	137,52 (10,83%)	127,44 (10,0%)	1.269,3
800-1.000	55,67 (2,1%)	107,48 (4,1%)	497,05 (19,2%)	852,35 (33,0%)	582,27 (22,5%)	489,48 (18,9%)	2.584,3
600-800	57,66 (1,8%)	112,54 (3,5%)	496,68 (15,4%)	828,62 (25,7%)	922,29 (28,6%)	809,36 (25,1%)	3.227,1
400-600	51,84 (1,1%)	67,88 (1,5%)	625,79 (13,6%)	630,24 (13,7%)	881,68 (19,1%)	2.350 (51,0%)	4.607,4
< 400m	4,96 (0,5%)	14,17 (1,3%)	85,47 (8,2%)	124,89 (12,0%)	213,54 (20,5%)	599,82 (57,5%)	1.042,8

TABLA 2.3. Área planimétrica (km²) ocupada por cada clase de gradiente en los distintos rangos altitudinales.

2.3. Unidades Litoestratigráficas

El análisis bibliográfico y de cartas geológicas elaboradas por diferentes autores a una escala factible de ser empleada en este informe, permitió detectar divergencias en la clasificación de algunas de las Unidades Litoestratigráficas presentes en la zona. Siendo las Unidades Litoestratigráficas empleadas por estos autores de tipo formal, las mismas deben ser definidas de acuerdo a un esquema de clasificación y nomenclatura explícitamente establecido o acordado por convenio (Hedberg, 1980). Puede citarse a manera de ejemplo que Candeleros es mencionada por Holmberg (1964) como Grupo y por Ramos (1981) como Formación.

Por esta razón y teniendo presente el avance producido desde la década del '80 en los estudios estratigráficos en la zona de Cuenca Neuquina, se optó por delinear estas unidades a partir del Mapa Geológico y de Recursos Minerales de la Provincia de Neuquén (Secretaría de Minería, Dirección Nacional del Servicio Geológico *et al.* 1995) (TABLA 2.4), a pesar que el mismo está representado a escala 1:500.000 y consecuentemente existe un error al llevar los límites a escala 1:250.000 (MAPA 6). El sector correspondiente al norte del río Colorado y que afecta la Provincia de Mendoza, quedó sin cobertura por falta de información disponible.

2.4. Hidrogeología

La sierra Auca Mahuida, constituye un área receptora de precipitaciones importante. Sin embargo, dada las características áridas del medio, la casi totalidad de los cursos de la región en análisis (excepto el río Colorado) son intermitentes.

Las agudas permanentes representan elementos de gran interés como fuente de abastecimiento. La mayor parte de ellas se encuentra al pie de las planicies basálticas (Holmberg, 1964 y Susic, 1978), surgiendo de las areniscas designadas por Digregorio (en Uliana y Dellape, 1981) como Grupo Neuquén. El contenido en sales del agua estaría condicionado por el tipo de litología que constituye este grupo.

	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
HOLOCENO	Depósitos Actuales Basaltos y Basandesitas

PLEISTOCENO SUPERIOR	Depósitos Aterrazados		
PLESTOCENO MIOCENO	Basaltos y Andesitas, Granitos y Granodioritas		
OLIGOCENO	Andesitas Pampa Tril		
PALEOCENO INFERIOR CRETÁCICO SUPERIOR	GRUPO MALARGUE	Fm. El Carrizo (pelitas rojas) Fm. Roca (calizas, yesos) Fm. El Jaguel (pelitas verdes) Fm. Allen (areniscas claras con presencia de yeso)	
CRETÁCICO SUPERIOR	GRUPO NEUQUÉN	Fm. Río Colorado	Mb. Anacleto (pelitas rojas) Mb. Bajada de la Carpa (arenisca blanquecina a grisácea)
		Fm. Río Neuquén	Mb. Plottier (pelitas rojas) Mb. Portezuelo (arenisca rojiza)
		Fm. Río Limay	Mb. Lisandro (pelitas rojas) Mb. Huincul (areniscas amarillas) Mb. Candeleros (conglomerado rojo)
CRETACICO INFERIOR	GRUPO RAYOSO	Fm. Rayoso (areniscas arcillosas)	
		Fm. Huitrín (evaporitas)	

