

## Río Negro

### **Procesamiento digital de imágenes satelitales aplicado al estudio hidrogeológico de la región central de la provincia de Río Negro**



## **Río Negro**

**Procesamiento digital de imágenes  
satelitales aplicado al estudio  
hidrogeológico de la región central  
de la provincia de Río Negro**

---

## **Autoridades del Consejo Federal de Inversiones**

**Asamblea de Gobernadores**

**Junta Permanente**

**Secretario General**  
Ing. Juan José Ciácerá

---

## Río Negro

# Procesamiento digital de imágenes satelitales aplicado al estudio hidrogeológico de la región central de la provincia de Río Negro

---

### Consultor

Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata,  
a solicitud de la provincia de Río Negro

Lic. Jorge A. Gebhard

### Colaboradores

Dr. Miguel Auge, Dra. Daniela S. Marchionni y Lic. Betina Zucchini

---

ABRIL DE 2013

---

## Procesamiento digital de imágenes satelitales aplicado al estudio hidrogeológico de la región central de la provincia de Río Negro

### Autor

Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata, a solicitud de la provincia de Río Negro.

Lic. Jorge A. Gebhard

### Colaboradores

Miguel Auge, Daniela S. Marchionni y Betina Zucchini

1ª. Edición

500 ejemplares

Consejo Federal de Inversiones  
San Martín 871 – (C1004AAQ)  
Buenos Aires – Argentina  
54 11 4317 0700  
[www.cfred.org.ar](http://www.cfred.org.ar)

Gebhard, Jorge  
Procesamiento digital de imágenes satelitales aplicado al estudio hidrogeológico de la región central de la provincia de Río Negro / Jorge Gebhard ; con colaboración de José Pedro Auge ; Daniela Marchionni ; Betina Inés Zucchini. - 1a ed. - Buenos Aires : Consejo Federal de Inversiones, 2013.  
94 p. ; 29x21 cm.

ISBN 978-987-510-215-6

1. Geología. 2. Tecnologías. I. Auge, José Pedro, colab. II. Marchionni, Daniela, colab. III. Zucchini, Betina Inés, colab. IV. Título  
CDD 551

Fecha de catalogación: 27/02/2013

© 2013 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES  
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723  
Impreso en Argentina - Derechos reservados

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito de los editores. Su infracción está penada por las Leyes 11723 y 25446

Impreso  
Abril de 2013

# Al lector

El Consejo Federal de Inversiones es una institución federal dedicada a promover el desarrollo armónico e integral del país.

Su creación, hace ya cinco décadas, provino de la iniciativa de un grupo de gobernadores provinciales democráticos y visionarios, quienes, mediante un auténtico Pacto Federal, sentaron las bases de una institución que fuera, a la vez, portadora de las tradiciones históricas del federalismo y hacedora de proyectos e iniciativas capaces de asumir los desafíos para el futuro.

El camino recorrido, en el marco de los profundos cambios sociales de fin y principio de siglo, motivó al Consejo a reinterpretar las claves del desarrollo regional, buscando instrumentos innovadores e identificando ejes temáticos estratégicos para el logro de sus objetivos.

Así surge en su momento el crédito a la micro, pequeña y mediana empresa, la planificación estratégica participativa, la difusión de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones, las acciones de vinculación comercial y los proyectos de infraestructura para al mejoramiento de la competitividad de las producciones regionales en el comercio internacional. Todo ello, con una apuesta creciente a las capacidades sociales asociadas a la cooperación y al fortalecimiento de la identidad local.

Entre los instrumentos utilizados por el Consejo, el libro fue siempre un protagonista privilegiado, el vehículo entre el conocimiento y la sociedad; entre el saber y la aplicación práctica. No creemos en el libro como "isla", principio y fin del conocimiento, lo entendemos—a la palabra escrita y también a su extensión digital— como una llave para generar redes de conocimiento, comunidades de aprendizaje.

Esta noción del libro como medio, y no como un fin, parte de una convicción: estamos inmersos en un nuevo

paradigma donde solo tiene lugar la construcción del conocimiento colectivo y de las redes. En esta concepción, los libros son insumos y a la vez productos de la tarea cotidiana.

En un proceso virtuoso, en estos últimos años, el CFI se abocó a esa construcción social del conocimiento, mediante el trabajo conjunto y coordinado con los funcionarios y técnicos provinciales, con profesionales, productores, empresarios, dirigentes locales, estudiantes, todos aquellos interesados en encontrar soluciones a los problemas y en asumir desafíos en el ámbito territorial de las regiones argentinas.

Con estas ideas hoy estamos presentes con un conjunto de publicaciones que conforman la **Colección "Estudios y proyectos provinciales"** y que están referidas a las acciones de la cooperación técnica brindada por nuestra institución a cada uno de sus estados miembro.

Este título: **"Procesamiento digital de imágenes satelitales aplicado al estudio hidrogeológico de la región central de la provincia de Río Negro"** que hoy, como Secretario General del Consejo Federal de Inversiones, tengo la satisfacción de presentar, responde a esta línea y fue realizado por solicitud de la provincia de Río Negro.

Damos así un paso más en esta tarea permanente de promoción del desarrollo de las regiones argentinas, desarrollo destinado a brindar mayores oportunidades y bienestar a su gente. Porque, para nosotros, "CFI, DESARROLLO PARA TODOS" no es una "frase hecha", un eslogan, es la manifestación de la vocación federal de nuestro país y el compromiso con el futuro de grandeza y equidad social que anhelamos todos los argentinos.

**Ing. Juan José Ciáccera**  
**Secretario General**  
**Consejo Federal de Inversiones**



# Índice

11	Introducción
13	Objetivos
17	Metodología de trabajo
23	Generación de base de datos georreferenciados
27	Procesamiento digital de imágenes
37	Trabajos de campo
41	Reseña geológica general
45	Unidades geomorfológicas
57	Mapa geológico cronoestratigráfico
63	Mapa geológico-hidrogeológico
75	Áreas de interés hidrogeológico
83	Conclusiones y recomendaciones
85	Bibliografía
91	Anexos





# Agradecimientos

Muy especialmente a los geólogos del Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro, licenciado Aldo Sisul y licenciado Gustavo Olivares por el aporte de sus conocimientos geológicos en el área de estudio y acompañamiento en las tareas de campaña.

A la Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP por haber hecho posible la realización del trabajo.

A las autoridades del CFI y a la provincia de Río Negro por propiciar la presentación del trabajo condensado en este libro.



## Introducción

Esta región central de la provincia de Río Negro, posee escasos recursos hídricos, principalmente en su parte oriental. Este estudio deriva de la necesidad de satisfacer la demanda de agua para consumo humano y para la actividad pecuaria, principalmente ganado ovino.

El estudio hidrogeológico fue realizado en tres etapas de avance sucesivas.

En la primera etapa se realizó la selección y adquisición del material de trabajo que cubre el área de estudio. Se analizaron los antecedentes geológicos con especial atención en los trabajos relacionados con los aspectos hidrogeológicos. Con la información adquirida se generó una base de datos georreferenciados incluyendo las imágenes LANDSAT -Enhanced Thematic Mapper (LANDSAT-ETM+) y un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) del Shuttle, de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Se confeccionaron mosaicos y se generaron salidas gráficas de distintas combinaciones de bandas para utilizar en los trabajos de campo, sobre las cuales se volcó información de la toponimia (IGM) y los caminos y localidades identificados sobre las imágenes. Se realizó una primera campaña en la que se tomaron puntos con GPS en lugares estratégicos y se reconocieron puntos según Posicionamiento Geodésico Argentino (POSGAR), el Proyecto de Asistencia al Sector Minero Argentino (PASMA) y Trigonométricos del IGM, a ser utilizados en ajustar la georreferenciación de las imágenes y la altimetría del DEM.

En la segunda etapa se aplicaron distintos procedimientos de análisis digital sobre las imágenes LANDSAT-ETM+ para optimizar su utilización en la interpretación geológica a través de distintos productos mejorados o realzados. En la segunda etapa se aplicaron distintos procedimientos de análisis digital sobre las imágenes LANDSAT-ETM+ para optimizar su utilización en la in-

terpretación geológica a través de distintos productos mejorados o realzados. La generación de composiciones color, realces de contraste, fusión de bandas de distinta resolución, cocientes entre bandas, índice de vegetación, análisis por componentes principales, etcétera, aportaron información específica como contenido de humedad y presencia de vegetación, útiles al análisis hidrogeológico. También se trabajó sobre el Modelo Digital de Elevación (DEM), con el objeto de ajustar su información altimétrica sobre la base de los datos relevados durante los trabajos de campo. El DEM fue utilizado para extraer la información topográfica del área (curvas de nivel), y para la generación de perfiles topográfico-geológicos. En esta etapa se generaron también un mapa de drenaje detallado y un mapa de lineamientos.

En la tercera y última etapa se realizó un análisis y síntesis de la información, la cual llevó a la generación de una cartografía geológica del área de estudio para apoyar los trabajos de campo. Durante estos trabajos se realizaron observaciones geológicas en sitios predefinidos y se relevaron datos hidrogeológicos específicos. Sobre la base de toda esta información se llegó a la confección de mapas geológico-cronoestratigráfico, geomorfológico, geológico-hidrogeológico y a la identificación en forma preliminar de 16 áreas de interés hidrogeológico en sectores con distintas características litológicas y estructurales. De estas áreas inicialmente se recomendaron 8. Finalmente junto con geólogos del Departamento Provincial de Aguas (DPA) se efectuó la elección de 3 áreas que presentan mayor interés para su desarrollo y en las que se recomienda realizar investigaciones hidrogeológicas y geofísicas detalladas. Se trata de la N° 3 en un medio sedimentario, la N° 7 integrada por granitos paleozoicos y volcanitas triásicas fracturadas y la N° 10 constituida por rocas proterozoicas de mediano a alto grado de metamorfismo, afectadas por una intensa fracturación.



## Objetivos

Generar una cartografía de base para la identificación preliminar de sitios con caracteres geológicos, geomorfológicos e hidrológicos favorables para la prospección de agua subterránea, que pueda ser empleada para el abastecimiento ganadero y de la población rural de la región. El trabajo de investigación comprende dos etapas.

En esta primera etapa, los estudios mediante técnicas de inferencia indirectas, tuvieron un alcance regional, a escala de reconocimiento. Una segunda etapa comprenderá investigaciones hidrogeológicas y geofísicas de detalle, en los ámbitos seleccionados en este trabajo.

### UBICACIÓN REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO



Figura 1. Ubicación regional del área estudiada

El ámbito estudiado ocupó una superficie de unos 43 000 km<sup>2</sup> en el sector central de la provincia de Río Negro (Figura 2), abarca en forma parcial los departamentos de: El Cuy, 25 de Mayo, 9 de Julio y Valcheta. En la región predomina la actividad ganadera, especialmente la producción ovina. La localidad más importante del área es Valcheta con 3555 habitantes (INDEC, censo 2001); hacia el oeste, otras localidades más pequeñas son: Nahuel Niyeu, Teniente Maza, Falkner, Ministro Ramos Mexía, Talcahuala, sierra Colorada, y al sur del área, Los Menucos. Todas se emplazan a la vera de la Ruta Nacional N° 23 que permite, en combinación con la Ruta 3, el acceso desde Viedma a Bariloche. Los límites del área de estudio son los que se describen a continuación:

Límite E: el meridiano 66° 00' O entre los paralelos 40° 45' y 39° 45' S.

Límite S: el paralelo 40° 45' S entre los meridianos 66° 00' y 70° 00' O.

Límite O: el meridiano de 70° 00' O entre el paralelo de 40° 45' S y la intersección del meridiano 70° 00' O con el curso del río Limay.

Límite N: la intersección del meridiano 70° 00' O con el curso del río Limay; desde allí por el río Limay hasta el meridiano 68° 30' O y desde este punto hasta los 67° 30' O y 39° 45' S y siguiendo el paralelo 39° 45' S hasta el meridiano 66° 00' O.

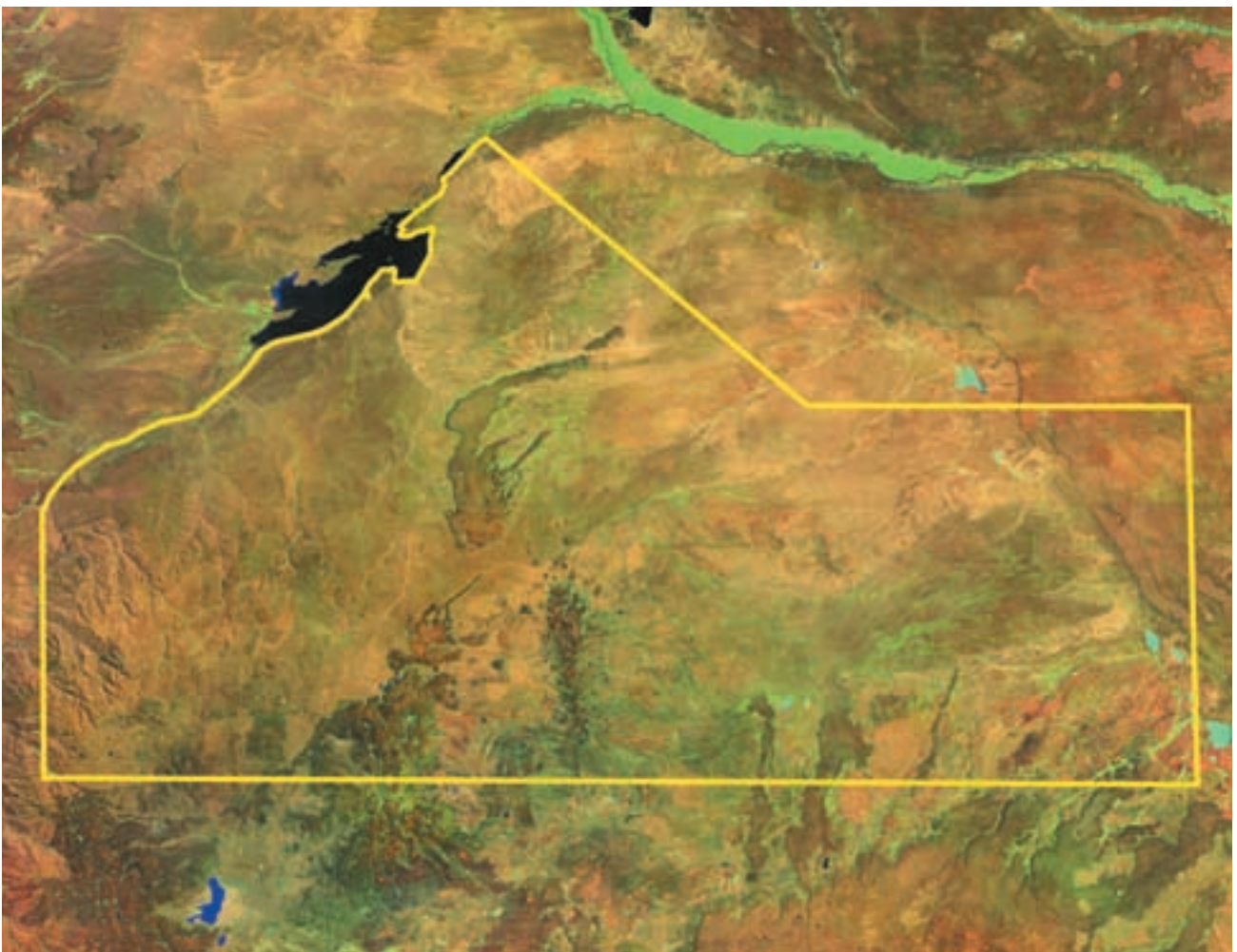


Figura 2. Límites del área de estudio







## Metodología de trabajo

Para el desarrollo de esta investigación, se siguieron las siguientes etapas metodológicas:

- Recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos.
- Generación de una base de datos georreferenciados.
- Procesamiento digital de las imágenes.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Generación de salidas gráficas e informes.
- Trabajos de campo.

### Recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos

En esta etapa se hizo una recopilación y revisión de los antecedentes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos del área. La lista bibliográfica que se presenta como anexo proviene principalmente de las descripciones de las hojas geológicas del SEGEMAR que cubren el área: Piedra del Águila (Cucchi *et al.*, 1998), Picún Leufú (Leanza *et al.*, 1997), General Roca (Hugo y Leanza, 2001a), Villa Regina (Hugo y Leanza, 2001b), Los Menucos (Cuchi *et al.*, 2001) y Valcheta (Camino, 2001); del Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino (Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro – San Carlos de Bariloche, 1984); de la Geología Regional Argentina (1980); del IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota (Iguazú, 2000) y de trabajos recientes publicados en la RAGA (2008).

Con la finalidad de definir la columna estratigráfica generalizada para el área de estudio, se revisaron las descripciones litológicas y el desarrollo superficial de las unidades presentes, así como las características geomorfológicas y estructurales, a partir de las hojas geológicas mencionadas. El Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino de Río Negro, no fue sólo tomado como una

revisión o puesta al día de trabajos anteriores, sino que también presentó en varios de sus capítulos, datos, interpretaciones e inventarios originales y novedosos.

En los últimos años, profesionales del SEGEMAR han realizado importantes trabajos geológicos en la provincia, destacándose los estudios del complejo volcánico Los Menucos (Lema *et al.*, 2008). Una detallada descripción sobre variados aspectos acerca de la geomorfología de las áreas cubiertas por las Hojas, Piedra del Águila y Los Menucos pueden encontrarse en Aguilera, E. (2005).

Giacosa *et al.* (2007) estudian la estructura de las unidades Triásicas de la región norte del macizo Norpatagónico. Describen las características geométricas y cinemáticas de las estructuras de la región de Los Menucos, entre las que se destacan fallas de rumbo E-O de más de 100 km de longitud con evidencias de desplazamientos des- trales, como se observa en la zona del “Granito Calvo”.

Desde el punto de vista hidrogeológico, Hernández, M. (2005) presenta un trabajo sobre “Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas” en el II Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de Hidrología Subterránea. Datos de interés se podrán encontrar en varios informes técnicos (no consultados) de perforaciones realizadas en Distintos Departamentos de la provincia por MAGyM (Ministerio Agricultura, Ganadería y Minería), DGMH (Dirección General de Minería e Hidrogeología), ITMAS (Instituto de Tecnología Minera y Aguas Subterráneas), “Los Alamos” (Informes Internos). Otro trabajo relacionado con la temática, fue realizado en la zona de Lipetrén por Auge, M. (2006), cuyo objetivo fue establecer el comportamiento hidrogeológico del medio fisurado en rocas volcánicas del Triásico superior y Jurásico Superior, para lo cual se cuantificaron parámetros hidráulicos como: magnitud de flujo, recarga, la calidad química del agua subterránea y su actitud para diferentes usos.

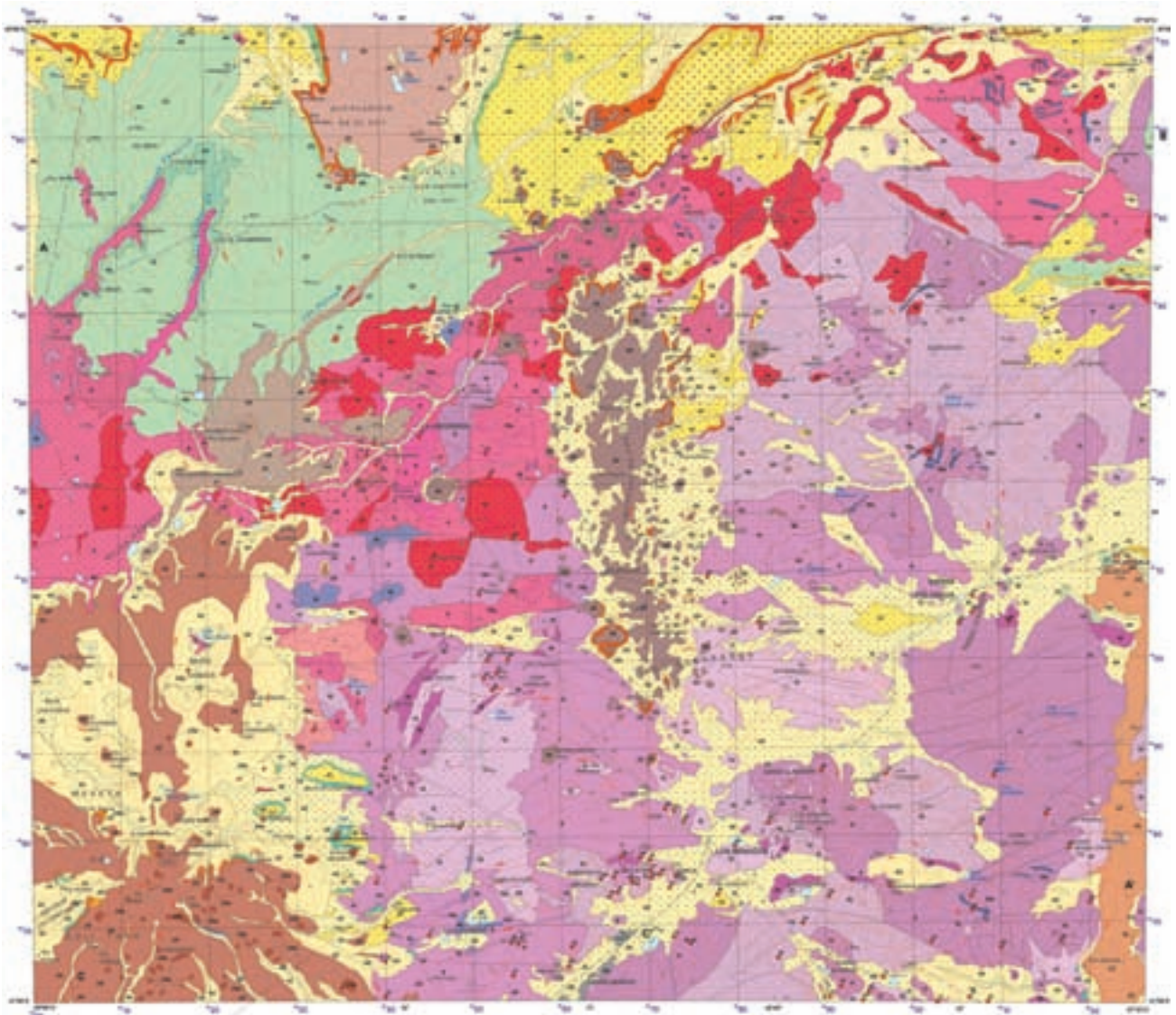


Figura 3. Hoja geológica SEGEMAR 4169-II Los Menucos

### Hojas geológicas

Se realizó la georreferenciación de cada una de ellas utilizando puntos de control (cruces de cuadrículas), se

tomaron los valores de coordenadas en forma gráfica y luego aplicando técnicas digitales. Las hojas geológicas que cubren el área son:

HOJA GEOLÓGICA	SISTEMA DE PROYECCIÓN	DATUM LOCAL
4166-I Valcheta	Gauss-Krüger - TM	Campo Inchauspe-Faja 3
4169-II Los Menucos	Gauss-Krüger - TM	Campo Inchauspe-Faja 2
4169-I Piedra del Aguila	Gauss-Krüger - TM	WGS84-Faja 2
3966-III Villa Regina	Gauss-Krüger - TM	Campo Inchauspe-Faja 3
3969-IV General Roca	Gauss-Krüger - TM	WGS84-Faja 2
3969-III Picún Leufú	Gauss-Krüger - TM	WGS84-Faja 2

Se utilizaron hojas topográficas del IGN a escala 1:250 000 y para algunos sectores hojas a escala 1:100 000

Datos GIS del IGM (soporte CD)

Comprende 13 *shapes* en coordenadas geográficas WGS84 (con atributos comunes a todas de provincia, país, hoja, fuente y fecha de actualización). Las características representadas incluyen:

1. **Afl-:** hidrografía de representación lineal, con los siguientes atributos: nombre, tipo, régimen y navegabilidad.
2. **Age-:** islas de representación poligonal.
3. **Alt-:** puntos acotados, marca altimétrica, punto trigonométrico, cerros, sierras y lomas. Con atributos de tipo, nombre y cota. Punto.
4. **Cam-:** caminos, huellas, rutas y sendas. Con atributos de nombre, tipo, jurisdicción, clase y transitabilidad. Línea.
5. **Cun-:** curvas de nivel, con atributo de cota. Línea.
6. **Egna-:** cobertura/uso de suelo. Atributos de tipo y descripción. Polígono.
7. **Eji-:** áreas urbanas ó éjidos. Atributos de nombre y departamento. Polígono.
8. **Ffc-:** vías de ferrocarril. Atributos de nombre, trocha y concesión. Línea.
9. **Lag-:** cuerpos de agua. Atributos de tipo, nombre, régimen y navegabilidad. Polígono.