TABLA 2.4: Cuadro de Unidades Litoestratigráficas del área de estudio

El agua en la región, dada la escasa precipitación, es un recurso importante y de limitada disponibilidad para el consumo, razón por la cual, y ante la falta de información disponible, es de interés evaluar algunos de los parámetros que pueden condicionar la circulación y características de las aguas subterráneas. La porosidad constituye uno de esos parámetros, considerada en este documento como la relación porcentual entre el volumen de intersticios y el volumen total de la roca (González *et al*, 1986).

Resulta importante diferenciar para la zona los sectores con porosidad primaria de aquellos que poseen una porosidad secundaria. Por porosidad primaria se entiende aquella originada simultáneamente con la formación de la roca, mientras que la porosidad secundaria se origina con posterioridad a la formación de la roca, por medio de agentes físicos y/o químicos (González *et al*, 1986).

Desde el punto de vista hidrogeológico, el Grupo Neuquén constituyen el rasgo de porosidad primaria de interés. Está conformado de manera general por areniscas (en algunos casos desarrollan potentes bancos) y fangolitas de origen continental. En algunas situaciones, la conexión de bancos arenosos permite una buena circulación de agua desde la zona de recarga hacia la zona de descarga (Sosic, 1978).

Trabajos realizados sobre acuíferos del Grupo Neuquén, expresan que los caudales varían entre 2.000 y 3.600 litros por hora (l/h), con una calidad de agua en contenidos de sales que varían entre 1.000 y 7.000 mg/l, siendo los valores más frecuentes de 1.500 a 2.000 mg/l. Una perforación de 90 m de profundidad en la mina La Escondida, permitió detectar un acuífero con un nivel estático ubicado a los 32 m.b.b.p. con agua apta para consumo humano y un caudal de 3.200 l/h (Sosic, 1978).

Según el informe inédito de la consultora Natural Survey Consulting, S.A, (1996), estudios hidrogeológicos realizados en 1993 en el Yacimiento El Trapial, (Area CNQ-08-Huantraico, coordenadas Gauss Krüger X= 5.820.000 a 5.865.000 e Y= 2.379.500 a 2.485.000), en el extremo noroeste del área comprendida por este informe (MAPA 2), determinaron la no existencia de agua dulce. Los pozos de explotación fueron construidos a lo largo del Grupo Neuquén hasta una profundidad de 600 metros

aproximadamente, no haciéndose mención a su característica constructiva. Establecieron a través de perfilajes hechos en varios pozos, que el nivel estático estaría ubicado en todos los casos a no menos de 400 m.b.b.p. La misma fuente cita un análisis químico realizado en 1996 a muestras de agua tomadas de uno de los pozos y que arrojara un valor de 4.857 mg/l de cloruro de sodio.

Dado que las características físicas de las rocas aflorantes influyen en la porosidad e infiltración de las aguas y teniendo presente la escasa precipitación para la región, se realiza un reconocimiento de las formaciones superficiales presentes en el área de estudio a partir de la información existente para la zona. Se pueden encontrar entonces, dos tipos de rocas con características hidrogeológicas distintivas: aquellas con una porosidad fundamentalmente primaria (sedimentarias) y aquellas con porosidad fundamentalmente secundaria (ígneas).

Particularmente las rocas ígneas, representan una importante superficie de captación de aguas pluviales y nivales, favoreciendo la fracturación de la roca, y la baja densidad de la vegetación, una rápida y profunda infiltración. De esta forma, se generan acuíferos importantes en el contacto de la base del basalto y el sustrato infrayacente (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1963).

Se realizó entonces, una representación de estas dos grandes unidades sobre el mapa base de diagnóstico regional (MAPA 2), utilizándose además las cartas geológicas Chihuido Norte, Auca Mahuida, Buta Ranquil y Chachahuen a escala 1:200.000 (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1962, 1964, 1976 y 1981). Dada la discrepancia existente entre la cartografía de I.G.M. y la de Dirección de Minería, como

así también la falta de ajuste con elementos de teledetección (imágenes satelitales, fotografías aéreas, fotomosaicos) los límites que demarcan las unidades son aproximados. De la misma forma, ante la no disponibilidad de datos al Este del meridiano 68° 30', se recurrió al apoyo del trabajo de Uliana y Dellape (1981) y al Mapa Geológico y de Recursos Minerales de la Provincia de Neuquén (1995), escala 1:500.000. Un sector en el extremo Noreste del área de estudio (37° 14' a 37° 30' S y 68° 15' a 68° 29' W) quedó sin representación ante la falta de información. Los resultados de este análisis se exponen en el MAPA 7.

Se presenta una síntesis descriptiva de estas formaciones superficiales a partir de las definiciones geológicas y descripciones litológicas dadas por distintos autores, procurando de esta forma, aportar la información que permita tener una aproximación de los parámetros hidrogeológicos que afectan las características finales del tipo de agua en la región.

Las rocas con porosidad fundamentalmente primaria afloran en distintas partes del área analizada, mientras que las de porosidad secundaria, lo hacen particularmente en la zona norte y centro y están representadas básicamente por rocas eruptivas.

Rocas con porosidad fundamentalmente primaria. (representación total aproximada en el área de estudio: 11.530,51 km², (TABLA 2.5). En el sector centro-sur del área en análisis aparecen expuestas diferentes formaciones sedimentarias entre las que se destacan al Grupo del Rincón Grande, con una importante superficie de exposición y presentando en algunos sectores (Aguada del León y Rincón Grande, en el sudoeste del área) una configuración granodecreciente, con espesores potentes de limo y

areniscas de grano grueso en la base y con intercalaciones de 3 y 4 metros de gravilla. Hacia arriba el material se torna más fino pasando a limo y arcilla (Holmberg, 1964).

En otros sectores, se repiten en forma cíclica paquetes granodecrecientes que comienzan con un conglomerado basal y culminan con una arcilla. Todo el grupo cierra con una arenisca de grano grueso de color amarillo o grisáceo de espesor variable.

Con menor representatividad areal y rodeando al macizo volcánico se encuentra el Grupo del Rincón de Aranda, de interés hidrogeológico, que no posee un patrón granométrico distintivo como tampoco una coloración definida. En algunos sectores aflora con espesores importantes de limo (> 40 m) con intercalaciones de areniscas yesíferas y calcáreas y en otros se presenta con una base limo arcillosa y areniscas micáceas alternantes con una arenisca blanquecina (Holmberg, 1964).

Hacia el sector oeste-sudoeste, afloran cuerpos sedimentarios considerados de interés a los fines hidrogeológicos prospectivos y asignados al Grupo de Candeleros (Holmberg, 1964). Constituido por limos y limos arcillosos de coloración violácea, con intercalaciones de areniscas de granos grueso con una geometría de carácter lenticular. Fueron definidos perfiles de 15,50 m de espesor, siendo el material predominante la arenisca media a fina. El espesor de este grupo fue estimado mayor a los 150 m.

En la parte oeste de la zona de trabajo afloran los sedimentos asignados a las Formaciones Candeleros y Huincul (Keidel en V. Ramos, 1981), ambas de interés hidrogeológico. La Formación Candeleros está constituida por areniscas rojizas, de grano grueso a mediano, de escasa selección, intercaladas con fangolitas y en forma

subordinada se intercalan conglomerados con clastos de 5 a 10 cm. La Formación Huincul está constituida por areniscas gris-amarillentas, gruesas, de pobre selección. Todo este sector es considerado por V. Ramos (1981), con una permeabilidad de mediano valor. Para los sectores aledaños al arroyo Carranza, este mismo autor reconoce un conjunto de depósitos aluviales que cubren la zona con un valor de permeabilidad estimado como alto.