10. **Lim-:** división política administrativa. Jurisdicción, Situación. (figuran solo límites interprovinciales. Línea
11. **Pob-:** sitios poblados. Con atributos de nombre, tipo, cantidad de habitantes y departamento. Punto.
12. **Pue-:** estructura en vías de comunicación (puente, dique, vadeo). Con atributos de tipo, material, obstáculo y estado. Punto.
13. **Reg-:** red geodésica de puntos trigonométricos y pilar de azimut. Con atributos de nombre, red, monografía, tipo y coordenadas.

Se seleccionaron 5 imágenes LANDSAT-ETM+ que cubren el área de estudio, buscando imágenes con 0% de cobertura nubosa y adquiridas en fechas lo más próximas posibles para tener una mayor homogeneidad espectral. Los trámites de compra se realizaron en la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

Cada una de estas imágenes fue analizada para verificar que no presentaran anomalías radiométricas que pudieran afectar su tratamiento digital, dado que, junto con la cartografía topográfica y geológica constituyen la base del estudio.

Se adquirieron en la CONAE cinco imágenes LANDSAT-7 (ETM+) modo 4XP (8 bandas), con las siguientes coordenadas WRS (World Reference System):

PATH/ROW	FECHA DE ADQUISICIÓN
230/087	12 de febrero 2002
231/088	3 de febrero 2002
230/088	12 de febrero 2002
229/088	19 diciembre 2001
229/089	19 diciembre 2001

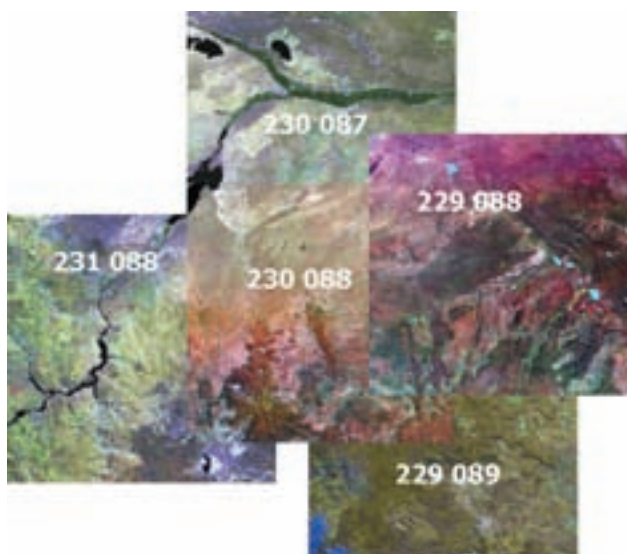


Figura 4. Imágenes Landsat que cubren el área estudiada

Cada una de estas imágenes tiene una cobertura de 185 x 175 km. Cuentan con 8 bandas, tres de ellas en el visible (bandas 1, 2 y 3), tres en el infrarrojo cercano y medio (bandas 4, 5 y 7), una en el infrarrojo térmico (banda 6) y una banda pancromática en el visible (banda 8). La resolución espacial es de 30 m para seis de las bandas, 60 m para la banda térmica y de 15 m para la

banda pancromática. Cada una de las bandas mencionadas tiene una respuesta diferencial a los distintos tipos de materiales superficiales. En particular, las bandas

del infrarrojo brindan información acerca del drenaje, vegetación y estructuras (infrarrojo cercano), unidades litológicas (infrarrojo medio), etcétera.

SATÉLITE	SENSORES	BANDAS	RANGO ESPECTRAL	RESOLUCIÓN
LANDSAT-7	ETM+	1 (azul)	0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	2 (verde)	0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	3 (rojo)	0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	4 (IR cercano)	0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	5 (IR medio)	1,55 – 1,75 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	7 (IR medio)	2,08 – 2,35 $\mu\text{m}$	30 m
LANDSAT-7	ETM+	6 (IR térmico)	10,4 – 12,5 $\mu\text{m}$	60 m
LANDSAT-7	ETM+	8 (pancromática)	0,58- 0,90 $\mu\text{m}$	15 m

### Modelo Digital de Elevación SRTM

Los datos de elevación de la Misión Topográfica del SHUTTLE constituyen una matriz uniforme de datos de elevación (DTED: Digital Terrain Elevation Data) referidos a puntos específicos del terreno. Tiene un espaciamiento de 3 segundos de arco (90 m), tanto en latitud como en longitud, y una precisión vertical de 16 m. La precisión vertical de este modelo se puede ajustar con puntos de control de elevación que se pueden extraer de la cartografía local. El *datum* horizontal utilizado para el DTED es el World Geodetic System 1984 (WGS84) y el *datum* vertical es el nivel medio del mar, determinado por el geoide WGS84 Earth Gravitational Model (EGM 96). A partir del DTED se puede extraer información topográfica (curvas de nivel, pendientes) e hidrográfica de base (red de drenaje, divisorias de cuencas).

Como información auxiliar, fueron consultados los datos pluviométricos de la fecha en que fueron adquiridas las imágenes (diciembre de 2001 y febrero de 2002). Estos datos corresponden a las estaciones meteorológicas de Valcheta, Sierra Colorada, Jacobacci, El Cuy y Pilquiniyeu del Limay.

Si bien el análisis digital orientado a la detección de las áreas de humedad y/o vegetación se realizó sobre las imágenes de 2001 y 2002, las condiciones espectrales de las mismas no deberían diferir sustancialmente con respecto de las que se encontrarían en imágenes adquiridas en los mismos meses de la actualidad.





## Generación de una base de datos georreferenciados

En esta etapa se generó un banco de datos georreferenciado para toda el área de estudio que comprende las imágenes de satélite y el modelo digital de elevación. A continuación se describen brevemente los pasos seguidos:

### Utilización preliminar de imágenes LANDSAT georreferenciadas

El formato SID, generado por el *software* MRSID, proviene de un algoritmo de compresión elaborado por el Centro de I+D Los Alamos National Laboratory de los Estados Unidos. La NASA confeccionó un mosaico que cubre gran parte de la superficie de la Tierra con imágenes Landsat de 28.5 m de resolución espacial tratadas con

este algoritmo de compresión MRSID (Multi Resolución Seamless Image Database). Estas imágenes se pueden bajar de Internet y están georreferenciadas en Sistema UTM y Datum WGS84, que puede convertirse a sistema Gauss Krüger.

Se utilizaron estas imágenes con muy buenos resultados solo como base para la primera salida al campo y toma de puntos GPS para la georreferenciación de las imágenes Landsat adquiridas para este trabajo. Debido a que están en el sistema cartográfico UTM y WGS84 se efectuó la transformación a sistema Gauss Krüger faja 2 y Datum WGS 84.



Figura 5. Mosaico imagen MRSID RGB 742 realizado



### Generación de un mosaico digital de imágenes LANDSAT-7

La corrección de las imágenes LANDSAT-7 ETM+ comprendió las siguientes etapas:

Generación de un mosaico digital: el primer paso de la corrección consistió en la generación de un mosaico digital para el área de estudio en su totalidad a partir de las imágenes adquiridas. Este mosaico fue realizado a partir de la toma de puntos de control en la faja de superposición de cada par de imágenes. Para no alterar los niveles digitales originales, el remuestreo fue realizado por el método del Vecino más Cercano, siendo asignado a cada píxel de la nueva imagen el valor de nivel digital del *píxel* más cercano en la grilla de la imagen original. Este mosaico se generó con un tamaño de *píxel* 15 metros para permitir posteriores tareas de fusión.

### Rectificación geométrica y georreferenciación

La rectificación geométrica del mosaico digital obtenido fue realizada con puntos de apoyo (GCP Ground

Control Points) tomados en el campo, bien visibles en las imágenes y claramente reconocibles en el terreno. Para la corrección se aplicó un polinomio de 2º orden y el mismo método de remuestreo usado previamente, para conservar los valores de los ND originales. Se utilizó como sistema de referencia, la Proyección Gauss-Krüger (Transversal Mercator) con *Datum* Local: WGS 84 (POSGAR 94) en Faja 2. El error cuadrático medio (RMS Root Mean Squared) alcanzado durante la corrección geométrica fue de 1,00 píxeles en X y 0,91 píxeles en Y (píxeles de 15 metros).

### Aplicación de técnicas de fusión de datos: para obtener una mejor resolución espacial

Se realizó un procedimiento de fusión o “merge”, que consiste en integrar la información multispectral con la pancromática a través de un procesamiento específico, obteniéndose así imágenes multispectrales con una resolución espacial mejorada (con un píxel de 15 m en lugar de 30 m).

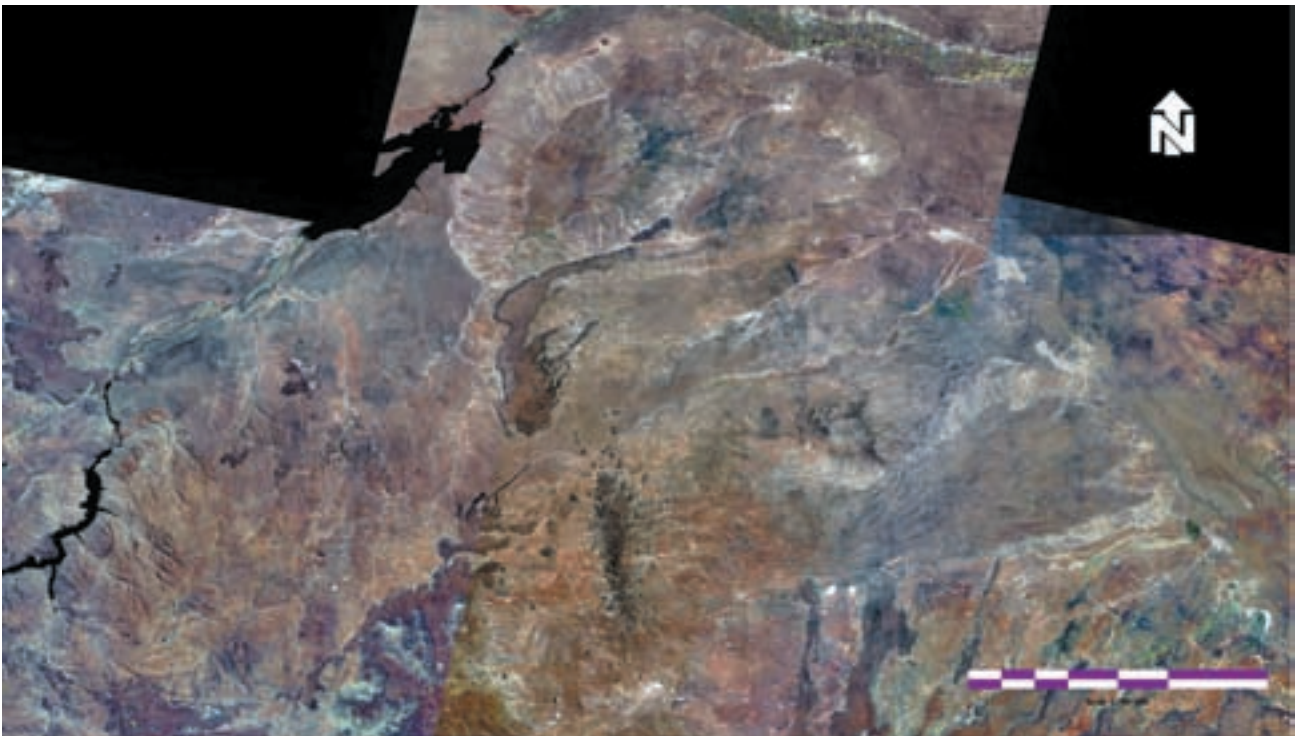


Figura 6. Mosaico RGB 321 de Imágenes Landsat (15 m)

### **Preparación del Modelo Digital de Elevación de STRM**

La misión topográfica SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que se llevó a cabo en febrero del año 2000, permitió obtener una cobertura topográfica de gran parte de la Tierra. Esta misión utilizó un radar de apertura sintética para la toma de datos interferométricos (IFSAR Interferometric Synthetic Aperture Radar). Las diferencias entre estas imágenes permitieron calcular la elevación de las superficies observadas, mediante una técnica interferométrica.

Los datos de elevación utilizados en esta investigación corresponden al Digital Terrain Elevation Data (DTED) de Nivel-1, generado por esta misión. El DTED es una matriz uniforme de datos de elevación referidos a puntos específicos del terreno. En el DTED de Nivel-1 estos puntos tienen un espaciamiento de 3 segundos de arco (aproximadamente 90 metros), tanto en latitud como en longitud, y una precisión vertical de 16 metros (con un 90% de confianza).

### **Edición del Modelo Digital de Elevación (DEM)**

Este Modelo Digital de Elevación fue remuestreado a un tamaño de píxel de 15 m. En este DEM se reconoció la presencia de numerosos "huecos" sin información que se registraron principalmente en las áreas más deprimidas y en los cuerpos de agua. Por este motivo, este modelo de elevación debió ser editado para permitir su utilización posterior. La edición del DEM consistió en la interpolación de los valores de cota de los píxeles adyacentes a las áreas sin información y la asignación a estas áreas de los valores de cota correspondientes.

El Modelo Digital de Elevación fue luego corregido, con el objeto de ajustar su información altimétrica sobre la base de los datos relevados durante los trabajos de campo.

Este DEM fue incorporado a la base de datos georreferenciados para la extracción de información topográfica.



## Procesamiento digital de imágenes

En esta etapa de la investigación se realizaron distintos procesamientos sobre el mosaico digital de imágenes LANDSAT-7 ETM+ georreferenciado, generado en la etapa previa. Estos procesamientos, cuyo objetivo fue mejorar la visualización de las imágenes y optimizar la utilización de las mismas, consistieron en la aplicación de distintos procedimientos de análisis digital para la generación de diversos productos mejorados a ser utilizados en la interpretación. También se trabajó con el Modelo Digital de Elevación (DEM) de SRTM, para la extracción de información topográfica (curvas de nivel), e hidrológica (red de drenaje automática y divisorias de cuencas). La información así generada fue utilizada tanto para el análisis geomorfológico a nivel regional, como para la definición de los patrones de drenaje asociados a las distintas unidades geológicas y, en particular, para la búsqueda de anomalías de drenaje. El DEM también fue utilizado para obtener perfiles topográficos y para la construcción de perfiles geológicos a lo largo de transectas previamente definidas.

### Procesamiento de las Imágenes LANDSAT-7 ETM+

Se realizaron distintos procesamientos para generar productos mejorados a partir de los datos digitales originales, entre los cuales fueron seleccionados aquellos que presentaron las mejores condiciones de tonos-texturas y contrastes para la interpretación visual, también los que aportaron información específica útiles al análisis hidrogeológico, como contenido de humedad y presencia de vegetación. A continuación se describen los principales tratamientos realizados:

### Generación de composiciones color y aplicación de técnicas de realce

Se generaron distintas composiciones color para utilizar como base en las tareas de interpretación. En todos los

casos, la asignación de bandas a los canales rojo (R), verde (G) y azul (B), se realizó de manera de facilitar la interpretación visual. A las composiciones color así generadas se aplicaron diferentes mejoras de la visualización a partir del ajuste de los histogramas (técnicas de realce). Se generaron composiciones en color real, infrarrojo color y falso color compuesto. En la Figura 7 se ilustran las composiciones color así generadas, para un pequeño sector del área de estudio.

- a- la composición en "color real" fue obtenida a partir de las tres bandas del espectro visible (RGB: 321) y es la que mejor expresa el color natural de los afloramientos y superficies. Esta composición es muy útil también para observar la presencia de cuerpos de agua y las características del drenaje.



Figura 7. Composiciones color RGB combinación de diferentes bandas

La composición “infrarrojo color” fue generada mediante la incorporación de la banda 4 del infrarrojo cercano (RGB: 432) que ofrece una particular respuesta a la presencia de humedad al tiempo que pone en relevancia también la presencia de vegetación. Esta composición es muy útil para observar y cartografiar las estructuras geológicas y delinear las redes de drenaje. Al mismo tiempo permite observar claramente la extensión de la cubierta vegetal y detectar diferencias sutiles en las características de la misma. En esta composición color la vegetación verde se observa en rojo.

a) las composiciones en “falso color compuesto” se generaron utilizando particularmente las bandas del infrarrojo -que son las que brindan una mayor cantidad de información geológica- y alguna banda del visible. De estas composiciones se retuvieron para la interpretación las RGB: 741 y RGB: 541, que son aquellas que mejor permiten observar las variaciones litológicas de las unidades geológicas presentes en el área teniendo en cuenta sus características composicionales. En ambos casos se asignó la banda 1 (azul) al canal azul (B) y la banda 4 (infrarrojo cercano) al verde (G) y las bandas del infrarrojo medio (5 y 7) fueron asignadas al canal rojo (R). En estas composiciones color la vegetación se ve siempre verde.

Estas composiciones color fueron utilizadas para la discriminación litológica, el relevamiento de estructuras geológicas, el mapeo de las redes de drenaje, el análisis geomorfológico y la interpretación geológica en general. Las variaciones de tono-textura que se observan corresponden a cambios en la composición de las rocas y suelos y a cambios superficiales (rugosidad superficial, cobertura vegetal, alteración meteórica, etc.). Además se observan variaciones en la intensidad de la respuesta que responden a cambios en la intensidad de la energía solar incidente. Estas variaciones están en relación con las características topográficas del terreno y determinan la presencia de sombras topográficas, que permiten realzar las características morfológicas del área. En general, las composiciones en falso color compuesto (RGB: 741 y RGB: 541) mostraron una mayor riqueza en cuanto a variaciones de tono-textura que responden a cambios litológicos que las composiciones en infrarrojo color (RGB: 432) y color real (RGB: 321).

### Fusión de bandas de distinta resolución

En las imágenes LANDSAT-ETM+ podemos elegir entre el nivel de detalle ofrecido por la banda pancromática (píxel de 15 m) y la información espectral que brindan las otras bandas, con una menor resolución espacial (píxel de 30 m). De estas características van a depender la escala de trabajo (determinada por el nivel de detalle de las imágenes) y la capacidad de discriminar distintos tipos de coberturas geológicas (condicionada por la resolución espectral de las mismas). Existen distintas técnicas de fusión de datos que permiten la explotación conjunta de la información espacial y espectral de imágenes multiespectrales de distinta resolución. Nosotros utilizamos como técnica de fusión la transformación en el espacio de color (Transformación RGB-IHS-RGB) orientada al aprovechamiento de la resolución espacial de estas imágenes para el mapeo geológico en los sectores que resulten de mayor interés, los que requerirán de un análisis a una escala de mayor detalle que el resto del área de estudio.

La transformación entre las coordenadas RGB y HSI se realiza partiendo de una combinación de bandas (RGB), la que se convierte al espacio HSI. El principio de esta transformación se basa en que una composición color puede interpretarse sobre la base de sus componentes, los tres colores primarios: Red (R), Green (G), Blue (B) o sus propiedades: Cromaticidad (*Hue*), Pureza (*Saturation*) y Brillo (*Intensity*).

Una vez en este espacio, el canal de intensidad puede ser reemplazado por la imagen cuya resolución espacial se quiere preservar. Una transformación inversa al espacio de color (RGB) da como resultado una nueva imagen que preserva la información espectral de la composición color original con una resolución espacial mejorada.

Mediante esta transformación se integró la información multiespectral (30 m) con la pancromática (15 m), para aprovechar la resolución espacial de la banda pancromática, sin descuidar la información espectral que brindan las otras bandas. Se realizó esta transformación a partir de la composición color RGB: 741, utilizando la banda pancromática como canal de intensidad, obteniéndose así una imagen multiespectral de color similar a la original, pero con una resolución espacial mejorada (con un píxel de 15 m en lugar de 30). Esta fusión permitió

llevar la escala de visualización de las bandas del visible e infrarrojo de las imágenes LANDSAT ETM+ de 1:50.000 a 1:25.000, admitiendo una observación de mayor detalle y conservando los colores de la composición color original, lo que facilitó la interpretación de los datos resultantes. En la Figura 8 se ilustra el resultado de la aplicación de esta fusión para un sector del área de estudio. En la imagen superior se ilustra la composición color RGB: 741 con un píxel de 30 m y en la inferior el resultado de la fusión con la banda pancromática (píxel de 15 m).

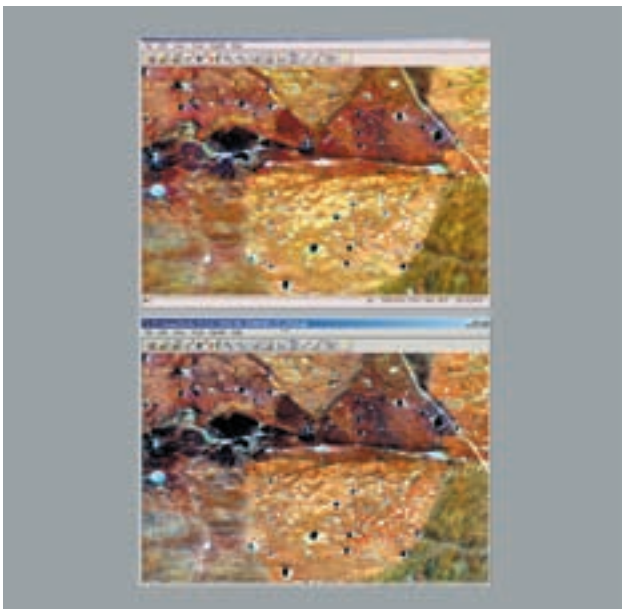


Figura 8. Transformación RGB-IHS-RGB para mejorar la resolución espacial

### Cociente de bandas e Índice de vegetación

Las imágenes multispectrales permiten la realización de diversas operaciones aritméticas entre bandas, como sumar, restar o dividir los niveles digitales (ND), píxel a píxel, de las bandas involucradas, así como realizar operaciones aritméticas más complejas para realzar determinados rasgos o fenómenos de interés. En este trabajo se aplicaron algunas operaciones tendientes a realzar la presencia de vegetación, debido a que la misma es indicadora de las condiciones ambientales; pudiendo dar información acerca de la presencia de manantiales de agua, la cercanía de la napa freática, diferencias en la humedad retenida en el suelo, etc. Si bien la fecha de adquisición de las imágenes es en cierto modo una limitación, las imágenes de cociente e índice de vegetación son muy orientativas para los estudios hidrogeológicos

destinados a la búsqueda de agua, dado que permiten diferenciar claramente aquellos sectores donde se produce una mayor concentración de humedad y donde se desarrolla la vegetación verde.

### Respuesta de la vegetación

Si analizamos la firma espectral de la vegetación sana (Figura 9) esta muestra un claro contraste entre las longitudes de onda que corresponden al rojo (baja intensidad de la respuesta) y al infrarrojo cercano (alta intensidad de la respuesta), mientras que en la vegetación enferma este contraste es menos evidente y menos aún en el suelo desnudo. El contraste entre vegetación sana, enferma y suelos, por lo tanto, es bastante evidente en estos dos intervalos del espectro, que corresponden a las bandas 3 y 4 de LANDSAT respectivamente. Podemos decir que cuanto mayor sea el contraste entre los niveles digitales de la banda infrarroja y la roja, mayor vigor vegetal presentará la cubierta observada. Entre las operaciones aritméticas más expeditivas que pueden ser utilizadas para realzar este efecto, se encuentran el simple "cociente de bandas" y el denominado "Índice de vegetación" o "IV", que combinan las bandas del rojo (R) e infrarrojo cercano (IR). Estas operaciones permiten mejorar la discriminación entre superficies que tengan un comportamiento espectral muy distinto en las bandas involucradas.

$$\text{Cociente} = \frac{\text{ND (IR)}}{\text{ND (R)}} \quad \text{Índice de vegetación} = \frac{\text{ND (IR)} - \text{ND (R)}}{\text{ND (IR)} + \text{ND (R)}}$$

### FIRMA ESPECTRAL VEGETACIÓN



Figura 9. Firma espectral característica de la vegetación sana (Frassia, M. 2009, modificado)

### Segmentación de densidades

Se trata de una técnica utilizada en análisis numérico de imágenes, que permite observar la ubicación espacial de píxeles cuyos ND (niveles digitales) caen dentro de un intervalo de valores determinados. Esta técnica permite convertir una imagen de niveles de gris (ya sea una banda simple o una imagen de cociente) en una imagen color, en la cual cada color estará indicando un intervalo particular de ND, facilitando así la observación de su distribución espacial. Como ejemplo hemos aplicado la segmentación de densidades a la imagen de índice de vegetación (en 32 bits) definiendo tres intervalos de segmentación a partir del histograma de la imagen. Los intervalos seleccionados fueron asignados a los canales R, G y B para la visualización y se ilustran en el siguiente cuadro:

Intervalos	Rango de valores
1	ND > 10
2	- 10 < ND < 10
3	- 20 < ND < - 10

Figura 10. Intervalos para la segmentación de la imagen de Índice de vegetación

En la Figura 11 se ilustra la imagen de índice de vegetación (IV) y el resultado de la segmentación de densidades aplicada a esta última para un sector del área de estudio. De esta forma los píxeles que tienen los valores más elevados en la imagen de índice IV (tonos más claros) aparecen resaltados en rojo, los intermedios (grises medios) en verde y los más bajos (tonos oscuros) en azul. Esta técnica permite aislar sectores donde respuesta de la vegetación presenta una intensidad diferente.

### Análisis por componentes principales

El ACP es una técnica que permite optimizar la información de las imágenes multiespectrales, redistribuyendo la información de las bandas originales en nuevas bandas denominadas componentes, eliminando la información redundante. Las primeras componentes reunirán la información más significativa, mientras que la información residual (anomalías o ruido de la imagen) quedará relegada a las últimas componentes. En esta investigación, el ACP ha sido empleado para generar nuevas imágenes

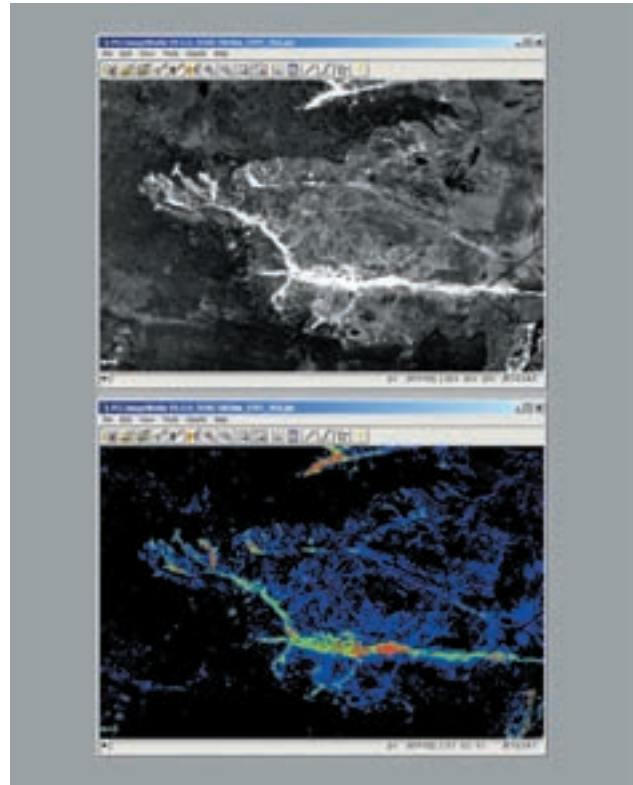


Figura 11. Imágenes tendientes a realzar la presencia de vegetación: Imagen de Índice de Vegetación (arriba) y resultado de la segmentación de densidades (abajo)

de componente que puedan reunir información de distinta naturaleza (vegetación, litología, drenaje, etc.), mejorando así las posibilidades de la interpretación.

La elección de las nuevas componentes para una aplicación determinada dependerá de la información que se pretende extraer. La información que las nuevas componentes pueden ofrecer puede ser evaluada a partir de la observación de las imágenes generadas y del análisis general de la matriz de Varianza-Covarianza. Esta matriz permite analizar la relación entre las nuevas componentes y las bandas originales y así inferir la información que va a ser retenida en cada una de las nuevas imágenes.

	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7	Varianza
CP 1	0.41363	0.37910	0.46944	0.26836	0.48609	0.39620	97.16%
CP 2	0.47545	0.38356	0.25258	0.03667	-0.58796	-0.46475	1.80%
CP 3	-0.17322	0.04251	0.48670	-0.74838	-0.22468	0.34753	0.90%
CP 4	-0.62809	-0.03889	0.57755	0.47742	-0.12095	-0.16761	0.42%
CP 5	-0.06892	0.09448	0.16120	-0.37039	0.59355	-0.60608	0.09%
CP 6	0.41649	-0.03495	0.34691	0.03816	0.01175	-0.08634	0.04%

Fig 12. Vectores propios de la matriz de Varianza-Covarianza

En la Figura 13 se ilustran las nuevas imágenes de componentes principales generadas a partir de las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 del mosaico de imágenes LANDSAT-ETM+, para un sector del área de estudio. El análisis por componentes principales fue acompañado por un realce de los datos para una mejor visualización de las imágenes resultantes. El realce se logró mediante un estiramiento gaussiano.

A la primera componente (CP1) le corresponde el peso positivo de todas las bandas y reúne la mayor parte de la información espectral de las mismas, por lo que resulta muy útil al análisis geológico y geomorfológico en general, dado que describe las mayores variaciones en la luminosidad de la escena. La segunda componente (CP2) describe el contraste espectral entre las bandas del VNIR y SWIR (vectores propios con signos opuestos) por lo cual ofrece información relacionada con la presencia de agua (que aparece con tonos más claros), dado que el agua tiene una mayor absorción en el infrarrojo medio (bandas 5 y 7) que en el visible (bandas 1 a 3), donde domina la reflexión. La alta correlación con las bandas del espectro visible indica que las superficies coloreadas que tengan una alta respuesta en este rango (ej. pátinas de óxidos) aparecerán con tonos más claros. La tercera componente (CP3) ofrece una gran riqueza para la interpretación. Esta componente va a reunir información sobre la vegetación verde (la cual aparece en tonos os-

curos) dado que presenta vectores propios con cargas elevadas y signos opuestos (positivo para la banda 3 y negativo para las bandas 4 y 5). Es muy notable en la imagen de esta componente como se ponen en relevancia estructuras geológicas sutiles que atraviesan a los distintos afloramientos, puestas en evidencia por la presencia de vegetación y por variaciones en el contenido de humedad. Las últimas componentes (CP4, CP5) concentran información residual. La CP6 retiene el ruido de la imagen.

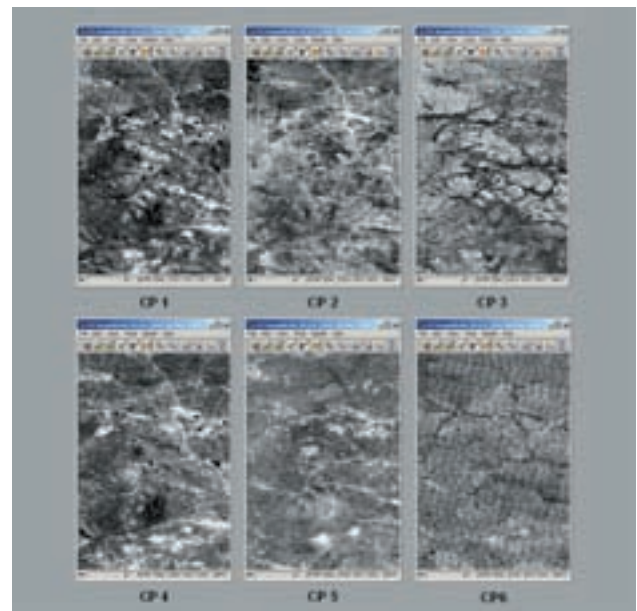


Figura 13. Imágenes de componentes principales para un sector del área de estudio



Figura 14. Mosaico RGB 543. Pueden observarse en tonos verdosos los sectores con vegetación y/o humedad.



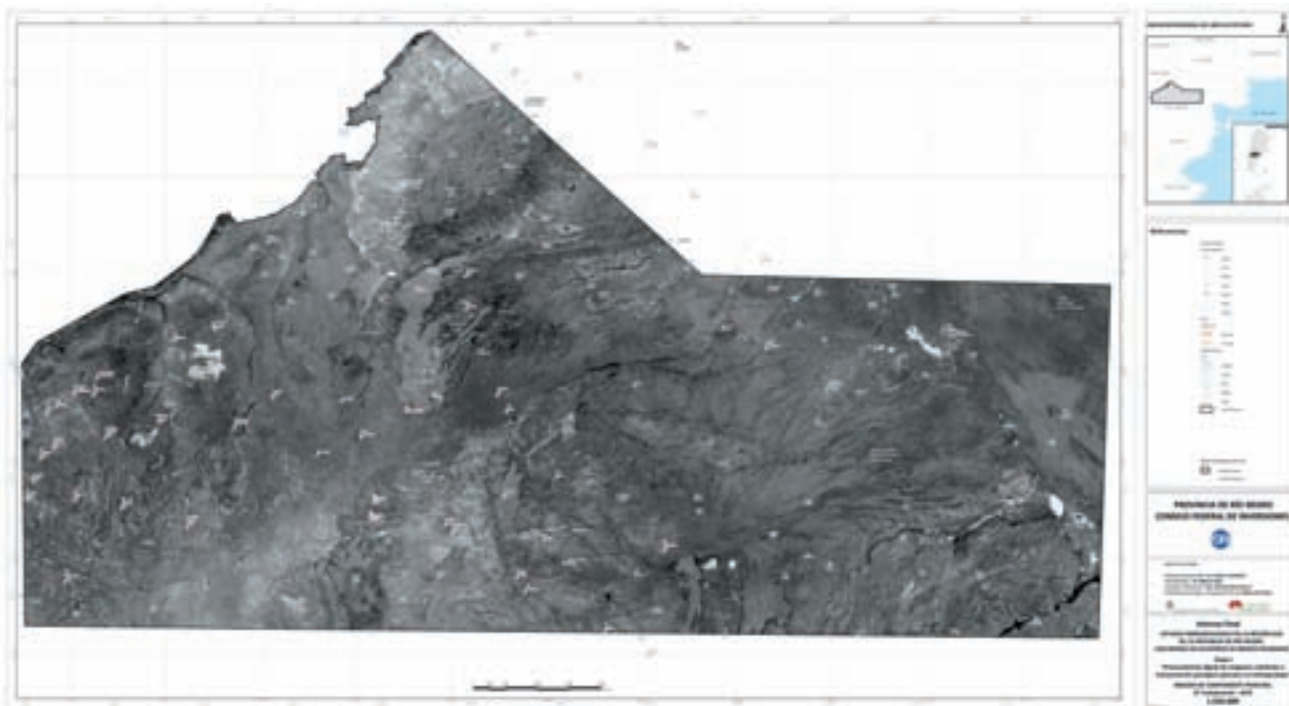


Figura 15. Análisis de Componentes Principales). Los tonos oscuros corresponden a sectores con mayor humedad.

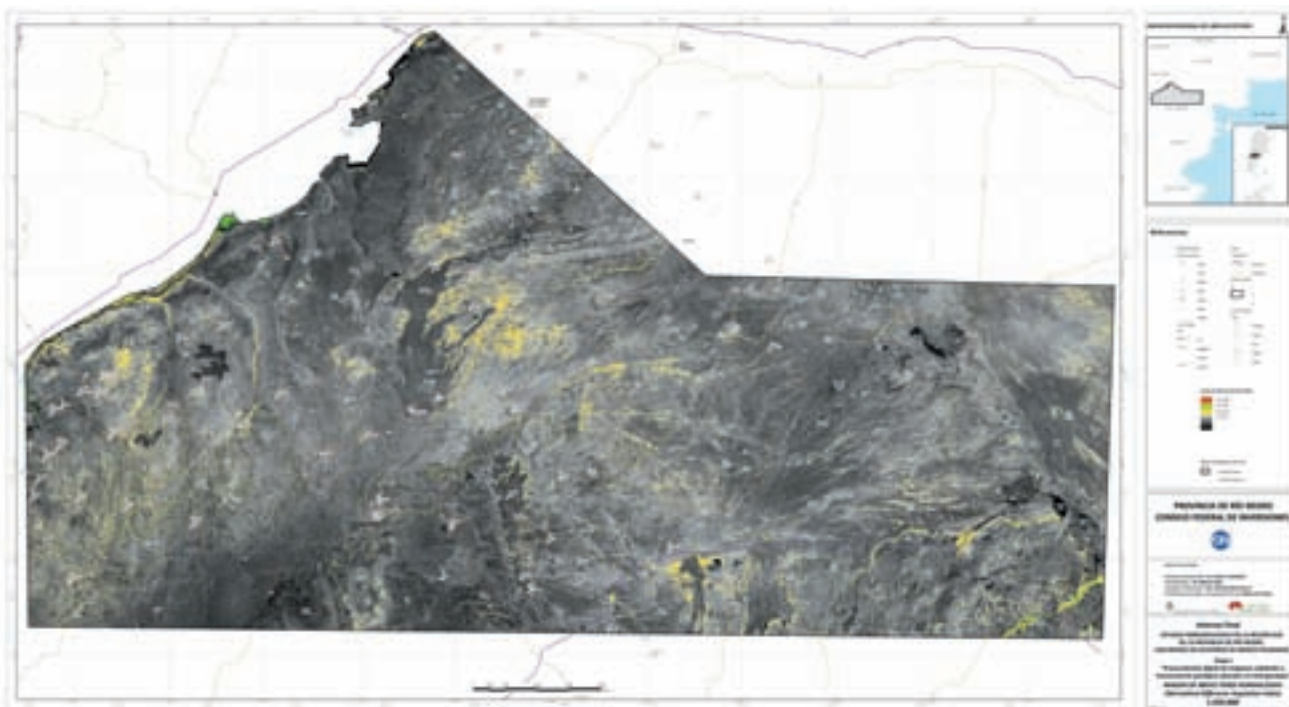


Figura 16. Índice de vegetación. Las partes amarillentas indican presencia de vegetación.

**Control y ajuste de la información altimétrica mediante la utilización del Modelo Digital de Elevación**

En esta etapa se trabajó con el Modelo Digital de Elevación de la misión topográfica SRTM del Shuttle, con el objeto de controlar y ajustar su información altimétrica sobre la base de los datos relevados durante los trabajos de campo. Hay que señalar aquí que el DEM cubre un área más extensa que la zona de trabajo a los efectos de no interrumpir la continuidad de los rasgos geomorfológicos regionales. Como primera medida fueron posicionados sobre el DEM del Shuttle los puntos relevados en el campo para realizar la lectura de sus correspondientes cotas a los fines de compararlas con las cotas obtenidas de la información del IGM. Aquellos puntos de ubicación incierta y/o cota dudosa fueron descartados y no fueron tenidos en cuenta para el análisis. Con este criterio fueron luego seleccionados 25 puntos de observación, a partir de los cuales se construyó el diagrama de dispersión que se presenta en la Figura 17 y se calcularon los estadísticos que lo acompañan.

ESTADÍSTICOS	COTAS DEM	COTAS IGM
Valor mínimo	93 m	91,3 m
Valor máximo	1303 m	1339 m
Rango	1210	1247,7
Media	536,20 m	537,96
Desvío estándar	456,71 m	457,42 m

Figura 17. Gráfico de dispersión

Como se observa en la figura 17, la correlación entre los valores de cota del DEM y del IGM es muy buena. La media de los puntos es de 536,20 m para las cotas del DEM y de 537,96 m para las del IGM (diferencia menor a 2 m entre ambas medias) y el desvío estándar de 456,71 m y 457,42 m respectivamente (diferencia menor a 1 m). Analizando punto por punto los datos de observación, hay tres lecturas que concentran la mayor proporción de esta diferencias: punto 17 (13 m), punto 25 (33 m) y punto 32 (17,5 m). El resto de los puntos medidos registran diferencias de altura de entre 0,1 y 4,5 m. Con las lecturas hechas hasta la fecha, dada la superficie del área cubierta y la resolución del DEM (90 m) no se cree necesario ningún ajuste.

**Extracción de información topográfica**

Los datos corregidos del Modelo Digital de Elevación del Shuttle fueron remuestreados a 30 m de tamaño de píxel y para ellos se han generado distintos tipos de visualización: en tonos de gris (donde a cada nivel digital o "altura" le corresponde un tono de gris) y en pseudocolor (donde a cada nivel digital se le asigna un color). En la Figura 18 a-b se ilustra un sector del DEM sus dos formas más estándar de visualización. A partir de este DEM fueron extraídas las curvas de nivel en forma automática con equidistancias de 100, 50 y 25 m. En la Figura 18 c-d se ilustra el DEM con las curvas de nivel superpuestas.

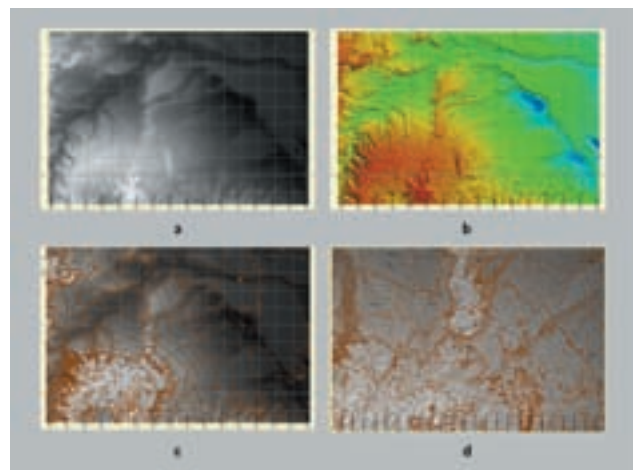


Figura 18. Modelo Digital de Elevación a) en niveles de gris y b) en pseudocolor, c) con las curvas de nivel superpuestas (100 m), d) detalle del anterior (25 m).

**Extracción de la red de drenaje**

A partir del DEM fueron extraídas en forma semiautomática, la red de drenaje y las líneas de divisoria de las distintas cuencas hidrográficas (Figura 19). Se describen a continuación los pasos seguidos:

- a) Rellenado de depresiones: consiste en el "rellenado" de los sectores del DEM que representan obstáculos para el escurrimiento (ej. píxeles negativos). Así cada una de las celdas del DEM pasan a formar parte de al menos un grupo de celdas adyacentes que constituyen un camino de valores continuos decrecientes.
- b) Determinación de las direcciones de flujo: se determina la dirección de flujo general del DEM a partir de la

dirección de flujo de cada una de las celdas. Ésta última representa la dirección hacia la cual el agua fluiría fuera de cada celda. Así queda registrada la dirección de flujo de cada píxel del DEM.

c) Determinación de la acumulación del flujo: a partir de las direcciones de flujo establecidas a cada celda se le asigna un valor equivalente al número de celdas que drenan hacia ella. Las celdas que tienen un valor de acumulación igual a cero corresponden a zonas de divisoria.

d) Valoración delta de flujo: el valor delta de cada celda indicará el incremento en el valor de acumulación de flujo en la dirección de flujo de esa celda.

e) Trazado de la red de drenaje: a partir del canal de acumulación de flujo y de un umbral elegido ( $n=1000$ ) se trazó una red de drenaje completa conectada.

f) Trazado de las líneas de divisoria: a partir de los canales de acumulación de flujo e incrementos (valor delta) y del canal de direcciones de flujo se trazaron las divisorias de cuencas para un determinado umbral ( $n=10000$ ), teniendo en cuenta que cuanto mayor es el umbral, serán separadas un menor número de cuencas.