Hacia el oeste-noroeste afloran depósitos del Neuqueniano (Herrero Ducloux, 1946, en Holmberg, 1964). Otros afloramientos en la región son de tipo arenosos y conglomerádicos, con rodados que sobrepasan a veces los 20 cm de diámetro con cemento yesoso o calcáreo (Pie de Monte II, Holmberg, 1964-1971) y depósitos modernos correspondientes a sedimentos fluviales y de conos de deyección, formados por la acumulación de bloques y arenas de basaltos, además de productos detríticos del Neuqueniano (Holmberg, 1964).

En el sector oriental, los sedimentos aflorantes corresponden tanto a ambientes continentales (fluvial anastomosado, llanura aluvial, lagos) como a ambientes marinos (albúfera, plataforma somera, plataforma profunda) (Uliana y Dellape, 1981).

A manera de resumen se pueden establecer, según diferentes autores, los siguientes sectores con porosidad primaria como potencialmente favorables para la prospección de agua subterránea y que en conjunto cubren 1.271,21 km² del área considerada (MAPA 5).

Holmberg (1964) señala a las aguadas de Rincón Chico (Sector centro-oeste del área estudiada) como zona de aguas de buena calidad, comprendida dentro del Grupo Candeleros, destacando también que la calidad de las aguas del Grupo Rincón de Aranda es en general apta para riego y consumo humano. Ramos (1981) califica a las Formaciones Candeleros y Huincul, como favorables para la existencia de un acuífero a mediana profundidad, destacando como importante la zona aledaña al Arroyo Carranza.

Holmberg (1976), propone para el sector noroeste área de estudio, la zona de Los Barreales como la más favorable para el hallazgo de agua de buena calidad, aflorando mayoritariamente areniscas y en algunos casos materiales más gruesos.

Rocas con porosidad fundamentalmente secundaria (representación aproximada en el área de estudio: 3.246,7 km² TABLA 2.5): corresponden a efusiones de distintas edades, caracterizada por la presencia de diaclasas y fracturas que se cortan entre sí, originadas durante el proceso de fluencia y enfriamiento (pérdida de volumen). Esta característica intrínseca de la roca, determina que el conjunto tenga una elevada permeabilidad, definiéndose la misma como la propiedad de una roca por la que esta permite el pasaje de un fluido a través de ella, sin modificación de su estructura o desplazamiento de sus partes (González *et al*, 1986).

Según Holmberg (1964), el centro de las coladas es macizo, cortado por diaclasas con formas curvas y que pocas veces manifiestan una estructura columnar. Poseen poros y vesículas más o menos espaciadas y canalículos cuyas longitudes varían entre 3 y 4 cm. Las rocas presentes son de tipo basáltico y andesítico.

CARACTERÍSTICA HIDROGEOLÓGICA	SUPERFICIE (km²)
Unidades con Porosidad Fundamentalmente Primaria. (Tipo I)	11.530,51
Áreas con potencialidad para contener aguas de buena calidad según Holmberg (1964). (Tipo Ia)	332,42
Sectores de permeabilidad media según Ramos (1981). (Tipo Ib)	659,42
Sectores de alta permeabilidad, según Ramos (1981). (Tipo Ic)	279,37
Unidades con Porosidad Fundamentalmente Secundaria. (Tipo II).	3246,7

TABLA 2.5. Área planimétrica (km²) ocupada por cada tipo de unidad de interés hidrogeológico.

2.5. Suelos

2.5.1. Regímenes de humedad de los suelos de la zona

Según Ferrer *et al.* (1990), para la región se ha reconocido el régimen de humedad de suelo Arídico, según el cual, la sección de control de humedad está totalmente seca más de la mitad del tiempo en que su temperatura a 50 cm de profundidad es mayor de 5°C. Además estos suelos no están parcial o totalmente húmedos durante 90 días consecutivos cuando su temperatura a 50 cm de profundidad es superior a 8°C.