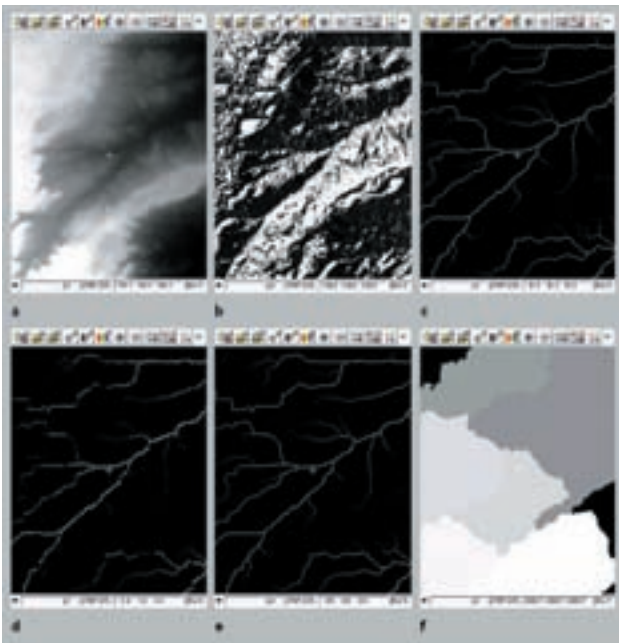


Figura 19. Pasos seguidos para la extracción semiautomática de redes de drenaje y divisorias de cuencas a partir del DEM del Shuttle: a) rellenado de depresiones, b) direcciones de flujo, c) acumulación de flujo, d) valor delta de flujo, e) red de drenaje (umbral  $n=1000$ ), f) cuencas hidrográficas (umbral  $n=10000$ ).





## Trabajos de campo

La primera salida de campo prevista en esta investigación se trató de una campaña de GPS realizada para el relevamiento de puntos de control a utilizar en la rectificación geométrica y georreferenciación de las imágenes. Durante la misma se efectuó también un reconocimiento geológico preliminar de los sectores recorridos y se relevaron además puntos acotados, puntos trigonométricos y puntos fijos para el ajuste del Modelo Digital de Elevación de SRTM.

Durante la misma se registraron las coordenadas de 69 puntos de control utilizando dos GPS (Global Positioning System) en simultáneo: modelo Garmin.



Foto 2. Tomando datos con GPS sobre punto trigonométrico

ETREX y modelo Garmin GPSMap76. Los datos de posición fueron adquiridos en coordenadas geográficas con Datum WGS84 y luego convertidos a Gauss Krüger Faja-2. Para la rectificación geométrica y georreferenciación fueron tomados datos de GPS sobre rasgos bien identificables en las imágenes, como cruces de caminos con cursos de agua y estancias. En el caso de los datos de elevación, los valores de cota fueron extraídos de la cartografía del IGM. Un listado de dichos puntos se presenta en el correspondiente Anexo.

Para los trabajos de campo fue utilizada una salida gráfica del mosaico de imágenes LANDSAT con los bordes cortados según los límites establecidos por el CFI para el estudio, dejando un espacio de terreno marginal. A esta imagen se le ha superpuesto la información de las rutas y caminos, de gran utilidad para los trabajos en el campo, así como la red de puntos principales del IGM. Una segunda campaña tuvo la finalidad de realizar un reconocimiento geológico expeditivo de la zona de estudio poniendo especial énfasis en la visita a sitios donde existe provisión de agua subterránea y manifestaciones superficiales o subsuperficiales que permitieran tener una idea general sobre las características hidrogeológicas de la zona. Para la recorrida se contó con el mapa geológico-cronoestratigráfico preliminar y mosaicos georreferenciados de imágenes satelitales con la toponimia y los caminos para facilitar los desplazamientos en el campo y programación de las salidas diarias. También se tomaron con GPS ubicaciones de puntos fácilmente identificables en las imágenes para realizar comprobaciones planimétricas de la cartografía.

Durante la misma se registraron (foto 3) las coordenadas de 46 puntos de control utilizando GPS: modelo Garmin ETREX. Los datos de posición fueron adquiridos en coordenadas geográficas con Datum WGS84 y luego convertidos a Gauss Krüger Faja-2.



Foto 3. Punto de triangulación y GPS

En aquellos puntos en que se encontraron pozos de agua, jagüeles molinos, o manantiales, junto con geólogos del DPA (foto 4) se tomaron datos de la conductividad eléctrica que se presentan en el correspondiente Anexo.



Foto 4. Tomando datos de conductividad eléctrica







## Reseña geológica general

La zona bajo estudio se encuentra ubicada en la porción centro norte del macizo nordpatagónico, al norte de la meseta de Somuncurá. Se caracteriza por la presencia de afloramientos de rocas ígneas y metamórficas paleozoicas. Afloran también metamorfitas de grado bajo a medio del Paleozoico Inferior y plutonitas pertenecientes al ciclo eruptivo Gondwánico propuesto por Keidel (1921) con edades que van desde el Neopaleozoico hasta el Triásico. El ciclo Gondwánico es responsable de la estructuración principal del macizo nordpatagónico,

con importantes episodios plutónicos y volcánicos. Un rasgo característico de esta deformación es la fracturación E-O con deflexiones al N y al S e importantes desplazamientos de rumbo. Este es el caso de la zona de La Esperanza donde hay evidencias de desplazamiento de rumbo dextrógiro a través de fallas E-O, se observa un ejemplo característico en el "Granito Calvo" segmentado por este sistema de fracturas (Lema H. et al 2006 y 2008). Los focos efusivos de la Sierra de Queupuniyeu se hallan controlados por el mismo sistema de fallas. Un

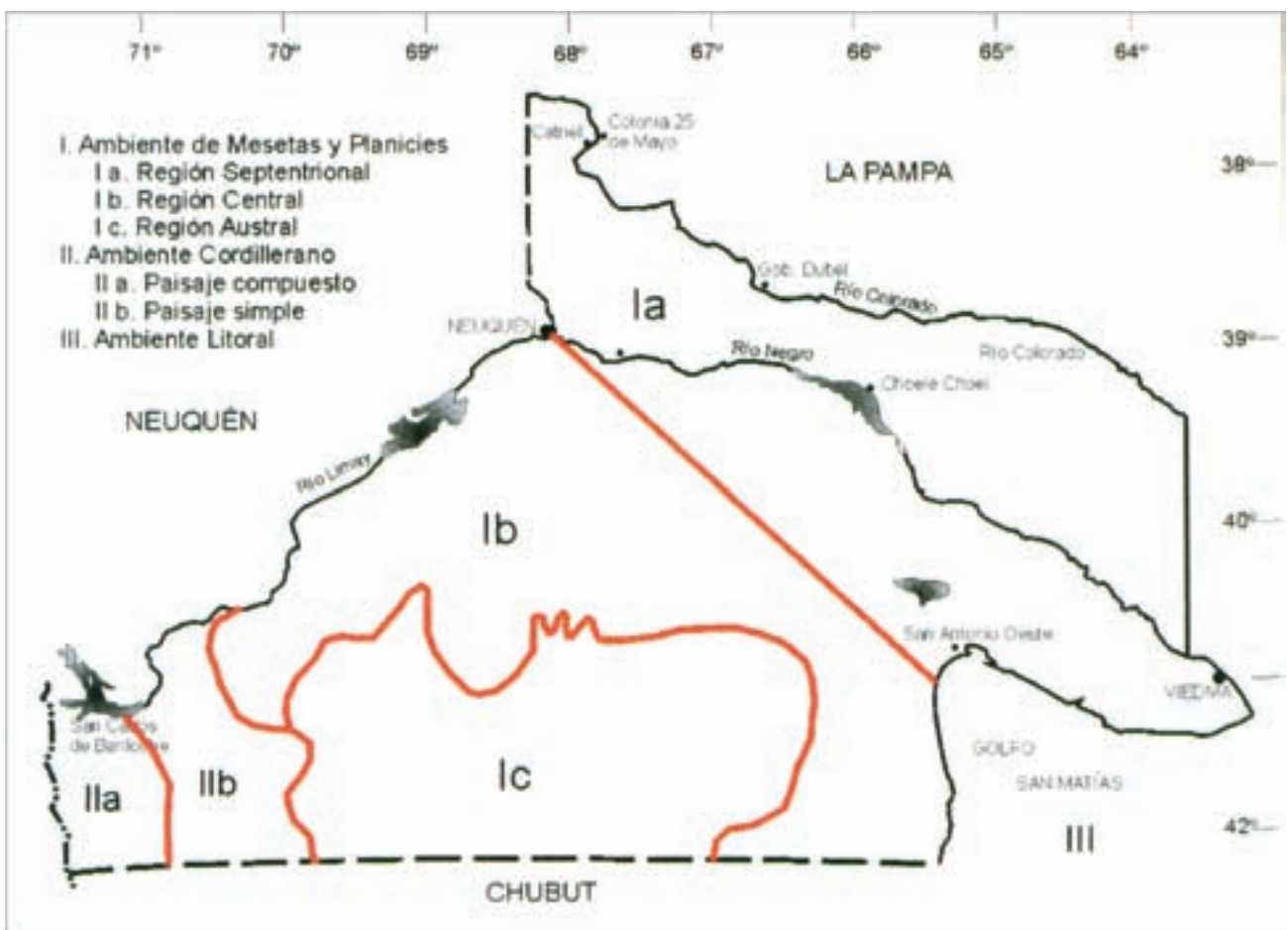


Figura 20. Ambientes y rasgos geomorfológicos de la provincia de Río Negro. (Tomado de González Díaz y Malagnino, 1984).

lineamiento regional salinas Trapalcó-Lagunas Curicó limita el margen nororiental del macizo nordpatagónico. Un intenso volcanismo riolítico cubre durante el Triásico y hasta el Jurásico basal la mayor parte del macizo y en especial el sector central y septentrional. El complejo volcánico Los Menucos representa la actividad magmática producida durante este período. Está integrado por diversos tipos de depósitos piroclásticos, lavas, diques y cuerpos epizonales a subvolcánicos con intercalaciones sedimentarias (Giacosa, R. et al 2007). La estratigrafía del Cretácico superior y Terciario está representada por varios episodios de sedimentación continental y marina y derrames de lavas basálticas. Los depósitos vinculados a procesos fluviales, gravitacionales y eólicos constituyen las unidades más modernas. También se presentan en el área depósitos de sedimentitas marinas y continentales.

Desde el punto de vista geomorfológico esta región forma parte del “ambiente de mesetas y planicies” de Patagonia extraandina (González Díaz y Malagnino, 1984). Se presentan en el área unidades geomórficas generadas por acción volcánica así como unidades modeladas por los agentes exógenos. En líneas generales predomina la acción fluvial como modeladora del paisaje sobre otros procesos geológicos y tectónicos actuantes. Estos autores dividen a la provincia de Río Negro en tres regiones (septentrional, central y austral). La mayor parte del área de estudio queda incluida dentro de la denominada Región Centra (Ib); el extremo noreste del área forma parte de la Región Septentrional (Ia) y en el borde sur del área se presentan las manifestaciones más septentrionales de la meseta de Somuncurá, que pertenece a la Región Austral (Ic). Figura 20

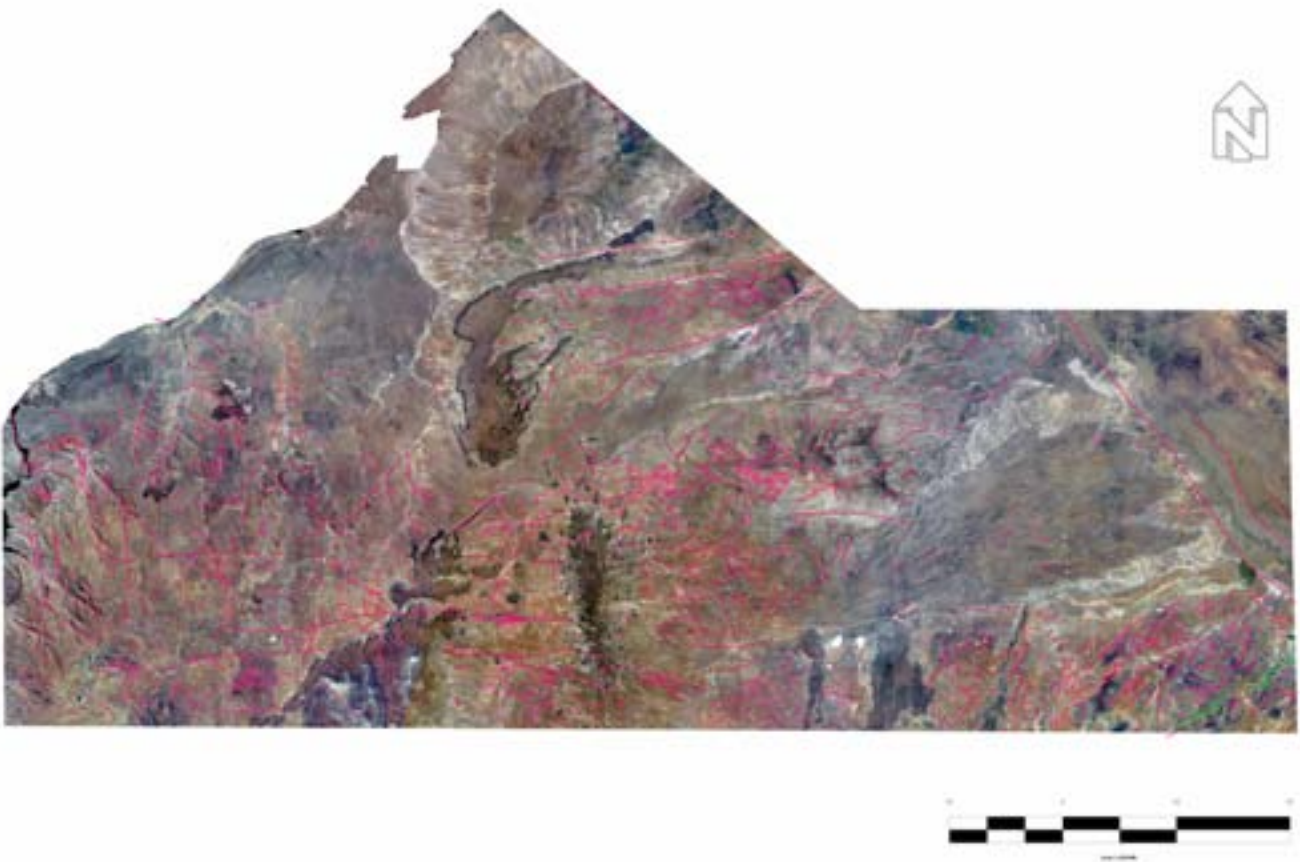


Figura 21. Mosaico RGB 321 con realce y lineamientos

**Análisis de lineamientos**

El principio sobre el cual se basa el registro de lineamientos, y en este caso se refiere a aquellos que tienen un origen estructural, puede ser de carácter morfológico o tonal. Estos rasgos naturales pueden ser observados en trazos rectilíneos de cursos de agua, alineaciones de lagunas, de centros volcánicos, crestas o depresiones topográficas elongadas, alineación en la vegetación, anomalías en el drenaje, etcétera.

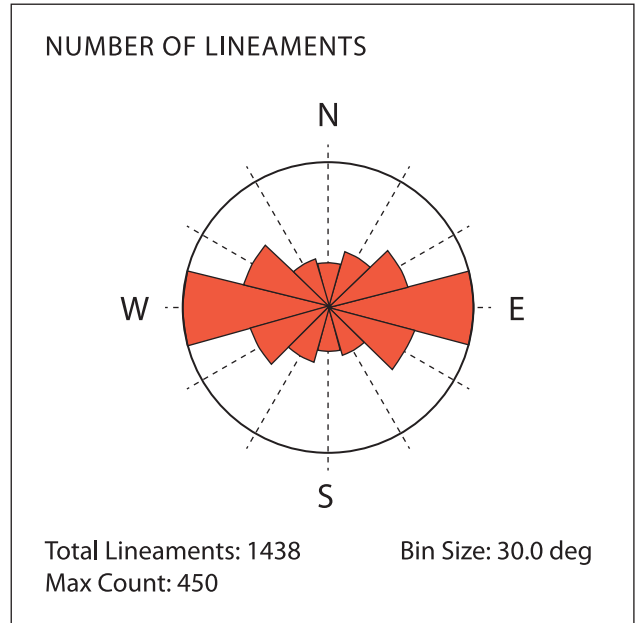
El área de estudio (Figura 21) reúne una serie de unidades estructurales con características propias. Ha sido afectada por eventos tectónicos de distinta edad, que se ven reflejados regionalmente en la presencia de lineamientos estructurales de variada magnitud y orientación, que han actuado sobre distintas unidades geológicas. Para la identificación de estos rasgos lineales se ha utilizado la metodología tradicional de interpretación visual sobre las imágenes originales y sobre las imágenes generadas por diferentes métodos de procesamiento digital.

Luego se compararon y analizaron; se llegó a un único mapa de lineamientos estructurales que es el que se presenta. La cuantificación de los lineamientos se basa en que un rasgo lineal puede ser expresado y graficado a través de parámetros, como azimut, longitud y número total de lineamientos. Mediante la relación de estos parámetros es posible obtener valores de: frecuencia de lineamientos, longitud acumulada, longitud acumulada por orientación, etcétera.

De las áreas de interés hidrogeológico con rocas proterozoicas, paleozoicas y triásicas que tienen intensa fracturación se confeccionaron diagramas de roseta en base al número de lineamientos que muestran las orientaciones preferenciales.

El diagrama representa lineamientos agrupados cada 30° y muestra la relación entre azimut y número de lineamientos cuyos centros son 30°, 60° y 90° en el primer cuadrante y, 120°, 150°, y 180° en el segundo.

El análisis de los lineamientos registrados en relación con las áreas y las litologías es mencionado en "Áreas de interés hidrogeológico".



Roseta de lineamientos



## Unidades geomorfológicas

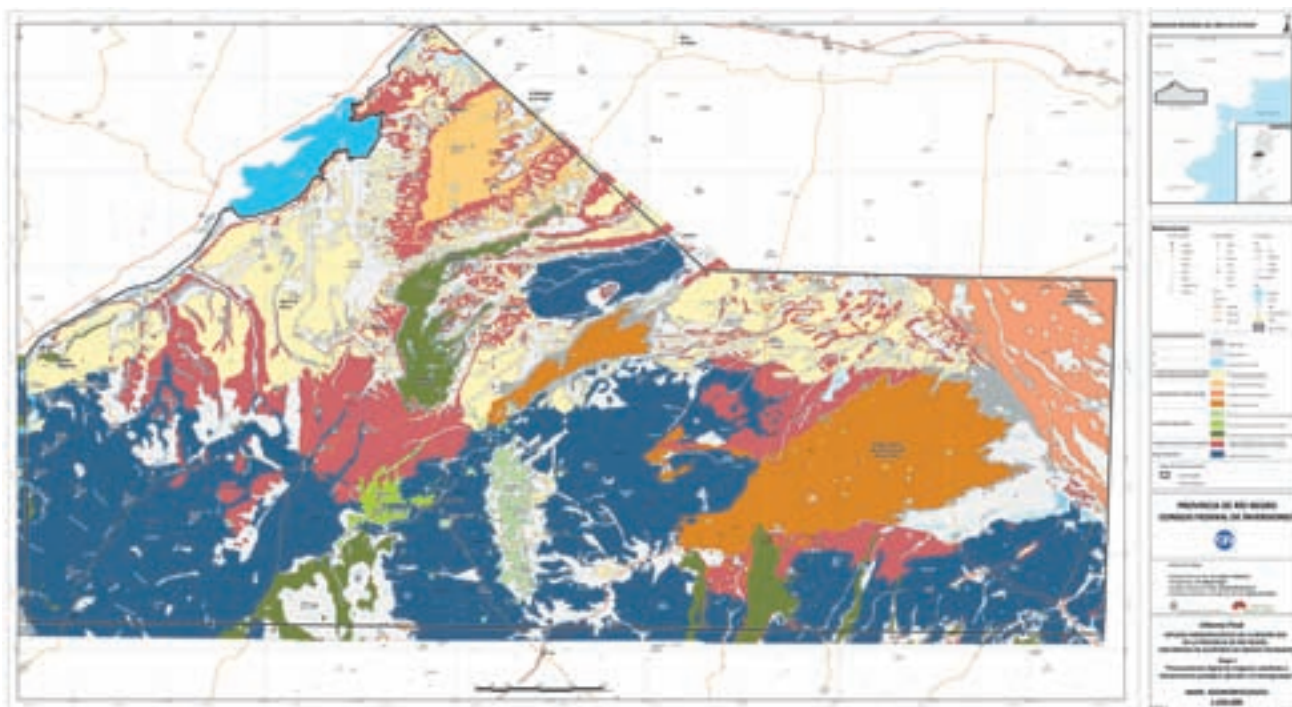


Figura 22. Mapa geomorfológico

### **Peneplanicie exhumada y disectada** **Paisaje de basamento**

Este paisaje se desarrolla sobre basamento cristalino de metamorfitas, plutonitas y vulcanitas con edades que van del Proterozoico al Triásico (Unidades 1, 2a-1, 2b y 3). Corresponde a una superficie de erosión regional labrada sobre el basamento metamórfico y el conjunto de rocas eruptivas del ciclo gondwánico. Esta superficie fue cubierta por sedimentitas del Cretácico superior, cubierta protectora que luego fuera erosionada, como consecuencia de cambios en el nivel de base o de ascensos tectónicos, exhumándose la peneplanicie, la que fue finalmente disectada. Ocupa una extensa superficie del área de estudio, distribuida principalmente al sur de los 40°00' de latitud y en el sector central del área se extiende aún más al norte.

En el sector sudoccidental del área (Hoja Piedra del Águila) esta peneplanicie comprende el área situada entre el Cañadón Mengué y el Río Limay, sector que se caracteriza por un paisaje de suaves ondulaciones recortadas por quebradas y cañadones y donde la presencia de diques se manifiesta bajo la forma de crestones. Los arroyos presentan valles amplios en las cabeceras y más estrechos y profundos hacia su desembocadura, en las cercanías del Río Limay, que actúa como nivel de base local. Esta peneplanicie tiene un avanzado grado de disección en este sector, debido a la importante erosión ocurrida en el lapso que va del Triásico al Cretácico-Terciario, quedando sólo algunos relictos en las altas cumbres. La pendiente general es hacia el norte, como se advierte en la dirección de los cañadones (Currú Mahuida, La Blanca, y los restantes.

La red de drenaje tiene un control estructural, presentando un diseño dendrítico en las cabeceras que pasa a rectangular-angular aguas abajo, debido a la presencia de diaclasas y fracturas. Toda esta zona ha sido fuertemente dislocada y desmembrada en bloques lo que explica su relieve actual algo abrupto. Entre Chasicó y el C° Kakel Huincul el grado de disección es mucho menor y parte de la cubierta volcano-sedimentaria en la actualidad se mantiene.

En el sector centro-sur (Hoja Los Menucos), la peneplanicie tiene un buen grado de conservación debido a la resistencia de las litologías subyacentes, dando lugar a lomadas de suaves pendientes como es el caso de las Sierras Blancas. En los sectores más llanos, el paisaje es interrumpido por la presencia de crestones vinculados a cuerpos intrusivos con control estructural, como se observa en la zona de La Esperanza.

El mayor grado de disección de la peneplanicie se advierte a lo largo de la Ruta Nacional N° 23 y en el área del graben del C° Piche, al sur del área. Esta unidad geomorfológica se extiende más al norte en el sector central (Hoja General Roca), donde se corresponde con los afloramientos del Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco, que forman una faja de orientación aproximadamente E-O -de 48 km de largo por 16 km de ancho- controlado por fallas de igual orientación, y limitada por los cañadones El Salado, al norte, y El Loro, al sur.

Presenta un relieve suave de amplias lomadas extendidas y, en algunos sectores, sobresalen pequeños cerros con relieves más abruptos. En el sector sudoriental (Hoja Valcheta) la peneplanicie muestra un moderado grado de disección, determinando un relieve suave integrado por lomadas de cimas redondeadas de reducido relieve relativo.

### **Planicies estructurales “por arrasamiento”**

Estas geoformas son producto de la degradación de sedimentitas dispuestas en mantos horizontales o levemente inclinados. La planicie proveniente de la erosión de estas rocas se instala en el nivel de las capas más resistentes, las que quedan expuestas y actúan como nivel de base local. Estos afloramientos se pueden desmembrar en unidades menores desconectadas de la masa

principal, determinando la presencia de mesas, mesillas y cerritos pedestales, amparados por estratos duros.

### **Paisaje con influencia de estructuras horizontales**

Están labradas sobre sedimentitas del Jurásico-Cretácico (Unidades 4b y 5a). En el sector sudoccidental del área (Hoja Piedra del Águila) las planicies estructurales por arrasamiento se ubican al norte del Cañadón Mengué en relación con rocas sedimentarias del Jurásico-Cretácico (Fm. Pichi Picún Leufú y Bajada Colorada), con una leve inclinación hacia el norte (Unidades 4b y 5a). Los cursos de agua son de régimen efímero a intermitente; su diseño es paralelo con cabeceras dendríticas. También se observa control estructural, por la presencia de diaclasas y fracturas. En el sector noroccidental (Hoja Picún Leufú) esta unidad geomorfológica se registra en unidades sedimentarias del Cretácico (Unidades 5a), con mayor desarrollo al norte del Río Limay. En el sector centro-sur (Hoja Los Menucos) se ha labrado una superficie muy amplia de erosión subhorizontal sobre las sedimentitas cretácicas del Grupo Neuquén (Unidad 5a), que se extiende desde los Cerros Pillahuincó Chico y Pillahuincó Grande hacia el norte. Entre los cañadones Chasicó y Trapalcó –desde el C° Sombrero hacia el sur- se ha desarrollado el típico paisaje de mesillas o cerritos pedestales debido a la presencia de otros bancos resistentes por encima de la superficie principal de arrasamiento. En el sector sudoriental (Hoja Valcheta) esta unidad geomorfológica se ubica al sur del abanico de la Loma de Los Leones a lo largo de la Ruta Nacional N°23, coincidiendo con los afloramientos de sedimentitas cretácicas del Grupo Neuquén (Unidad 5a). El paisaje se caracteriza por una morfología tabular y de escaso relieve, con un escalonamiento poco marcado hacia los valles fluviales.

La monotonía del paisaje es interrumpida por aisladas mesillas protegidas por rocas más resistentes. Estas planicies estructurales constituyen las partes más bajas del paisaje como resultado de la inversión de relieve característica del área. En el sector centro-norte (Hoja General Roca) un paisaje característico de esta unidad geomorfológica ha sido descrito para la región de la planicie aluvial de El Trapo, desarrollada sobre areniscas levemente inclinadas del Cretácico inferior (Fm. Candeleros). (Unidad 5a).

### **Paisaje con influencia de estructuras homoclinales**

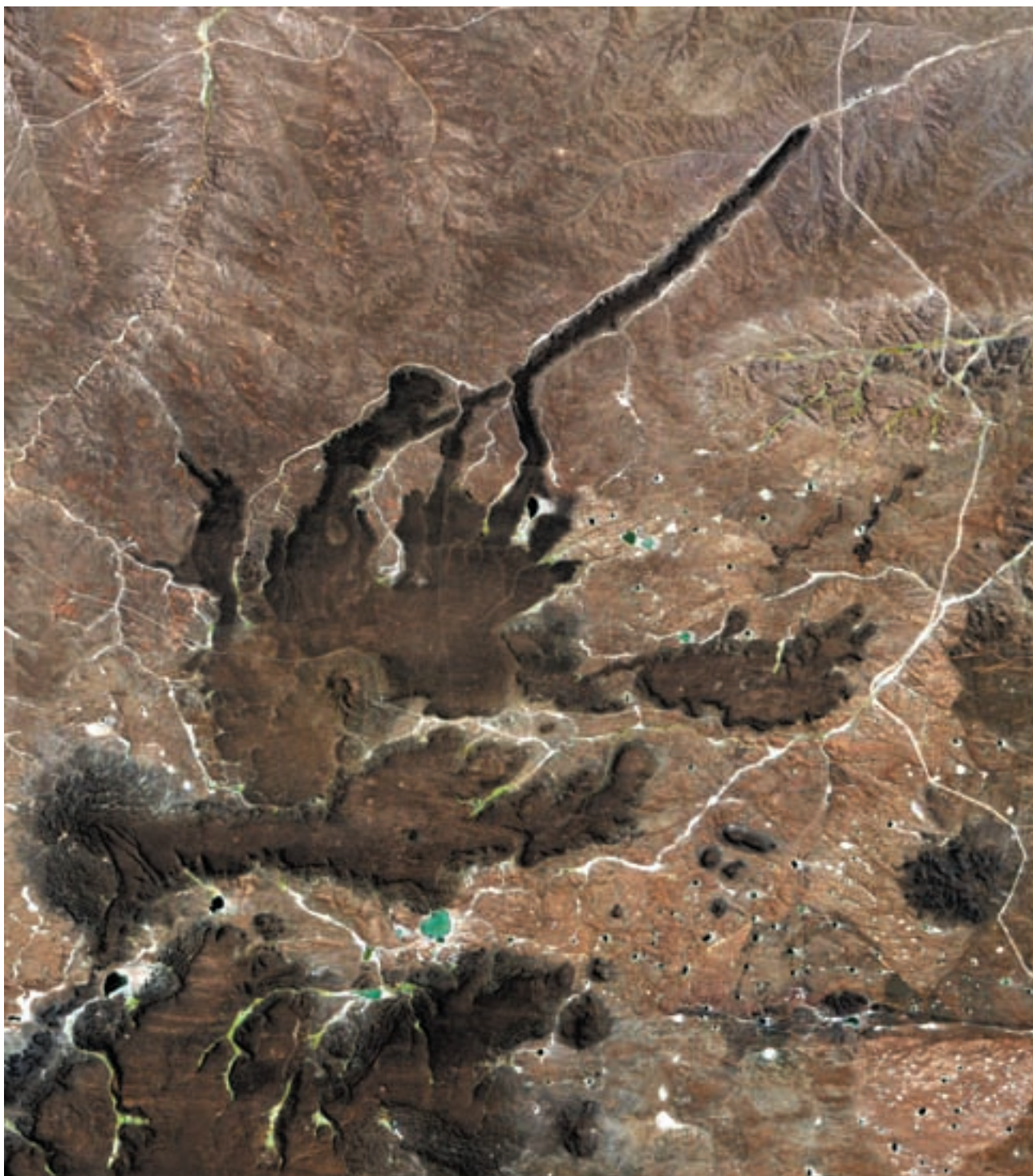
Este paisaje está labrado preferentemente en sedimentitas Cretácico-Terciarias en facies de Capas Rojas (Unidad 5a y 6a-3) que por presentar una estructura homoclinal, ofrecen un relieve de cuevas y crestas escalonadas con las escarpas de erosión abruptas y las pendientes suavemente inclinadas y ampliamente extendidas. Corresponden exclusivamente a amplios afloramientos que muchas veces deben su manifestación en el relieve a la presencia a un manto resistente superficial, consecuente con la inclinación de las capas –generalmente areniscas y/o conglomerados bien litificados- cuya posición superior es consecuencia del arrasamiento de las sedimentitas suprayacentes. Se encuentran principalmente al norte del área de estudio, por encima de los 40°00' de latitud sur.

En el sector más occidental (Hoja Picún Leufú esta unidad corresponde a los afloramientos de extensas superficies de areniscas de la Fm. Bajada Colorada (Unidad 5a). Hacia el centro del área (Hoja General Roca) se desarrolla en unidades del Grupo Neuquén, Grupo Malargüe y Fm. Chinchinales (Unidad 5a y 6a-3).

El mejor exponente de esta geoforma lo constituyen las extensas superficies de la Fm. Bajo de La Carpa (Cretácico superior) al norte del Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco. El desmembramiento de estos afloramientos determina la presencia de mesas, mesillas y cerritos pedestales, protegidos por estratos duros, como se observa en el área de Los Pilares al sudoeste de la localidad de C° Policía (Fm. Candeleros) y en el zócalo del frente occidental de la planicie de Rentería. Cuando la red de drenaje se densifica y las capas duras son escasas aparecen paisajes de "bad lands" como ocurre en proximidad al Anfiteatro. Hacia el sector más oriental (Hoja Villa Regina) esta unidad aparece vinculada a las unidades superiores del Grupo Neuquén, el Grupo Malargüe y las Fm. Chinchinales y Gran Bajo del Gualicho. El mejor exponente de esta geoforma se manifiesta en la superficie de los estratos suavemente inclinados de la Fm. Bajo de La Carpa (Unidad 5a y 6a-3).



## PAISAJES DE ORIGEN VOLCÁNICO



*Figura 23. Coladas encauzadas de basalto muy jóvenes*

### Planicies estructurales lávicas y volcanes sobreimpuestos

Corresponden a extensas planicies basálticas originadas por derrames basálticos de reducido espesor, como los que conforman la Altiplanicie El Cuy en la región central (Hoja General Roca y Los Menucos). Estos basaltos se presentan bajo el aspecto de extensos mantos lávicos dispuestos con una suave pendiente al nordeste. Se estima que las coladas del Basalto El Cuy (Unidad 6b-. Figura 26) fueron derramadas favorecidas por la pendiente de antiguos valles y actuaron como cubierta protectora de las sedimentitas infrayacentes, más friables (depósitos epi- y piroclásticos de la Fm. Chinchinales). La posterior degradación de las mismas en los sectores marginales de las coladas condujo a la inversión del relieve que hace que se los encuentra hoy en día coronando las alturas mayores. Conforman extensas altiplanicies que se resuelven en sus partes septentrional y oriental en estrechas ramificaciones determinando entre ellas características rinconadas.

Desconectada de estas, pero conformando la misma unidad geomórfica, se extienden también en la planicie de Trica-Có. Es muy común observar formas menores, desconectadas de la planicie estructural principal por efectos de disección, conformando mesas, mesillas o "buttes" que claramente indican los procesos de disección posterior soportados por estas planicies. En ocasiones se pueden presentar conos volcánicos sobreimpuestos. Sobre sus márgenes se ven escarpas de erosión, las más de las veces activas, ante la remoción casi continua del material que se acumula al pie de las mismas. En el extremo más occidental (Hoja Picún Leufú) se presentan algunas manifestaciones de esta unidad en los afloramientos del Basalto Santo Tomás (Unidad 6b-1). Aquí las capas friables infrayacentes corresponden a las cineritas de la Fm. Collón Curá.

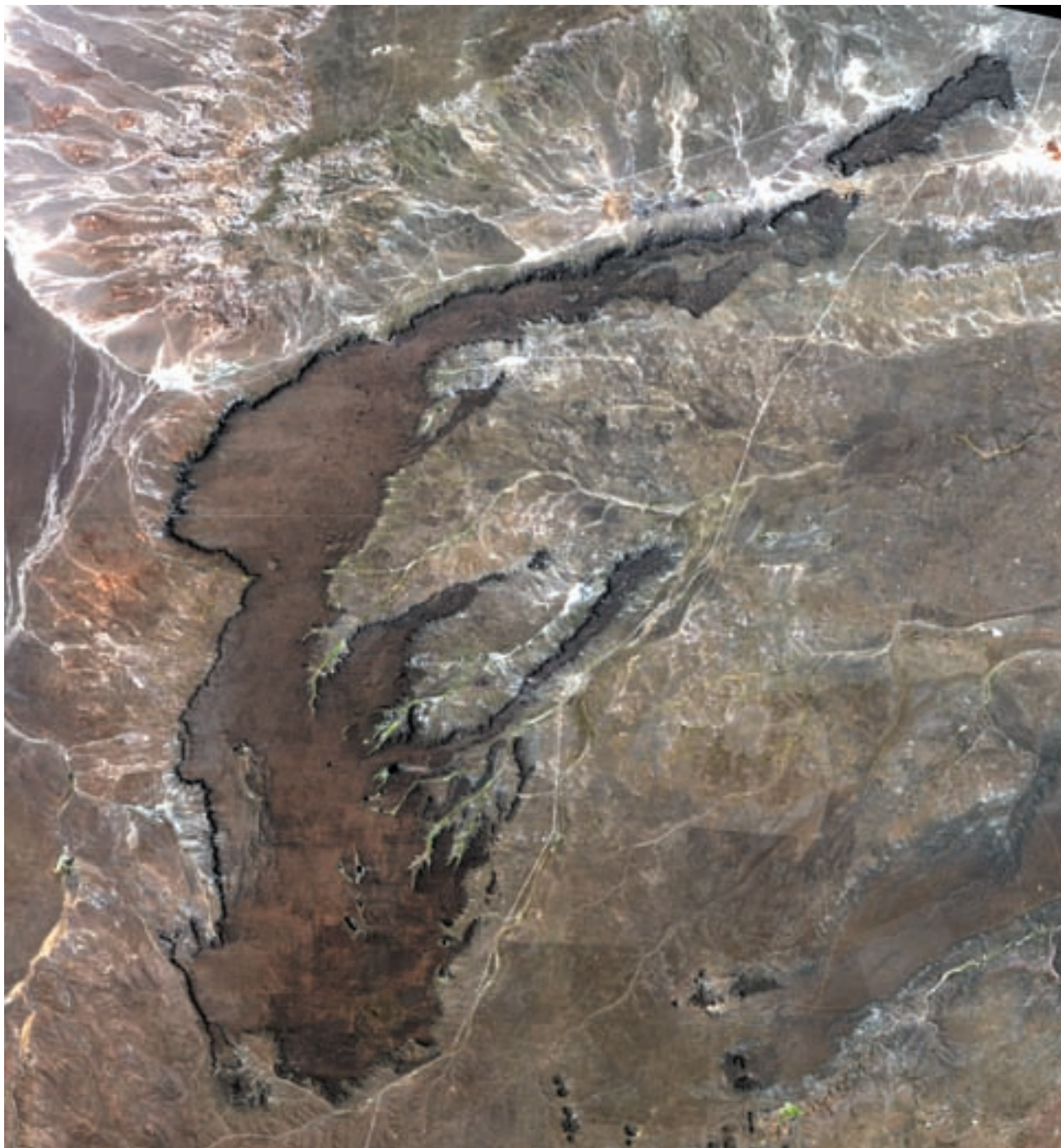
Al sur de los 40° 30' se presentan algunas digitaciones que corresponden las proyecciones septentrionales de los basaltos de la planicie estructural lávica que conforma la meseta de Somuncurá.

En el sector central están representadas por el basalto de la Meseta Coli Toro (Hoja Los Menucos y Piedra del

Águila) que cubre una gran superficie. Corresponden a coladas de basaltos de gran extensión regional con niveles de tobas intercaladas (Unidad 6a-1). Está profusamente disectada por valles y cañadones que configuran una red de drenaje de diseño radial. Abundan formas volcánicas menores como pitones o conos piroclásticos desmantelados. La altiplanicie se presenta desmembrada por la erosión fluvial y la remoción en masa, quedando algunos relictos aislados como las mesillas próximas a la Ea. Loma Blanca. Los bordes de la altiplanicie tienen formas muy recortadas con escarpas de erosión generalmente activas, con procesos de remoción en masa. Más hacia el este (Hoja Valcheta) se presentan extensas digitaciones basálticas que pueden superar los 50 km de largo y que han sido interpretadas como resultado del progresivo desmantelamiento de la meseta de Somuncurá por erosión fluvial a lo largo de los cañadones. Actualmente se está produciendo la destrucción del borde de la meseta a lo largo de algunos cursos, como el arroyo Salado, produciendo el retroceso del borde de la meseta y ampliando lateralmente los valles por deslizamientos.

### Campos lávicos y coladas volcánicas encauzadas

Se presentan en el sector central del área de estudio (Hoja Los Menucos), al oeste de La Esperanza y al norte de los Bajos Hondos, donde se desarrollan los campos lávicos de los cerros Pillahuincó Grande y Pillahuincó Chico (Unidad 6b-1). La disposición de sus coladas fue controlada por el relieve preexistente. Las lavas fueron encauzadas por angostos cañadones como digitaciones que actualmente, por inversión del relieve, tienen mayor altura que los terrenos circundantes. Es probable que el cerro Mesa del cañadón Chasicó sea el aislado remanente de una de ellas. En el Pillahuincó Chico, la confluencia de tres digitaciones dio lugar a la formación de dos grandes ventanas lávicas cóncavas. Cabe señalar aquí que el volcán aportillado del cerro Pillahuincó Chico y el del cerro Mayoco en la Altiplanicie de El Cuy, son los dos volcanes mejor preservados de toda la región. Asociadas a los campos lávicos y a las mesetas basálticas se pueden presentar coladas volcánicas encauzadas con aspecto serpentiforme, como formas relicticas o de inversión del relieve.



*Figura 24. Meseta basáltica altiplanicie El Cuy*

**Paisaje de necks y pequeñas mesadas volcánicas disectadas**

La sierra de Queupuniyeu (Hoja Los Menucos) constituye una unidad que por su particular morfología difiere de las otras unidades. Alargada en sentido aproximadamente N-S, su rasgo más característico es la presencia de numerosas protuberancias o pitones, que emergen tanto en el cuerpo principal de la sierra como en la cubierta cuaternaria que la circunda. Este relieve, modelado sobre unidades litológicas de composición y estructura variadas (Unidad 6a-1), es resultado de una erosión diferencial, (Corbella -1975- y González Díaz y Malagnino -1984-). En el interior de la sierra la degradación del paisaje ha dejado expuestos cuerpos intrusivos de formas irregulares. En otros sectores, la friabilidad de las intercalaciones epipiroclásticas condujo a la formación de resaltes y pequeñas mesillas horizontales o inclinadas. Algunas de las elevaciones que se encuentran distribuidas en el perímetro de la sierra, desconectadas o no del cuerpo principal, corresponden a chimeneas volcánicas en estado esquelético. Otras son pequeños remanentes de coladas, que se han mantenido preservadas de la erosión.

**ANTIGUAS PLANICIES Y ABANICOS ALUVIALES**  
**Antiguo abanico aluvial Loma de los Leones (Fig. 25)**

En el sector oriental del área de estudio (Hoja Valcheta), se extiende un antiguo depósito fluvial de gran desa-

rollo cuyo ápice se halla en la zona de la sierra Colorada, cerca de la localidad de Ministro Ramos Mexía, el abanico de Loma de los Leones, el cual a pesar de la erosión sufrida conserva en planta la forma de abanico. Tiene una suave pendiente regional hacia el nordeste, descendiendo desde los 550 m en las proximidades de la estancia Cecchi hasta los 200 m en las cercanías del bajo del Salitral Negro, aproximadamente a 100 km de distancia. Su superficie está cubierta por arenas y gravas del Pleistoceno, de los llamados Rodados Patagónicos (Unidad 7a). Probablemente su génesis esté vinculada a un ciclo de rejuvenecimiento cenozoico que produjo pequeños desplazamientos verticales de ascenso, con la consecuente disección del basamento y la acumulación de grandes depósitos "conoides" periféricos.

Tiene un diseño de drenaje palimpsest relíctico en el cual un diseño dendrítico más moderno se superimpuso a un primitivo diseño distributivo, que indica un episodio de rejuvenecimiento que afectó al depósito. La mayoría de las márgenes de este abanico son escarpas de erosión en retroceso, en donde además de las gravas fluviales asoman sedimentitas cretácico-terciarias. Las escarpas son afectadas por acción erosiva hídrica y por remoción en masa, por lo que muestra un borde festoneado, a cuyo pie se observan gran cantidad de pequeños bajos, contenidos en una morfología deprimida que rodea la planicie.

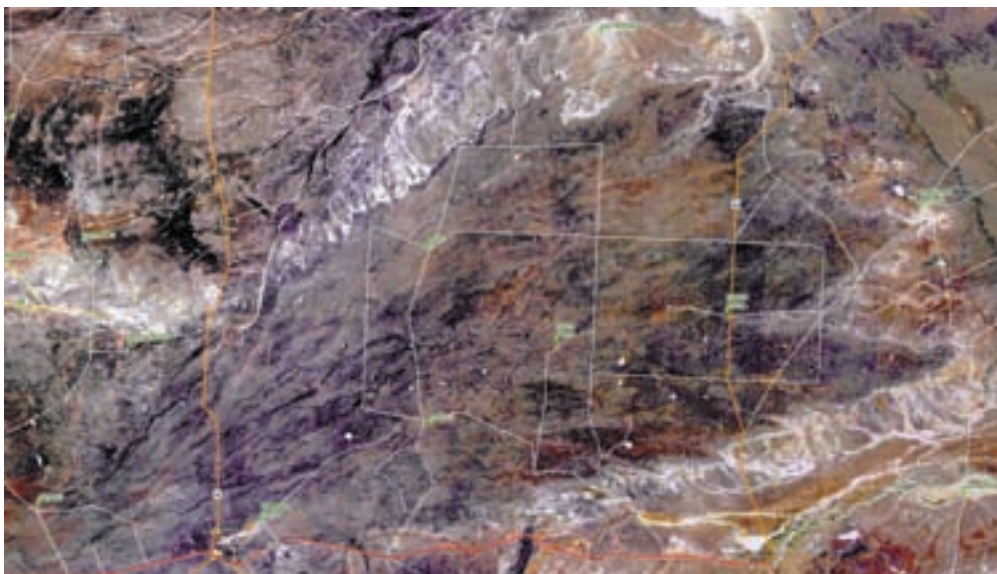


Figura 25. Abanico aluvial disectado "Lomas de los Leones"



característica saliente de esta unidad es la presencia de paleocauces anastomosados orientados, coincidentes también con la pendiente regional del plano agradacional. Cuando niveles impermeables de estos depósitos son alcanzados por la erosión, se generan bajos donde se acumula agua en épocas de precipitaciones, observándose también algunas cañadas de corto recorrido que señalan la existencia en su superficie de cursos efímeros de agua.