Los suelos con régimen arídico se difunden esencialmente en zonas áridas y semiáridas, con un balance hídrico francamente negativo que impide o reduce la movilidad de los constituyentes de su perfil. El escaso contenido en materia orgánica, principalmente en los horizontes superficiales, y su color claro se da como consecuencia de la vegetación arbustiva y rala. El balance hídrico deficitario es responsable de una escasa oferta en “agua útil” para los cultivos y aún para las plantas

en general, excepto para aquellas adaptadas morfológica y fisiológicamente a tales condiciones de estrés hídrico.

2.5.2. Régimen de temperatura de los suelos de la zona

Los suelos de la región están comprendidos entre los regímenes de temperatura Térmico y Mésico.

El régimen Térmico, el más cálido de los regímenes conocidos, caracteriza a aquellos suelos con una temperatura promedio superior a los 15°C pero inferior a los 22°C, además la diferencia entre las medias de verano e invierno es superior a los 5°C a 50 cm de profundidad.

El régimen Mésico, comprende zonas más altas y consecuentemente más frías, destaca a los suelos cuya temperatura media anual a los 50 cm de profundidad es superior a los 8°C pero inferior a los 15°C. Por otro lado la diferencia entre las medias de verano e invierno es superior a los 5°C.

2.5.3. Suelos de la Región

Los suelos identificados para la región por Ferrer *et al.* (1990), a escala 1:500.000 según la clasificación del *Soil Taxonomy* (Unites States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 1966), fueron los Gipsiortides típicos y los Torriortentes líticos y típicos. Existen sectores con predominio rocoso, en los que virtualmente hay una ausencia de suelo. La representación de los mismos (MAPA 8),

se realizó tomando como base la efectuada por estos autores, única información disponible para la región, existiendo consecuentemente un error al representarse sus límites a escala 1:250.000. El sector correspondiente al norte del río Colorado, quedó sin cobertura por falta de información disponible.

Los Gipsiortides típicos responden a una secuencia simple (A1, C1ca, C2cs). La superficie del suelo está cubierta, en los espacios carentes de vegetación, por clastos basáltico negros, de tamaños variados, que incluyen fracción arena hasta grava de 15 cm de diámetro promedio y también por muy escasos bloques que llegan a alcanzar 40-50 cm de diámetro. Es factible encontrar en su superficie un horizonte vesicular (Av) de 3 cm de espesor, de estructura laminar fina y débil. La estructura del resto del perfil es masiva, en ocasiones se observa un horizonte cálcico endurecido alrededor de los 50 cm de profundidad. Por debajo de los 50 cm se halla un horizonte gypico que contiene fragmentos gruesos embebido en yeso precipitado formando "pendants" o microestalactitas. Son suelos profundos, bien drenados, de escurrimiento medio a rápido, por desarrollarse, en gran medida, en un plano inclinado y/o con relieve complejo.

Según la clasificación del *United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service* (1996), si tuvieran un horizonte cálcico serían Calcigysides típicos, mientras que si el horizonte cálcico estuviera ausente estos suelos serían Haplogypsides típicos (N. Amiotti, com. pers.).

Los Torriortentes líticos y típicos son menos importantes dentro de esta región. Responden a la secuencia de horizontes A1, C, IIR. Son muy someros encontrándose

la roca basáltica a tan sólo 30 cm de profundidad. Predominan las texturas gruesas (areno franca gravilosa) en el horizonte superficial y subsuperficial y suelen presentar abundantes bloques basálticos. La superficie es gravilosa y parcialmente pedregosa, presentando “bloques fragmentados” angulares de más de 25 cm de largo.

De acuerdo a la clasificación del *United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service* (1996), si estos suelos son tan someros deberían ser Torriorthentes líticos, pues tendrían la roca a una profundidad menor a los 50cm. Si la profundidad supera los 50cm, serían Torriorthentes típicos (N. Amiotti, com. pers.).