### Planicie o meseta de Rentería

La planicie de Rentería constituye un paisaje geomorfológico que imprime un sello particular a la fisonomía del área de estudio, en el sector centro-norte (Hoja General Roca). El mismo está determinado por un conspicuo nivel cuya geoforma corresponde a una planicie de agradación según Hugo y Leanza (2001).

Este paisaje conforma un suave plano inclinado hacia el nordeste, sólo interrumpido por algunos importantes bajos endorreicos ubicados en su porción centro orien-

tal y por algunas irregularidades superficiales dadas por remanentes de erosión a modo de «montes testigo» o «islas», como el situado en la loma San Martín.

Esta planicie tiene un agudo vértice de su extremo SO (925 m) y se abre hacia el NE, donde alcanza los 550m. Esta unidad fue descrita por González Díaz y Malagnino (1984) como una planicie estructural por arrasamiento, mientras que Hugo y Leanza (2001) la consideran una "planicie de agradación" dado que se apoya indistintamente sobre las Fm. Bajo de la Carpa, Anacleto, Allen y Chichinales a través de un plano erosivo suavemente inclinado al NE lo que no condice con el concepto de planicie estructural. La Fm. Rentería (Unidad 6b-2) se caracteriza por una importante acumulación en superficie de conglomerados del Terciario (20 m).

### Paisaje de pedimentos de tipo semidesérticos

Grandes sectores de la porción central y oriental del área de estudio han sido modelados por sucesivos procesos de sedimentación, desarrollándose un típico paisaje de



Figura 27. Salitrales y lagunas típicos de bajos endorreicos

ambiente semidesértico que incluye superficies pedimentadas antiguas y pedimentos de flanco. Se han descrito “superficies pedimentadas antiguas” que se corresponden con el Iº y IIº nivel de pedimentos, formados por las superficies de erosión más antiguas registradas en el área y “superficies pedimentadas de flanco” que se encuentran ampliamente distribuidas, constituyendo un rasgo característico para esta región.

Estas unidades geomorfológicas se desarrollan principalmente para la superficie cubierta por la Hoja General Roca, sector norte de la Hoja Los Menucos y Hojas Villa Regina y Valcheta. Corresponden a parte de la unidad 7a.

### **Terrazas fluviales y planicies aluviales actuales**

Esta unidad corresponde a las terrazas fluviales labradas sobre distintas unidades litológicas por los principales cursos de agua de la región y las planicies aluviales que acompañan el recorrido de los mismos: Río Limay y Aº Picún Leufú, Aº Cuyén Leufú y Mallín Chico, Cañadón Clemente, entre otros. Estas unidades geomórficas corresponden a parte de las unidades definidas como 7a y 7b.

### **Paisaje de bajos endorreicos**

Es muy frecuente en el paisaje patagónico la presencia de bajos (Figura 27). Tanto las planicies estructurales lávicas como las peneplanicies exhumadas suelen estar salpicadas por numerosos “bajos”, así como los antiguos aluviones pleistocenos y las sedimentitas cretácico-terciarias. Se trata en general de depresiones poco profundas, en muchos casos ocupadas por aguas temporarias, en las que tiene lugar la acumulación de limos y arcillas, con frecuentes eflorescencias salinas. Si bien estos bajos tienen algunas diferencias en cuanto a su tamaño, forma y rasgos asociados (remoción en masa, piso limoso o salino, etc.), responden por lo general a la acción combinada de procesos estructurales y eólicos, en los que la deflación tiene un rol preponderante.

En el borde oriental del abanico de Loma de Los Leones se destacan los bajos de Santa Rosa, Salitral Negro y Valcheta.







# Mapa Geológico-Cronoestratigráfico

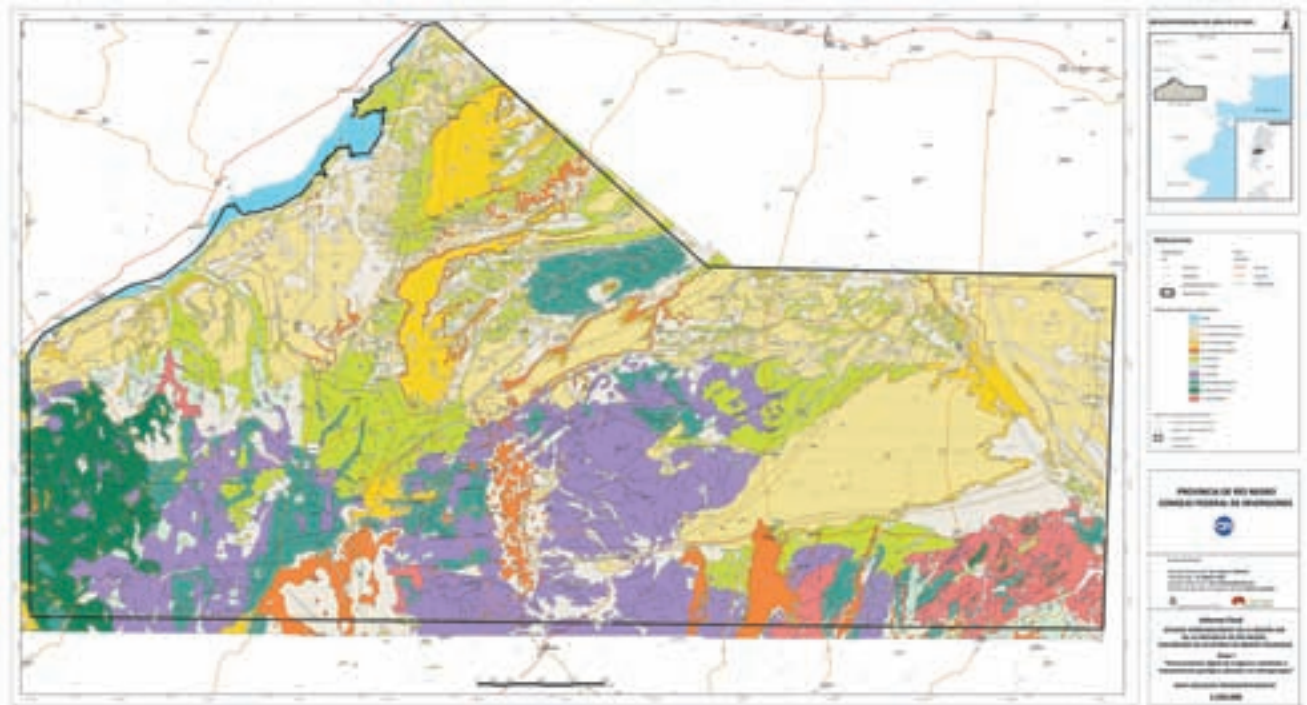


Figura 28. Mapa geológico cronoestratigráfico

Con el objeto de simplificar el ordenamiento estratigráfico indicado en las hojas geológicas 1:250.000 del SEGEMAR (Leanza *et al.*, 1997; Cuchi *et al.*, 1998; Cuchi *et al.*, 2001; Hugo y Leanza, 2001a; Hugo y Leanza, 2001b; Caminos, 2001), que en el caso de Picún Leufú llega a 54 unidades, se consideró conveniente elegir un principio cronoestratigráfico, con el que se identificaron solo 10 unidades: 1 Proterozoico, 2a Paleozoico inferior a medio, 2b Paleozoico superior, 3 Triásico, 4 Jurásico, 5 Cretácico, 6a Terciario – Paleógeno, 6b Terciario – Neógeno, 7a Pleistoceno, 7b Holoceno.

## 1. Proterozoico

Datado en el Precámbrico superior por Caminos *et al.* (1994), está integrado por las siguientes unidades estratigráficas: Complejo Yamihué y Fm. Nahuel Niyeu

(Hoja Valcheta); Fm. Colo Niyeu (Hoja Los Menucos); Fm. Cushamen (Hoja Piedra del Águila); Fm. Mamil Choike (Hoja Picún Leufú).

En el Complejo Yamihué dominan gneises, esquistos, leucogranitos foliados, migmatitas, milonitas, mármoles, esquistos anfibólicos, pegmatitas y aplitas. La Fm. Nahuel Niyeu está integrada por grauvacas, limolitas, lutitas pizarreñas, filitas y hornfels. La Fm. Colo Niyeu se caracteriza por pizarras, filitas y cuarcitas. La Fm. Cushamen está formada por pizarras, filitas y esquistos de bajo grado. En la Fm. Mamil Choike predominan granitos, dioritas, granodioritas y migmatitas.

Generalizando, se puede decir que litológicamente está formado por metamorfitas, de bajo y de mediano grado, y también por plutonitas. El Proterozoico aflora en el sec-

tor SE del ámbito en estudio, en la vecindad de Valcheta y en la Planicie de Treneta (Hoja Valcheta). Afloramientos mucho más reducidos se dan en el Bajo Hondo, unos 5 km al O de Mansilla (Hoja Los Menucos) y en las cercanías de La Manta (Hojas Piedra del Águila y Picún Leufú). El espesor de la Fm. Cushamen en el Cañadón Quili Malal no supera los 100 m (Cuchi *et al.*, 1998).

### 2a. Paleozoico inferior a medio (Ordvícico-Silúrico-Devónico)

Comprende a las formaciones: Punta Sierra y Sierra Grande (Hoja Valcheta); LLanquil (Hoja Los Menucos), Mamil Choique (facies granítica, facies porfiróide o migmatítica y facies deformada o foliada) (Hoja Piedra del Águila).

La Fm. Punta Sierra está integrada por granitos biotítico-muscovíticos, leucogranitos, granodioritas y dioritas. En la Fm. Sierra Grande dominan ortocuarzitas, cuarcitas feldespáticas y arcósicas, conglomerados y limolitas. La Fm. LLanquil está compuesta por vaques y limolitas y la

Fm. Mamil Choique por metamorfitas de medio y alto grado, granitoides y migmatitas.

Los afloramientos más extensos se presentan en el sector SO de la región en estudio, dentro de la Hoja Piedra del Águila (Fm. Mamil Choique). En la descripción geológica de esta hoja, no se cita el espesor de la formación. En el sector SE, manifestaciones mucho más pequeñas de cuerpos intrusivos graníticos (Fm. Punta Sierra), se orientan NE-SO, encajando en las metamorfitas de bajo grado de la Fm. Nahuel Niyeu, pertenecientes al Proterozoico (Hoja Valcheta).

### 2b. Paleozoico superior (Carbonífero-Pérmico)

Comprende el Complejo Plutónico Navarrete (Hoja Valcheta); Complejo La Esperanza (Hoja Los Menucos); Granitos Cayupil, Palenquiyeu, Fita Ruin y Monzodiorita Almacén Michihuao (Hoja Piedra del Águila); Granito El Maruchito (Hoja Gral. Roca).



Foto 5. Contacto entre el basamento (rocas oscuras a la izquierda) y riolitas de la Fm. Garamilla

En el Complejo Plutónico Navarrete intervienen granodioritas, tonalitas, granitos porfiróides, microdioritas y lamprófiro. El Complejo La Esperanza está formado por granitos anfibólico-biotíticos, granodioritas, granitos biotíticos, y diques básicos y ácidos. Los Granitos Cayupil y Palenquiyeu son del tipo biotítico-hornblendíferos; el Granito Fita Ruin es de tonalidad gris rosada y de grano mediano a fino; la Monzodiorita Almacén Michihuao está formada por monzogranitos, granodioritas y dioritas. El Granito El Maruchito se manifiesta en un pequeño asomo de composición alcalino-feldespática.

Los afloramientos de esta unidad se dispersan en sectores de 4 de las hojas geológicas que integran la región en estudio (Piedra del Águila, Los Menucos, Valcheta y Gral. Roca), predominando en las 2 primeras. En la Hoja Valcheta, tal como sucede con la unidad 2a, intruyen a la Fm. Nahuel Niyeu del Proterozoico. No se mencionan espesores para esta unidad.

### 3. Triásico

Está constituido por un complejo de rocas volcánicas y plutónicas, con predominancia de las primeras. Estratigráficamente se reconocen: Complejo Plutónico-Volcánico Treneta (Hoja Valcheta); Complejo Los Menucos (Hoja Los Menucos); Fm. Lipetrén y Fm. Garamilla (Hoja Piedra del Águila); Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco (Hoja Gral. Roca).

En el Complejo Plutónico-Volcánico Treneta se destacan ignimbritas y tobas riolíticas, ignimbritas dacíticas, andesitas, leucogranitos, granitos y riolitas porfíricas. El Complejo Los Menucos está formado por ignimbritas riolíticas y dacíticas, tobas y sedimentitas, andesitas, granitos y diques ácidos. A la Fm. Lipetrén pertenecen leucogranitos y pórfiros graníticos y a la Fm. Garamilla riolitas e ignimbritas. En el Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco participan plutonitas (tonalitas, granitos y granodioritas), vulcanitas (pórfiros graníticos) y diques (lamprófiro, pórfiros tonalíticos y pórfiros dioríticos).

Los afloramientos más extendidos se dan en el centro-sur del ámbito estudiado (Hoja Los Menucos) y en el sector SO\* (Hoja Piedra del Águila). El autor de la Hoja Los Menucos cita que el espesor de la secuencia efusiva del Complejo Treneta es difícil de calcular, estimando el mismo de 100 a 150 m.

### 4. Jurásico

En el mismo se han reconocido: Fm. Puesto Piris, Complejo Volcánico Marifil (Hoja Valcheta); Fm. Vulcanitas Loma Blanca (Hoja Los Menucos); Fm. Diorita Jara, Taquetrén, Pichi Picún Leufú y Limay (Hoja Piedra del Águila).

La Fm. Puesto Piris está integrada por conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas calcáreas, tobas y calizas. En el Complejo Volcánico Marifil participan ignimbritas y lavas dacíticas, riolíticas y riolíticas; tobas; pórfiros riolíticos y riolíticos. La Fm. Vulcanitas Loma Blanca está compuesta por vulcanitas andesíticas y la Fm. Diorita Jara por dioritas de grano fino. En la Fm. Taquetrén predominan andesitas y aglomerados volcánicos y en la Fm. Pichi Picún Leufú conglomerados y areniscas. La Fm. Limay está integrada por areniscas, que se apoyan en concordancia sobre la Fm. Pichi Picún Leufú. Las manifestaciones más extensas se presentan en los bordes de depresiones lineales como el cañadón Lonco Vaca y el arroyo Michihuao, en la Hoja Piedra del Águila. Para esta unidad se cita un espesor del orden de los 200 m.

### 5. Cretácico

Las unidades que se le han asignado a este período son: Grupo Neuquén y Fm. Arroyo Barbudo (Hoja Valcheta); Fm. Bajada Colorada (Hoja Piedra del Águila); Fm. Bajada Colorada, Pichi Picún Leufú, Ortiz, Limay y Lohan Cura (Hoja Picún Leufú); Fm. Candeleros, Huinul, Cerro Lisandro, Santa Lucía de El Cuy, Portezuelo, Plottier, Bajo de la Carpa, Anacleto, Allen y Jagüel (Hoja Gral. Roca); Fm. Bajo de la Carpa, Allen y Jagüel (Hoja Villa Regina).

El Grupo Neuquén está formado por areniscas, conglomerados, limolitas, arcillitas, areniscas tuffíticas y tobas cineríticas; la Fm. Arroyo Barbudo por arcillitas, areniscas finas, margas y calizas. En las Fm. Bajada Colorada y Pichi Picún Leufú predominan conglomerados y areniscas y en la Fm. Ortiz calizas y arcillitas. La Fm. Limay está integrada por areniscas, limolitas y arcillitas. En las Fm. Lohan

\* La mención de sectores en las hojas geológicas, como SO (Hoja Piedra del Águila), se refiere a la fracción de la hoja comprendida dentro del ámbito en estudio y no a la totalidad de la hoja.



Foto 6. Perfil Ruta 23 (Ramos Mexía). Arriba: basaltos olivínicos, castaños y gris oscuros, siguen arcillitas gris claras del Terciario. Abajo: areniscas rojizas del Cretácico. 40° 30' 06,9; 67° 14' 44,5 Z = 114m

Cura, Candeleros, Huinul, Portezuelo y Bajo de la Carpa se destacan conglomerados, areniscas y fangolitas y en las Fm. Cerro Lisandro y Anacleto, fangolitas. La Fm. Santa Lucía de El Cuy está compuesta por areniscas, fangolitas, arcillitas y tufitas y la Fm. Plottier por areniscas y fangolitas. La Fm. Allen está integrada por areniscas, arcillitas, yeso y calizas estromatolíticas; y la Fm. Jagüel por limolitas y arcillitas.

Los afloramientos cretácicos ocupan en forma parcial las 6 hojas del ámbito en estudio. Del conjunto se destacan por su extensión los pertenecientes a las hojas Los Menucos y Gral. Roca, en esta última en las bardas de la meseta de Rentería, donde registra un espesor de 270 m.

### 6a. Terciario-Paleógeno

Al Terciario inferior (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno) pertenecen: Fm. Arroyo Barbudo-Miembro El Fuerte, Somuncurá y Gran Bajo del Gualicho (Hoja Valcheta); Fm. Roca, Somuncurá, Basalto Meseta Coli Toro, Chinchinales y Complejo Queupuniyeu (Hoja Los Menucos); Fm. Vul-

canitas Sierra Negra (Hoja Piedra del Águila); Fm. Roca (Hoja Gral. Roca); Fm. Roca (Hoja Villa Regina).

La Fm. Arroyo Barbudo-Miembro El Fuerte, está compuesta por areniscas calcáreas, medianas y gruesas, areniscas finas y limolitas, coquinas y conglomerados, marinos; la Fm. Somuncurá por basaltos olivínicos y la Fm. Gran Bajo del Gualicho por areniscas carbonáticas y tobáceas, coquinas, tobas y limo-arcillitas, de origen marino. En la Fm. Roca participan areniscas calcáreas, coquinas, margas y pelitas, marinas; el Basalto Meseta Coli Toro tiene composición olivínica; la Fm. Chinchinales está integrada por tufitas, tobas, areniscas, pelitas y conglomerados; el Complejo Queupuniyeu por basaltos olivínicos alcalinos y nefelinitas.

Los afloramientos más conspicuos se dan en las hojas Los Menucos y Valcheta, donde predominan notoriamente los basaltos olivínicos. Otros asomos de menor expresión areal se presentan en las Hojas Gral. Roca, Villa Regina y Piedra del Águila. Para la Fm. Roca se menciona un espesor de 50 m en Puesto Ibáñez (Hoja Los Menucos).

**6b. Terciario-Neógeno:** en el Terciario superior (Mioceno-Plioceno) se incluyen: Fm. Río Negro (Hoja Valcheta); Fm. Chinchinales, Basalto Pillahuincó Grande, Sierra Blanca de la Totora, El Palo, Basalto El Cuy y Basalto Pillahuincó Chico (Hoja Los Menucos); Fm. Basalto Cerro Petiso, Basalto Tiltilco, Collón Curá y Coyocho (Hoja Piedra del Águila); Fm. Naupa Huen, Collón Curá y Basalto Santo Tomás (Hoja Picún Leufú); Fm. Chinchinales, Sierra Blanca de la Totora, El Palo, Basalto El Cuy y Rentería (Hoja Gral. Roca); Fm. Chinchinales, Gran Bajo del Gualicho y El Palo (Hoja Villa Regina).

En la Fm. Río Negro predominan areniscas gris azuladas, areniscas tobáceas, calizas, tobas, limo-arcilitas y conglomerados finos; en la Fm. Chinchinales, tuftas, tobas, areniscas, pelitas y conglomerados; los basaltos Pillahuincó Grande, El Cuy y Pillahuincó Chico son de composición olivínica; la Fm. Sierra Blanca de la Totora está compuesta por tuftas, fangolitas, lapillitas y cuerpos acrecionales calcáreos; la Fm. El Palo por areniscas gruesas y tobáceas; los basaltos Cerro Petiso, Tiltilco y Santo Tomás, junto con los de la Fm. Coyocho, también son olivínicos; la Fm. Collón Curá está integrada por tobas, areniscas y tuftas; la Fm. Naupa Huen por conglomerados, areniscas, tobas, tuftas y palesuelos; en la Fm. Rentería participan conglomerados y areniscas gruesas que coronan la meseta de Rentería; en la Fm. Gran Bajo del Gualicho, areniscas, limolitas y coquinas, marinas.

Los afloramientos más extensos se manifiestan en la Hoja Gral. Roca, coronando la Loma del Chinchimoyo (basaltos olivínicos) y la meseta de Rentería (conglomerados polimícticos). Otros menos extensos se aprecian en las Hojas Valcheta, Los Menucos Piedra del Águila y Picún Leufú. Para la Fm. Rentería, en la meseta homónima, se cita un espesor de 20 m.

### 7a. Cuaternario-Pleistoceno

Contiene las siguientes unidades: Rodados Patagónicos (facies proximal y distal); depósitos sobre pedimentos, aterrazados, de remoción en masa, de terrazas del río Cuyún Leufú y del cañadón Clemente, del primer y segundo nivel de terrazas del río Limay y a la Fm. Talcahuala.

Están formadas por conglomerados, areniscas y aglomerados, en partes cementados por CO<sub>3</sub>Ca, bloques,

gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas. Su mayor expresión de continuidad se da en el sector N de la Hoja Valcheta (Rodados Patagónicos–facies proximal y distal). Otras manifestaciones importantes se aprecian en la Hoja Villa Regina. Menos trascendentes en extensión y continuidad resultan los afloramientos de Gral. Roca y Picún Leufú. En el Bajo de Talchuala (Hoja Valcheta), la facies proximal de los Rodados Patagónicos registró un espesor de 20 m.

### 7b. Cuaternario-Holoceno

Comprende a las unidades más modernas de la columna estratigráfica que son: depósitos coluviales y sobre pedimentos, de remoción en masa, aluviales de abanicos y de lagunas, salinos, de deslizamiento, de ladera, eólicos, edáficos e indiferenciados, integrados por: arenas, gravas, gravillas, limos, arcillas, aglomerados y conglomerados.



Foto 7. Abanico aluvial mesetiforme disectado

Manifestaciones significativas del Pleistoceno se presentan en las Hojas: Valcheta, en el Bajo de Valcheta (depósitos aluviales, de bajos, coluviales y de cubiertas de pedimentos); Gral. Roca (depósitos aluviales y coluviales); Los Menucos (depósitos de deslizamientos y depósitos aluviales); Piedra del Águila (depósitos de ladera, de fondo de valle y eólicos); Villa Regina (depósitos de bajos, eólicos y de abanicos aluviales); Picún Leufú (depósitos aluviales y coluviales). En la descripción de las hojas geológicas del SEGEMAR, no se mencionan espesores para los sedimentos del Holoceno.



## Mapa Geológico - hidrogeológico

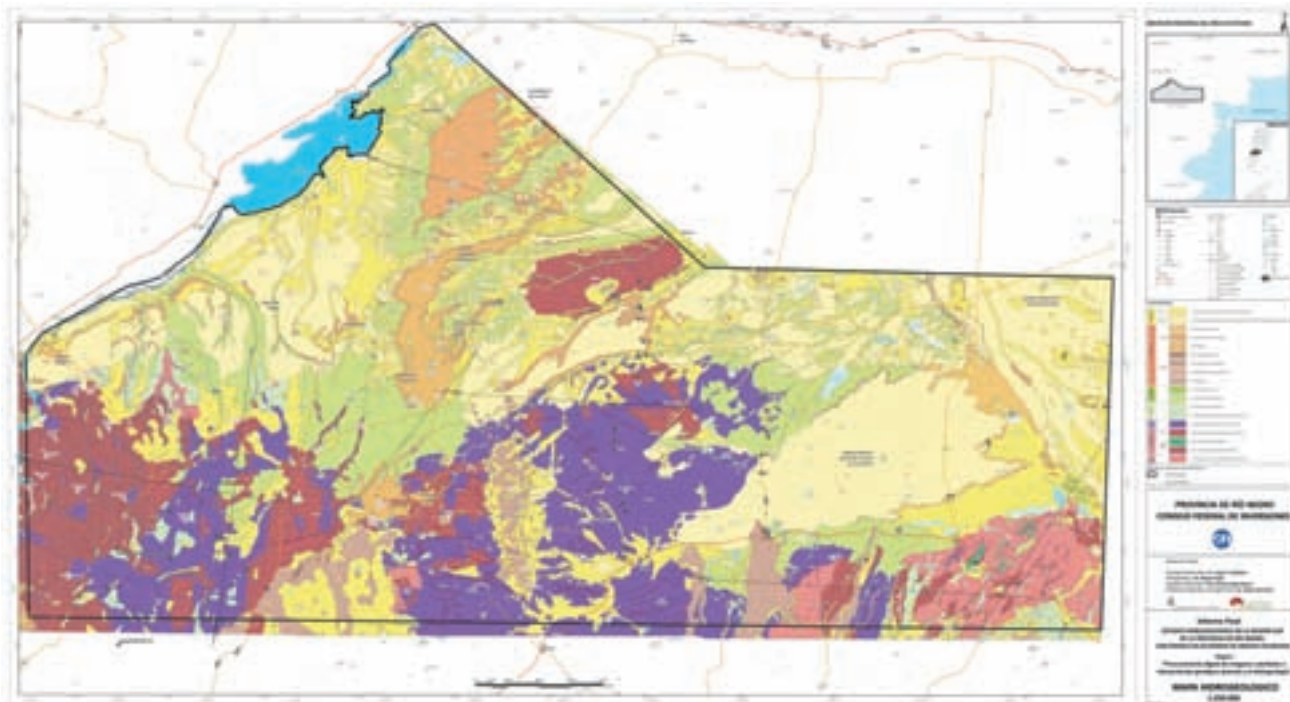


Figura 29. Mapa hidrogeológico

El mapa mencionado se preparó con el objeto de disponer de una cartografía que permita visualizar los caracteres hidrogeológicos principales de las unidades geológicas representadas en el mapa geológico-cronoestratigráfico. Al respecto se tomaron en cuenta 2 componentes que resultan trascendentes en el comportamiento del agua subterránea: hidrodinámica e hidroquímica.

En el aspecto hidrodinámico, se consideraron las propiedades de rocas y sedimentos respecto a su capacidad para admitir, almacenar y transmitir agua (porosidad y permeabilidad) y en el hidroquímico, la influencia que puede ejercer el origen (continental o marino) de rocas y sedimentos en la salinidad del agua subterránea.

Es importante señalar que el objetivo de este proyecto es brindar un panorama general sobre los caracteres geológicos e hidrogeológicos en un ámbito de 45 000 km<sup>2</sup> y que por ello, la cartografía que lo acompaña es de tipo regional. En una etapa posterior, y con el resultado de estudios hidrogeológicos más detallados, en ámbitos seleccionados a partir de este trabajo se podrán precisar los comportamientos hidrodinámico e hidroquímico subterráneos y elegir los sitios más favorables para realizar prospecciones geofísicas y perforaciones exploratorias.

También resulta importante mencionar que la composición química y la salinidad del agua subterránea dependen de varios factores, entre los que se destacan: la composición mineralógica junto con las propiedades





Foto 8. Filitas de la Fm. Nahuel Niyeu. Con esquistosidad subvertical

hidráulicas del esqueleto del acuífero y su origen; la relación recarga-descarga (regiones húmedas, áridas o neutras); las características geomorfológicas y edáficas; el componente biótico natural y el antrópico.

De ellos, en esta primera etapa, se eligieron dos que resultan trascendentes y además son de identificación más sencilla (propiedades hidráulicas de rocas y sedimentos y origen de los mismos). De acuerdo con ello se identificaron 18 unidades hidrogeológicas que se describen a continuación, comenzando por la más antigua.

### **Proterozoico (1) (Precámbrico superior)**

Conforma un basamento de medio a alto grado de metamorfismo, en el que se distinguieron las siguientes unidades: Complejo Yamihué y formaciones Nahuel Niyeu, Colo Niyeu, Cushamen y Mamil Choike.

Los afloramientos más extensos se dan en el vértice SE del ámbito estudiado (Hoja Valcheta); otros asomos menos extendidos se presentan en los sectores SO de la misma Hoja y de la Hoja Los Menucos, y en el centro-norte\* de Piedra del Águila.

En la composición litológica predominan rocas metamórficas de bajo grado (filitas, pizarras, maetagrauvacas, hornfels y esquistos moteados); mediano a alto grado (gneises, esquistos, milonitas, cuarcitas y cataclasitas) y plutonitas (granitos, tonalitas, migmatitas, anfíbolitas y aplitas).

Las rocas metamórficas se caracterizan por su esquistosidad, representada por superficies de debilidad, producto de la elevada presión y temperatura a que fueron sometidas durante su formación. Estas superficies de debilidad, que constituyen vías preferenciales para el flujo y el almacenamiento de agua, cuando se disponen en posición vertical o subvertical favorecen el proceso de infiltración o recarga y en el caso de disponerse horizontal o subhorizontalmente, permiten el almacenamiento de agua subterránea.

\* La mención de sectores en las hojas geológicas, como N de Piedra del Águila, se refiere a la fracción de la hoja comprendida dentro del ámbito en estudio y no a la totalidad de la misma.

Otros cuerpos indicadores de interés hidrogeológico son las intrusiones graníticas y/o hipabisales (lamprófiros), pues ellas lo hacen siguiendo importantes superficies de debilidad en la roca de caja, en este caso de las metamorfitas, por lo que también pueden constituir vías preferenciales para el flujo y el almacenamiento. En el sector SE de la región estudiada, son muy frecuentes las intrusiones citadas en las rocas metamórficas proterozoicas y ello, junto con la abundancia de lineamientos representados en el mapa correspondiente, hicieron que dicha región fuera identificada como Área 10 de interés hidrogeológico.

También resulta importante señalar que en la generalidad, el agua contenida en rocas cristalinas de porosidad secundaria (metamórficas, intrusivas, efusivas y aun sedimentarias carentes de porosidad primaria como las cuarcitas), posee baja salinidad debido a que la superficie y el tiempo de contacto líquido-sólido es mucho menor en las que tienen porosidad secundaria. Esto es porque el agua está contenida y circula por fisuras a una velocidad significativamente mayor que la correspondiente a las que presentan porosidad intergranular o primaria.

### **Paleozoico medio a inferior (Ordovício-Silúrico-Devónico)**

**(2a-1)** Granitos (Complejo Plutónico-Volcánico). A esta unidad se la ha denominado Fm. Mamil Choique y está representada por una facies granítica, otra porfiroide o migmatítica y una tercera, deformada o foliada que, por lo expresado anteriormente, resulta la más interesante hidrogeológicamente.

Litológicamente dominan granitos micáceos, granodioritas, dioritas, granitoides y migmatitas.

Los afloramientos más extensos se presentan en el sector O y SO de la Hoja Piedra del Águila, donde una parte importante de esta unidad integra el Área 1 de interés hidrogeológico. Otros intrusivos mucho más pequeños de rumbo NE-SO, se aprecian en el sector SE de la Hoja Valcheta.

**(2a-2).** Esta unidad, formada por sedimentitas continentales (areniscas cuarcíticas y feldespáticas, cuarcitas conglomerádicas, vaques y limolitas), correspondientes a las formaciones Sierra Grande y Punta Sierra (Hoja Valcheta) y Llanquil (Hoja Los Menucos); se manifiesta en afloramientos escasos y muy pequeños.

No hay antecedentes sobre su comportamiento hidrogeológico, pero por sus características texturales y estructurales, puede preverse que las rocas que la componen no tienen aptitud apropiada para el almacenamiento y el flujo del agua subterránea.

**Paleozoico superior (2b) (Carbonífero-Pérmico)**

Comprende a los complejos plutónicos Navarrete (Hoja Valcheta) y La Esperanza (Hoja Los Menucos); a los granitos Cayupil, Palenquiyeu y Fita Ruin y a la Monzodiorita Almacén Michihuao (Hoja Piedra del Águila) y al Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco (Hoja Gral. Roca).

Está formado por rocas intrusivas en las que dominan: granitos biotíticos, anfibólicos, hornblendíferos y rosados, granodioritas, dioritas, lamprófiros, microdioritas y tonalitas biotíticas.

Los afloramientos de esta unidad se dispersan en sectores de 4 de las hojas geológicas integrantes de la región estudiada (Piedra del Águila, Los Menucos, Gral. Roca y Valcheta), predominando en las 3 primeras. En la Hoja Valcheta intruyen a la Fm. Nahuel Niyeu del Proterozoico, siguiendo superficies de debilidad que pueden favorecer la infiltración y el almacenamiento de agua subterránea.

De las Áreas de interés hidrogeológico ocupadas por la unidad 2b, se destaca la 5 (Hoja Gral. Roca), en coincidencia con el afloramiento del Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco (plutonitas, vulcanitas y diques), que presenta una intensa fracturación.



Foto 9. Granito meteorizado muy diaclasado y tectonizado. Diaclasas subverticales



Foto 10. Volcanitas riolíticas formando el borde del valle

### Triásico (3)

Está constituido por un complejo de rocas volcánicas y plutónicas, con predominancia de las primeras e intercalaciones de sedimentitas.

Estratigráficamente se reconocen: Complejo Plutónico-Volcánico Treneta (Hoja Valcheta), Complejo Los Menucos (Hoja Los Menucos), Fm. Lipetrén y Fm. Garamilla (Hoja Piedra del Águila), Complejo Plutónico-Volcánico de Curaco (Hoja Gral. Roca).

Litológicamente se destacan: ignimbritas y tobas riolíticas, ignimbritas dacíticas, andesitas, riodacitas, pórfiros riolíticos y graníticos, granitos, granodioritas y diques. Entre las sedimentitas se han identificado, conglomerados, areniscas, vaques y pelitas.

Los afloramientos más extendidos se dan en el centro-sur del ámbito estudiado (Hoja Los Menucos) y en el sector SO (Hoja Piedra del Águila).

De las mencionadas, probablemente las que tengan mejores condiciones hidrogeológicas sean las riolitas de la Fm. Garamilla.

El Triásico ocupa casi la mitad del Área 1 de interés hidrogeológico (Hoja Piedra del Águila) y prácticamente la totalidad del Área 14 (Hoja Los Menucos). También abarca parcialmente las áreas 7, 8, 13 y 15.

### Jurásico (4)

Se lo subdividió en un Complejo Plutónico-Volcánico (4a) y otro Sedimentario-Continental (4b).

**Complejo Plutónico-Volcánico (4a).** A esta unidad pertenecen: Complejo Volcánico Marifil (ignimbritas y tobas riolíticas) y Complejo Plutónico-Volcánico Treneta (leucogranitos y granitos biotíticos, ignimbritas, tobas riolíticas y andesitas), ambos con afloramientos reducidos en los sectores SE y centro-sur de la Hoja Valcheta.

También se presenta en forma saltuaria y con afloramientos reducidos en la Hoja Piedra del Águila, con las denominaciones formacionales de: Diorita Jara y Taquetrén (andesitas).

Las andesitas de la Fm. Taquetrén brindaron caudales muy interesantes con un contenido salino entre 400 y 5000 mg/l en el paraje Calcatreu, unos 60 km al S de Ing. Jacobacci (Auge, 2006). En este sitio, las andesitas están diaclasadas, fracturadas e intruídas por filones de cuarzo.

**Sedimentario-Continental (4b).** Las sedimentitas continentales, pertenecientes al Jurásico, componen la formación Pichi Picún Leufú (conglomerados y areniscas), aflorante en sectores reducidos del centro-norte y NE de la Hoja Piedra del Águila.

La descripción litológica de Cuchi et al, 1998, cita: *“Los conglomerados son compactos, duros y forman paredones a pique...”* Esto apunta hacia una baja capacidad de admisión y transmisión de agua.

### Cretácico (5)

Al Cretácico superior de la Patagonia se lo ha conocido históricamente como “Estratos con Dinosaurios”, denominación establecida por Keidel en 1817.

Debido a la incidencia que ejerce el origen de los componentes geológicos en la salinidad del agua subterránea, se lo subdividió en 5a (sedimentitas continentales) y 5b (sedimentitas marinas).

**5a.** Los afloramientos de las sedimentitas continentales dominan ampliamente sobre los de las marinas, ocupando en forma parcial las 6 Hojas del ámbito en estudio. Del conjunto se destacan por su extensión los pertenecientes a las hojas Los Menucos y Gral. Roca, en esta última en las bardas de la meseta de Rentería, donde registran un espesor de 270 m.

La unidades que se le han asignado a este período son: Grupo Neuquén (areniscas, conglomerados, limolitas, arcilitas y tobas cineríticas, Hoja Valcheta); Fm. Bajada Colorada (conglomerados y areniscas, Hoja Piedra del Águila); Fm. Bajada Colorada, Fm. Limay (areniscas, limolitas y arcilitas), Fm. Lohan Cura (conglomerados, areniscas y fangolitas), Fm. Candeleros (conglomerados,

areniscas y fangolitas, Hoja Picún Leufú); Fm. Candeleros, Fm. Huincol (conglomerados, areniscas, fangolitas y cineritas), Fm. Cerro Lisandro (fangolitas), Fm. Santa Lucía de El Cuy (areniscas, fangolitas, arcilitas y tuftas), Fm. Portezuelo (conglomerados, areniscas y fangolitas), Fm. Plottier (areniscas y fangolitas), Fm. Bajo de la Carpa (conglomerados, areniscas y fangolitas), Fm. Anacleto (fangolitas), Fm. Allen (areniscas, arcilitas, yeso, y calizas estromatolíticas) y Fm. Jagüel (limolitas y arcilitas, Hoja Gral. Roca); Fm. Bajo de la Carpa, Fm. Allen y Fm. Jagüel (Hoja Villa Regina).

Las sedimentitas continentales del Cretácico (Grupo Neuquén) se explotan en varios sitios de la cuenca neuquina y en general brindan caudales aceptables de agua con baja a media salinidad, que se emplea para consumo humano y ganadero y para inyectarla en la práctica de recuperación secundaria de hidrocarburos. En el ámbito en estudio, en la vecindad de la localidad de Ramos Mexía, en una perforación surgente terminada en esta unidad, se midió una conductividad eléctrica de 6000 µmho/cm (unos 4,5 g/l).

**5b.** Las sedimentitas marinas del Cretácico se presentan en sectores dispersos y muy reducidos, particularmente en el E y SE de la Hoja Valcheta, donde se las conoce como Fm. Arroyo Barbudo (arcilitas, limo-arcilitas, arenisca fina, margas, coquinas y calizas) que está integrada por 2 miembros (Aguada Cecilio y El Fuerte).

La escasísima extensión areal de esta unidad le quita importancia hidrogeológica a nivel regional y solo puede esperarse un incremento en la salinidad del agua subterránea a nivel local, en coincidencia con los afloramientos citados.

### Terciario (6)

Cronoestratigráficamente se lo subdividió en 6a Paleógeno (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno) y 6b Neógeno (Mioceno-Plioceno), y en función de su comportamiento hidrogeológico, al Paleógeno en: 6a-1 (basaltos), 6a-2 (andesitas y brechas andesíticas), 6a-3 (sedimentitas continentales), 6a-4 (sedimentitas marinas) y al Neógeno en: 6b-1 (basaltos), 6b-2 (sedimentitas continentales), 6b-3 (sedimentitas marinas).

Los basaltos modernos (cenozoicos) actúan como hábiles conductores del agua, cuando poseen estructura vesicular con comunicación entre las oquedades. A través de las vesículas se produce una rápida infiltración de la lluvia y de la fusión de la nieve, hasta alcanzar niveles más profundos de baja permeabilidad. Estos pueden ser unidades más antiguas, o incluso coladas más profundas sin, o con escasas vesículas intercomunicadas. En esos contactos suele aflorar el agua subterránea en forma de manantiales, no siempre visibles en forma directa, generalmente al pie o en sectores intermedios de las bardas, coronadas por basaltos. Es frecuente identificar estas áreas de surgencia, que en la generalidad poseen escasa expresión areal, por un cambio significativo en la vegetación, que adopta mayor tamaño y un marcado color verde. En estos sitios son comunes los asentamientos humanos en forma de puestos rurales o cascos de

estancias, justamente por la disponibilidad de agua en la que predomina la baja salinidad. Por ello, a los ámbitos con predominio de rocas basálticas, se los calificó como de interés hidrogeológico.

**6a-1.** Los basaltos del Paleógeno afloran en los sectores centro S y SO de la Hoja Los Menucos (Basalto Meseta Coli Toro), SO de la Hoja Valcheta (Fm. Somún Curá) y en el rincón SE de la Hoja Piedra del Águila (Basalto Tiltitico) Son basaltos olivínicos en los que predomina el negro azulado y que en la Hoja Valcheta se los describe como integrando "...coladas superpuestas de 2 a 10 m de espesor cada una, firmemente soldadas, sin intercalaciones tobáceas o de otro tipo. En general el perfil de cada colada muestra una parte inferior vesicular, una parte media maciza, y una parte superior muy vesicular y con superficie cordada." (Caminos, R., 2001)



Foto 11. Contacto entre basaltos y tobas de la Fm. Collón Curá

Los basaltos del Paleógeno constituyen el núcleo de las Áreas de interés hidrogeológico 11, 12, 13, 15 y 16.

**6a-2.** Las andesitas y brechas andesíticas del Paleógeno, corresponden a las Vulcanitas Sierra Negra, que se manifiestan en un único afloramiento de muy reducida

extensión, en el borde centro O de la Hoja Piedra del Águila, en la Sierra Negra; por ello carecen de interés hidrogeológico.

**6a-3.** Las sedimentitas continentales se presentan en la hoja Los Menucos (sector SO), donde se las denomina

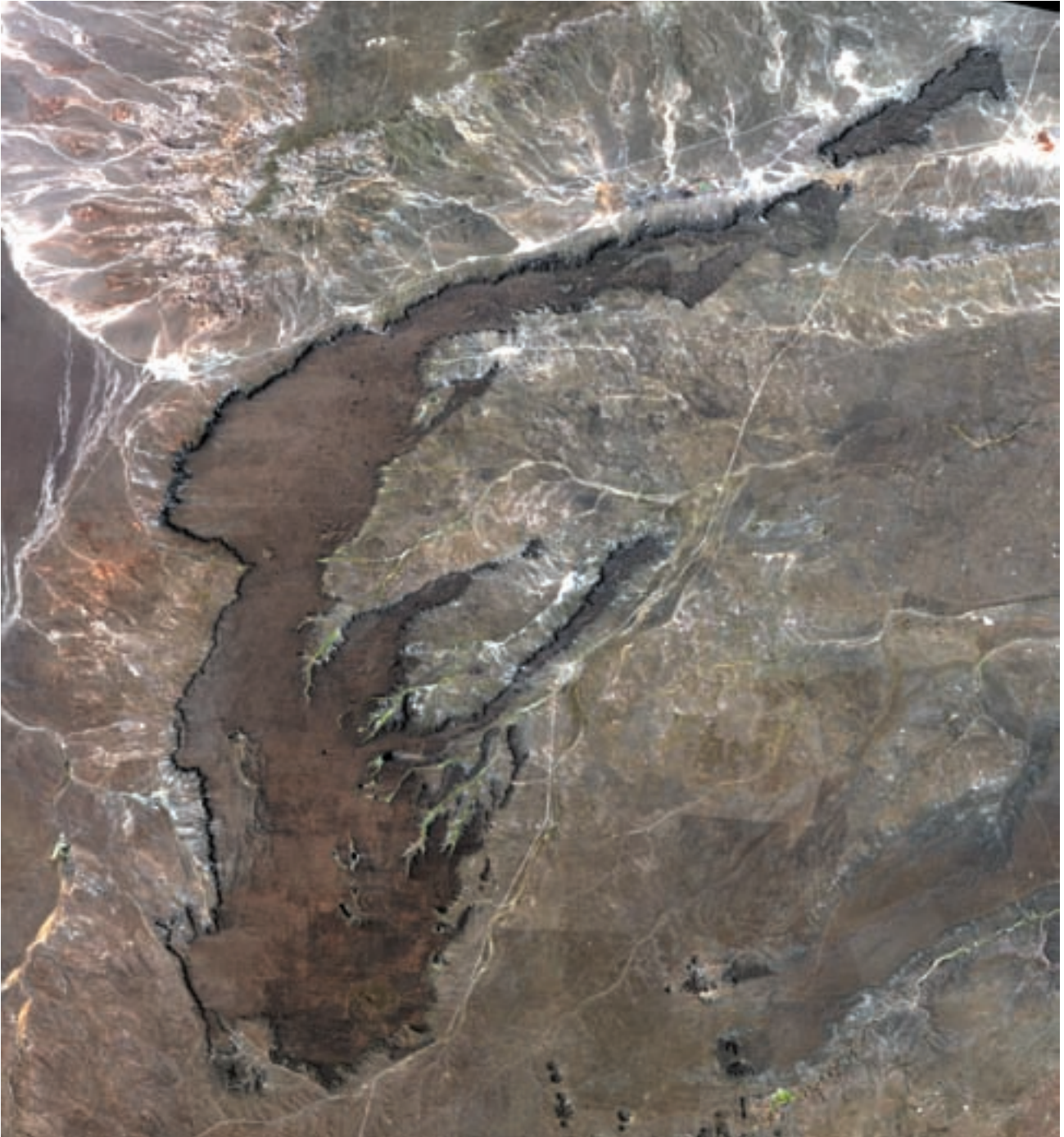


Figura 30. Meseta basáltica El Cuy

Fm. Bajada de los Ingleses (tuftas, pelitas y tobas), pero en afloramientos de muy reducida extensión y por ello, como 6a-2, carecen de interés hidrogeológico.