2.6. Actividad petrolera

Gran parte de la región se encuentra comprendida dentro de los Departamentos de Pehuénches y Añelo (MAPA 1), ambos considerados entre los principales productores de hidrocarburos de la Provincia del Neuquén. En el Departamento Pehuénches se extraen principalmente hidrocarburos líquidos, mientras que en Añelo el aporte fundamental es de gas (Dirección Provincial de Hidrocarburos y Combustibles, 1998).

Hasta Julio de 1997, la mayor parte de la región fue concedida para su prospección, exploración y explotación, comprendiendo aproximadamente un 89% del área en análisis. Diversas compañías operan en la región, destacándose (por la superficie comprendida) Y.P.F S.A., Pérez Companc S.A., Petrolera Santa Fe S.A. y Petrolera Argentina San Jorge S.A, con concesiones que abarcan aproximadamente el 28%, 20,0%, 16% y 12,0% respectivamente del total del área que en este informe se evalúa (FIGURA 2.1).

Hacia el norte la mayor parte de las concesiones corresponden a Y.P.F. S.A, mientras que en el sur opera fundamentalmente Pérez Companc S.A. En la parte oeste y noreste lo hace Santa Fe S.A. y en el sector noroeste, en la zona de El Trapial, Petrolera Argentina San Jorge S.A. El resto de la superficie está dividida en concesiones correspondientes a diferentes empresas: Total Austral S.A, Tecpetrol S.A., Gas Medanito S.A., Chauvco Resources (Arg.) S.A., Petróleos Sudamericanos S.A. y Pluspetrol E&P S.A. (Dirección Provincial de Hidrocarburos y Combustibles, 1998).

La mayor parte de las concesiones se encuentran en estado de explotación, desarrollándose tareas de exploración en el sector sur, en la zona de Añelo. En el sector noroccidental se encuentra Aguada Chivato, un área otorgada a Gas Medanito S.A., correspondiente a las llamadas Áreas Provinciales y que fueron oportunamente cedidas por el Poder Ejecutivo Nacional a la Provincia del Neuquén para su explotación, mediante el Decreto 1.055/89 (Dirección Provincial de Hidrocarburos y Combustibles, 1998).

2.7. Minería

La actividad minera no tiene un desarrollo tan acentuado como la petrolera en la zona en estudio (MAPA 2). Las manifestaciones de minerales metálicos se reducen a las de hierro (Departamento Pehuenches) y manganeso (Departamento Añelo), que comprenden en ambos casos manifestaciones de carácter superficial y escaso desarrollo areal (Fernández Lima, 1978).

Los minerales industriales tienen mayor significación para la región. Según consta en el Registro Catastral Minero de la Dirección Provincial de Minería (1999), la mayor parte de las explotaciones de la década de 1990 son de bentonita, arcilla, asphaltita, canteras de arena y ripio y canteras de áridos

Las mayores explotaciones de bentonita se encuentran aproximadamente a 55 km y 40 km al noreste de la localidad de Añelo, en las inmediaciones de la Ruta Provincial nº 8, algunas de las cuales son “Mercosur”, “Mercosur I”, “El Angelito”, etc. Las canteras de arena y ripio y canteras de áridos por lo común están dispuestas en las inmediaciones de las rutas, como las que se encuentran al noroeste de Añelo a lo largo de la Ruta Provincial nº 7 y en las inmediaciones de la localidad de Rincón de los Sauces sobre la Ruta Provincial nº 6. En dirección noroeste sobre esta misma ruta y a 20 km de la localidad de Rincón de los Sauces se encuentran varias explotaciones de asphaltita como “Norma Aracelli II”, “Rincón”, “Fortuna 4”, etc. Explotaciones de arcilla aparecen a unos 20 km hacia el norte y noroeste de la localidad de Añelo, entre ellas cabe mencionar “Total Austral S.A” y “Pérez -Companc”.

Las explotaciones de asphaltita se destacan entre las más antiguas en la región. En la cercanía de la localidad de Rincón de los Sauces se encuentra “Río Colorado” (1941) y a 70 km al noreste de Añelo, “Auca Mahuida Once” (1974) y “La Escondida” (1912).

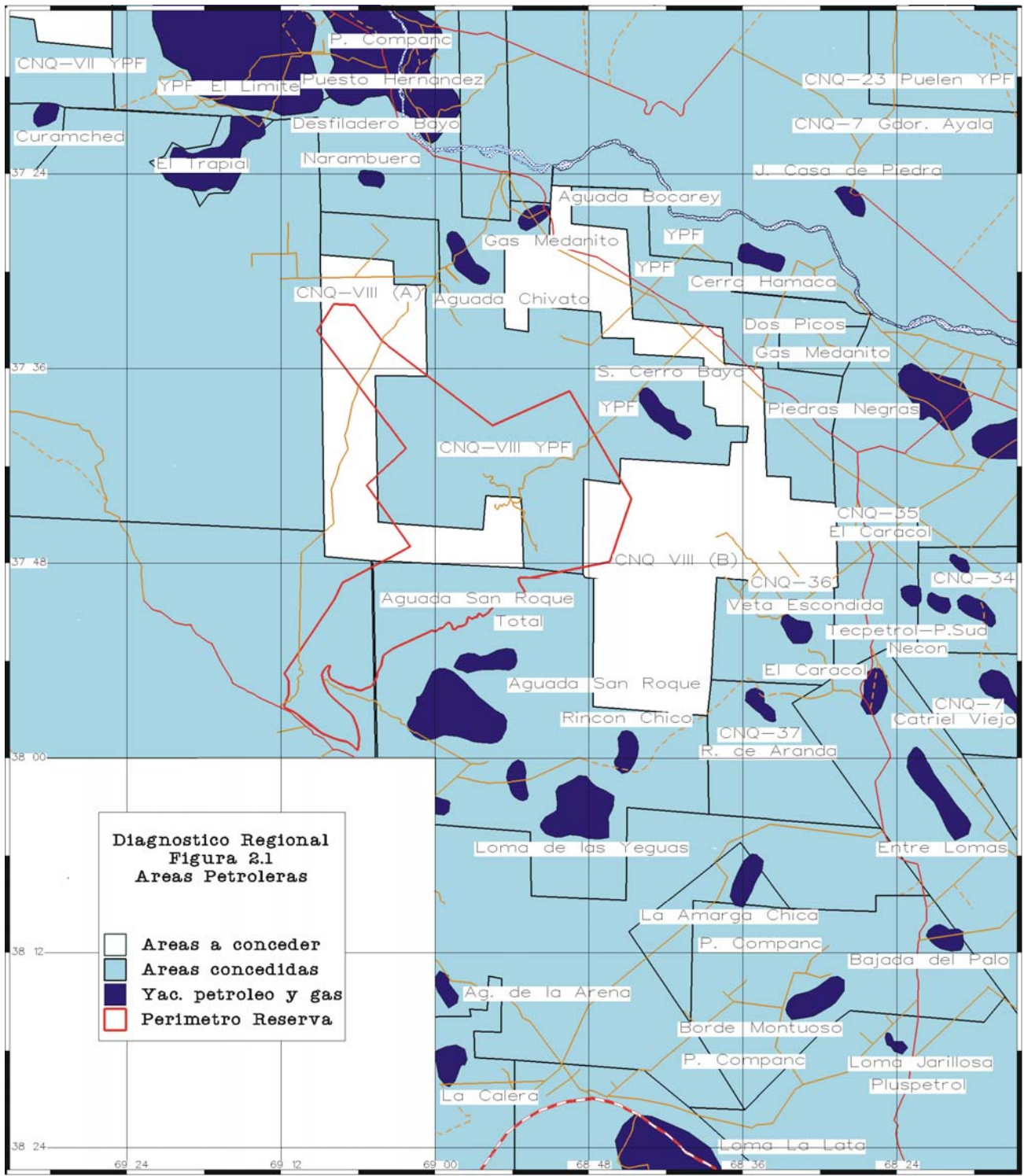


FIGURA 2.1. Yacimientos y concesiones petroleras en el área de estudio.

2.8. Bibliografía

- Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Comahue, 1982. Atlas de la Provincia del Neuquén. Neuquén. 185 pp.
- Dirección Nacional de Geología y Minería, 1963. Mapa Hidrogeológico de la Rep. Argentina. Ministerio de Economía de la Nación. Bs. As. 45 pp.
- Dirección Provincial de Hidrocarburos y Combustibles, 1998. Cuencas Argentinas, Rev., año 2, N° 2. MG Editora. 254 pp.
- Ferrer J. A., Irisarri J. A. y Mendia J. M. 1990. Estudio Regional de Suelos de la Provincia del Neuquén. Secretaría de Estado del COPADE, CFI, (v1 - ii y iii), (viii-t1). Bs. As.
- Fernández Lima J. C., 1978. Yacimientos de minerales Metalíferos. VII Congreso Geológico Argentino, Relatorio de Geología y Recursos Naturales del Neuquén, Bs. As. pp.: 209-221.
- González Díaz E. F. y J. A. Ferrer, 1986. Relevamiento y Priorización de Áreas con Posibilidades de Riego. Estudio Regional de Suelos, Geomorfología de la Provincia del Neuquén, Expte. n° 1818. CFI. Bs. As. 111 pp.
- González N., M. A. Hernández y C. R. Vilela, 1986. Léxico Hidrogeológico. Publ. Esp., Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As. 247 pp.
- Hedberg, H. D., 1980. Guía Estratigráfica Internacional. Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos, Subcom. Intern. de Clasif. Estrat. de la UICG, Edit. Reverté, Buenos Aires. 205 pp.
- Holmberg, E. 1962. Descripción Geológica de la Hoja 32d - Chachahuen, Prov. de Neuquén y Mendoza, Carta Geológico-Económica de la Rep. Argentina, E 1:200.000. Bs. As. 65 pp.

- _____. 1964. Descripción Geológica de la Hoja 33d - Auca Mahuida, Carta Geológico-Económica de la Rep. Argentina, E 1:200.000. Buenos Aires. 59 pp.
- _____. 1976. Descripción Geológica de la Hoja 32c - Buta Ranquil, Prov. del Neuquén, Carta Geológico-Económica de la Rep. Argentina, E 1:200.000. Bs. As. 65 pp.
- _____. 1978. Rasgos Geomorfológicos. VII Congreso Geológico Argentino, Relatorio de Geología y Recursos Naturales del Neuquén, Buenos Aires. pp.: 119-125.
- Natural Survey Consulting S.A. 1996. Petrolera Argentina San Jorge S.A. Área Huantraico - Yacimiento El Trapial. Monitoreo de Obras y Tareas 1995. 75pp.
- Ramos V. 1981. Descripción geológica de la Hoja 33c - los Chihuidos Norte, Prov. del Neuquén, Carta Geológico-Económica de la Rep. Argentina, E 1:200.000. Bs. As. 98 pp.
- Secretaría de Minería, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Ministerio de la Producción y Turismo, Dirección Provincial de Minería del Neuquén, Servicio Geológico Neuquino. 1995. Mapa Geológico y de Recursos Minerales de la Provincia del Neuquén, República Argentina, E 1:500.000, Neuquén.
- Sosic M., 1978. Recursos Hídricos Subterráneos. VII Congreso Geológico Argentino, Relatorio de Geología y Rec. Naturales del Neuquén, Buenos Aires. pp.: 309-319.
- United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service, 1996. Keys to Soil Taxonomy. Seventh Edition. 664pp.
- Uliana, M. A. y D. A. Dellape, 1981. Estratigrafía y Evolución Paleoambiental de la Sucesión Maestrichtiana-Eoterciaria del Engolfamiento Neuquino (Patagonia Septentrional). VIII Congreso Geológico Argentino, Actas (III), Buenos Aires. pp 673-711.