**6a-4.** Las sedimentitas marinas afloran en: el sector SO de la Hoja Los Menucos (Fm. Roca - areniscas calcáreas, coquinas, margas y pelitas); la Hoja Gral. Roca (Fm. Roca - calizas, coquinas y arcilitas); la Hoja Villa Regina (Fm. Roca - calizas, coquinas y arcilitas). En las 2 primeras, se dan en manifestaciones pequeñas y esporádicas, mientras que en la Hoja Villa Regina los afloramientos son estrechos y alargados en dirección NO-SE, coincidiendo con la Escarpa Sur de la Antigua Planicie Aluvial Disectada, hecho que no se repite en la Escarpa N de la misma.

**6b-1.** Los basaltos del Neógeno poseen características petrográficas y estructurales muy similares a los del Paleógeno; también son olivínicos y con abundantes cavidades vesiculares hacia el techo de las coladas.

En la Hoja Los Menucos están representados por Basalto Pillahuincó Grande, con afloramientos al N de la meseta Coli Toro; Basalto El Cuy, en la Altiplanicie de El Cuy; Basalto Pillahuincó Chico. En la Hoja Piedra del Águila las manifestaciones basálticas toman los nombres de Basalto Cerro Petiso y Basalto Tiltico; en la Hoja Picún Leufú se los conoce como Basalto Santo Tomás y en la Hoja Gral. Roca como Basalto El Cuy, constituyendo este último el afloramiento más extenso de todas las unidades mencionadas. El Basalto El Cuy conforma el núcleo del **Área 4 de interés hidrogeológico**, abarcando partes de las hojas Los Menucos y Gral. Roca.

Ya se mencionó la composición predominantemente olivínica de los basaltos que en general presentan una estructura muy vesicular hacia el techo de las coladas, con una reducción significativa o desaparición de la misma hacia la base.

**6b-2.** Las sedimentitas continentales están representadas por las formaciones Rentería (conglomerados y areniscas gruesas), Chinchinales (tobas, tuftas y arcilitas), Sierra Blanca de la Totorá (cuerpos crecionales químicos, tuftas y arcilitas), El Palo (areniscas gruesas y tuftas), todas en la Hoja Gral. Roca. La Fm. Rentería es la más importante de las sedimentitas continentales por su extensión geográfica, abarcando la totalidad de la meseta

de Rentería; por ello y porque constituye un medio apropiado para la infiltración, se la señaló como **Área 3 de interés hidrogeológico**.

Otras manifestaciones de las sedimentitas continentales se dan en las hojas: Los Menucos (formaciones Chinchinales y sierra Blanca de la Totorá), Piedra del Águila (Fm. Collón Curá – tobas, areniscas y tuftas), Picún Leufú (formaciones Naupa Huén – conglomerados, areniscas, tuftas y paleosuelos y Collón Curá), Villa Regina (formaciones Chinchinales y El Palo), pero todas en conjunto tienen una extensión geográfica apreciablemente menor que la Fm. Rentería.

**6b-3.** Las sedimentitas marinas presentan sus mayores afloramientos en el sector NE de la Hoja Valcheta, donde se las denominó Fm. Gran Bajo del Gualicho y están compuestas por areniscas carbonáticas y tobáceas, coquinas, tobas y limo arcilitas. Otros afloramientos mucho más reducidos se dan en las bardas del cerro Mesa y de las lomas Casa de Piedra, Charco Domínguez y Rincón de Loma Blanca, en el sector occidental de la Hoja Villa Regina, donde también se las conoce como Fm. Gran Bajo del Gualicho.

El origen marino de las sedimentitas puede afectar el contenido salino del agua subterránea en coincidencia con los afloramientos de la Hoja Valcheta, pero por su reducida extensión, no debieran tener incidencia en el comportamiento hidrogeológico en la Hoja Villa Regina.

### Cuaternario (7)

Los sedimentos cuaternarios, tanto los pertenecientes al Pleistoceno como al Holoceno, son las unidades que tienen mejor aptitud para el almacenamiento y la transmisión de agua; respecto a la salinidad de la misma, dependerá de las características litológicas de los clastos pero esencialmente de la composición química del cemento. Otros factores que inciden significativamente en la hidrodinámica y en la hidroquímica subterráneas son la porosidad y la permeabilidad. La primera porque controla la superficie de contacto agua-sólido y la permeabilidad porque es la resistencia que opone el medio al flujo y, por ende, controla el tiempo de contacto. Por ello, los materiales de alta porosidad y baja permeabilidad como las pelitas, en general producen agua con un



contenido salino elevado, mientras que las arenas y las gravas, que tienen menor porosidad pero una permeabilidad mucho mayor, generalmente se asocian a aguas con tenores salinos de medios a bajos. Ya fue señalado al inicio que otros factores que inciden en la composición química y la salinidad son: la relación recarga-descarga (regiones húmedas, áridas, o neutras), las características geomorfológicas y edáficas, el componente biótico natural y el antrópico.

Lamentablemente, con frecuencia, el espesor de los sedimentos cuaternarios es reducido y ello, junto con la configuración geomorfológica del sustrato impermeable, hace que no estén saturados y, por ende, no brindan agua a las captaciones o si lo están, la sección es delgada y lo hacen con caudales insignificantes.

**7-a. Pleistoceno.** Los afloramientos de mayor extensión del área en estudio corresponden a los Rodados Patagónicos, se dan en el sector N de la Hoja Valcheta, coronando la Antigua Planicie Aluvial Disectada, dando lugar al **Área 8 de interés hidrogeológico**. En el Bajo Talcahualla la facies proximal de los Rodados Patagónicos registró un espesor de 20 m.

Otras manifestaciones importantes atribuidas al Pleistoceno se aprecian en la pequeña fracción que ocupa la Hoja Villa Regina dentro del ámbito en estudio (**Área 9 de interés hidrogeológico**). Menos trascendentes en extensión y continuidad resultan los afloramientos de las hojas Gral. Roca y Picún Leufú (**Área 2 de interés hidrogeológico**), y los que ocupan una pequeña fracción de Los Menucos y Gral. Roca (**Área 6 de interés hidrogeológico**).

Los Rodados Patagónicos se caracterizan por una variada litología, en la que predominan los conglomerados, gravas, gravillas y arenas, depositados sobre superficies de erosión, generalmente terrazadas, sobre sedimentos terciarios, cretácicos, o rocas más antiguas. En general presentan fuerte cementación carbonática, que les permite mantenerse estables aún en paredes verticales. Pese a la cementación, que inhibe parte de la porosidad y la permeabilidad, los Rodados Patagónicos seguramente actúan como vías efectivas para la infiltración.

Además de los rodados, también se han asignado al Pleistoceno los niveles de terrazas de acumulación del río Limay y del arroyo Picún Leufú (Hoja Picún Leufú), que por su granometría y friabilidad, constituyen medios favorables para la rápida infiltración de las aguas fluviales.

**7-b Holoceno.** Está representado por depósitos coluviales y sobre pedimentos, de remoción en masa, aluviales terrazados, de abanicos y de lagunas, salinos, de deslizamiento, de ladera, eólicos, edáficos e indiferenciados, integrados por: arenas, gravas, gravillas, limos, arcillas, aglomerados y conglomerados.

Los sedimentos del Holoceno tienen manifestaciones significativas en las hojas Valcheta, en el Bajo de Valcheta (depósitos aluviales, de bajos, coluviales y de cubiertas de pedimentos); Gral. Roca (depósitos aluviales y coluviales); Los Menucos (depósitos de deslizamientos y depósitos aluviales); Piedra del Águila (depósitos de ladera, de fondo de valle y eólicos); Villa Regina (depósitos de bajos, eólicos y de abanicos aluviales); Picún Leufú (depósitos aluviales y coluviales).

El Holoceno comparte con el Pleistoceno las **Áreas de interés hidrogeológico 2, 3 y 9**.





# Áreas de interés hidrogeológico

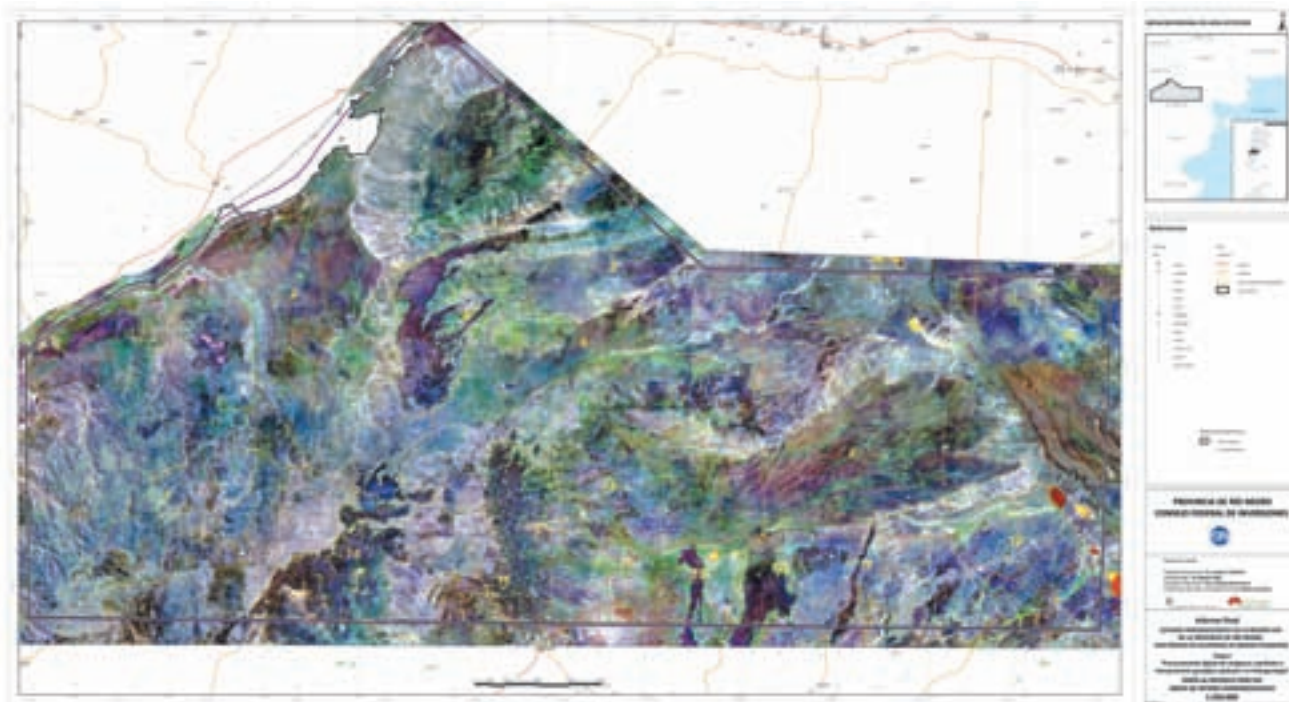
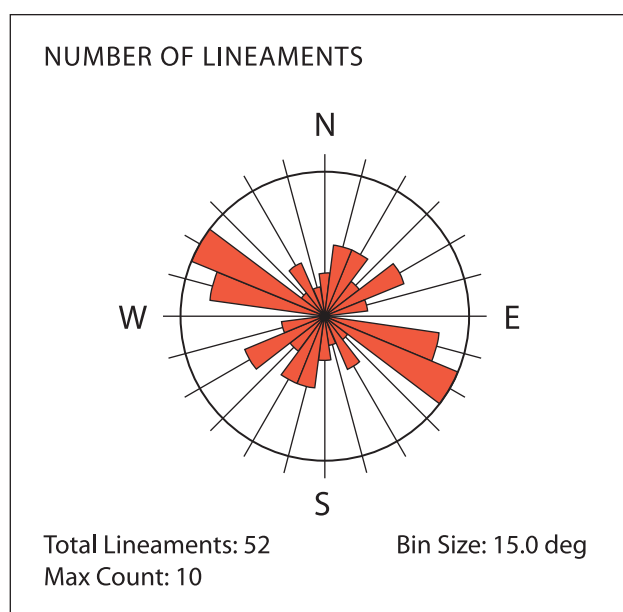


Figura 31. Áreas de interés hidrogeológico

Para su identificación y delimitación se tuvieron en cuenta caracteres litológicos, estructurales, geomorfológicos y las manifestaciones de humedad y vegetación que se pueden reconocer en los mosaicos RGB543, en los análisis de componentes principales (ACP) y en el mapa de índices de vegetación (NDVI). De esta forma se seleccionaron 16 áreas (Figura 31) cuyas características principales se mencionan a continuación.

## Área 1

Se ubica en el sector O del ámbito estudiado, en la parte central de la Hoja Piedra del Águila, ocupando una superficie de 2372 km<sup>2</sup>. Está representada fundamentalmente por rocas del Paleozoico inferior a medio (granitos del Complejo Plutónico-Volcánico) y del Triásico (ignimbritas, riolitas y andesitas).



Área 1. Figura 2

El conjunto presenta lineamientos dominantes en dirección NO-SE y otros subordinados NE-SO y ONO-ESE. Casi todos los cañadones y arroyos tienen agua y desaguan en planicies (mallines) o lagunas no integradas. Los cursos principales desaguan en el Limay. Esto puede observarse en los mosaicos RGB543 y en el análisis de componentes principales (ACP) con tonalidades que evidencian la presencia de humedad y/o vegetación.

**Área 2**

Ocupa una superficie de 1895 km<sup>2</sup>. Se ubica en el sector NO abarcando parte de las hojas General Roca, Picún Leufú y en menor proporción Los Menucos y Piedra del Águila. Está constituida por sedimentos del Pleistoceno y del Holoceno. Geomorfológicamente se observan abanicos aluviales y paleocauces orientados hacia el N (mosaico RGB543). Presenta escasos lineamientos debido a la cobertura sedimentaria, que pueden apreciarse en los mosaicos RGB321, 543 y ACP.

**Área 3**

Ubicada en el sector N de la región estudiada y de la Hoja Gral. Roca. Abarca 1434 km<sup>2</sup>, conformando la meseta de Rentería, que presenta una suave inclinación hacia el NE. En su mayor parte está constituida por depósitos de un nivel de agradación, integrados por conglomerados y areniscas gruesas del Neógeno con un espesor máximo registrado de 20 m. La presencia de humedad y/o vegetación, con mayor expresión hacia el borde SE de la meseta, se pone de manifiesto en los mosaicos RGB 543, RGB 742 y en el ACP e Índice de vegetación. También allí se han observado, con mayor *zoom* sobre la imagen, inflexiones muy pequeñas en el drenaje, probablemente siguiendo zonas diaclasadas.

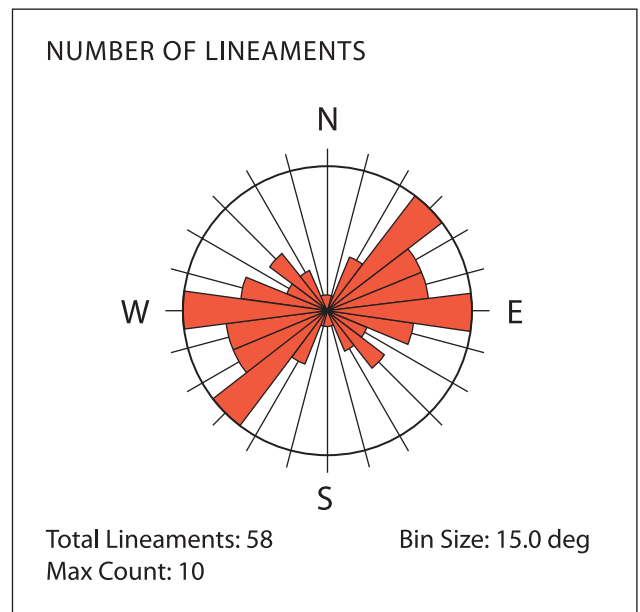
**Área 4**

Ocupa una superficie de 1328 km<sup>2</sup>. La mayor manifestación se corresponde con el sector centro-sur de la Hoja Gral. Roca; una fracción más pequeña se emplaza en el NO de la Hoja Los Menucos. Está integrada esencialmente por basaltos olivínicos del Neógeno y zonas adyacentes compuestas por sedimentos del Pliopleistoceno y sedimentitas del Cretácico. En los bordes de las unidades

basálticas y sedimentarias se observan marcadas tonalidades verdosas, particularmente en los que dan hacia el N y el NE.

**Área 5**

Se ubica en el sector SE de la Hoja Gral. Roca, abarcando 797 km<sup>2</sup>. Comprende al Complejo Plutónico Volcánico de Curaco, integrado por granitos, granodioritas, dacitas, riolitas, lamprófiro y pórfidos tonalíticos. Presenta una intensa fracturación con predominio de orientaciones ENE-OSO a EO, que coinciden con los emplazamientos más frecuentes de los diques. Dos fallas regionales, con los rumbos mencionados, limitan por el N y por el S al Complejo. Otro sistema de fracturas se orienta NE-SO; menos frecuentes son los sistemas de orientación NO-SE. En los alrededores del cañadón El Salado se observan en los mosaicos RGB543, RGB 742 y en el ACP e Índice de vegetación, áreas con mayor contenido de humedad y/o vegetación. Durante una de las campañas se efectuaron las siguientes observaciones, en los sitios cuya ubicación se indica en el Mapa Geológico-Hidrogeológico: punto **R19** (Molino) conductividad eléctrica (CE) 7890 μmho/cm; **R20** granitos rosados (foto12) muy diaclasados subverticalmente y muy tectonizados punto **R21**.



Area 5. Figura 3

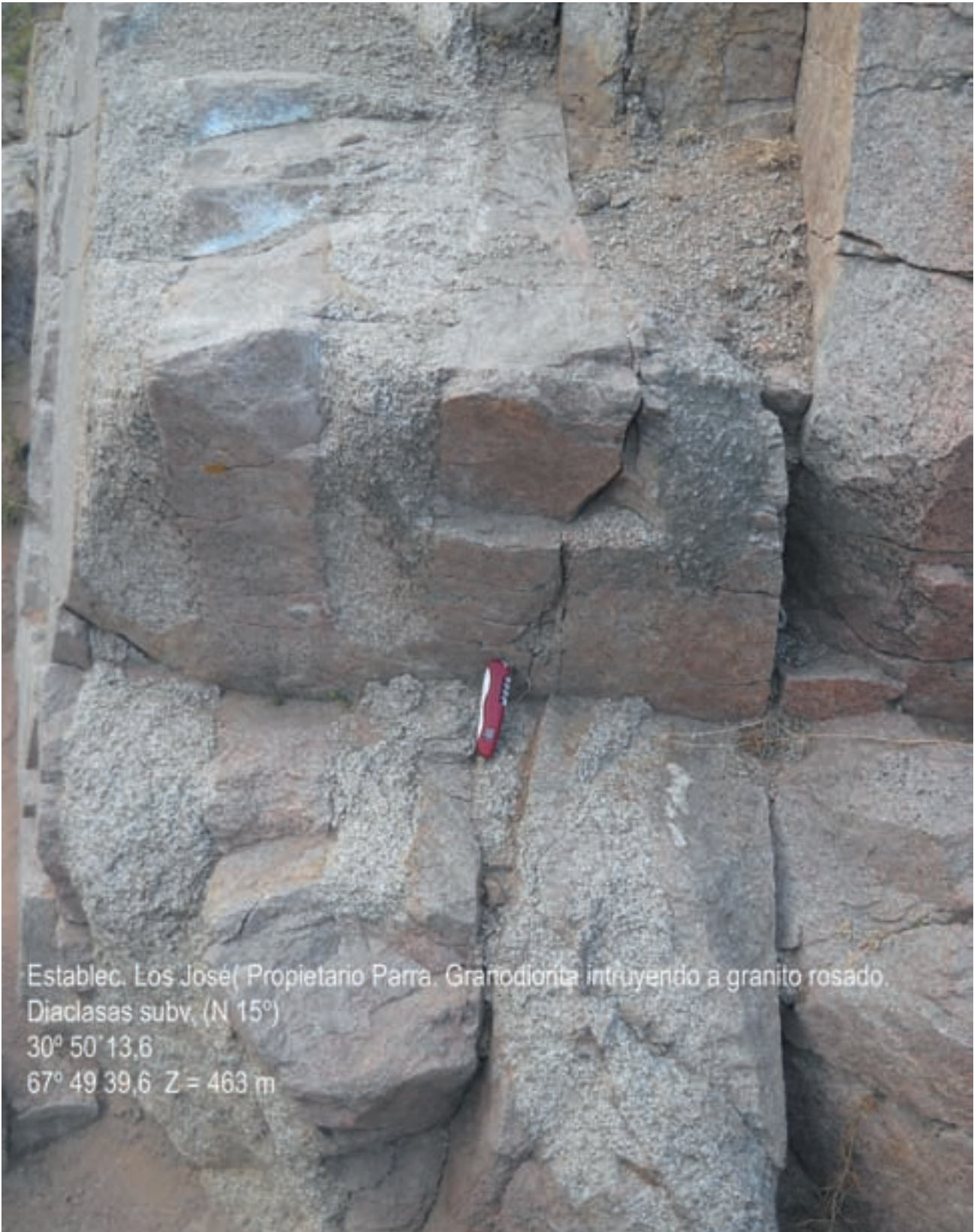


Foto 12. Establecimiento "Los José. Granitos rosados intruidos por granodioritas

### Área 6

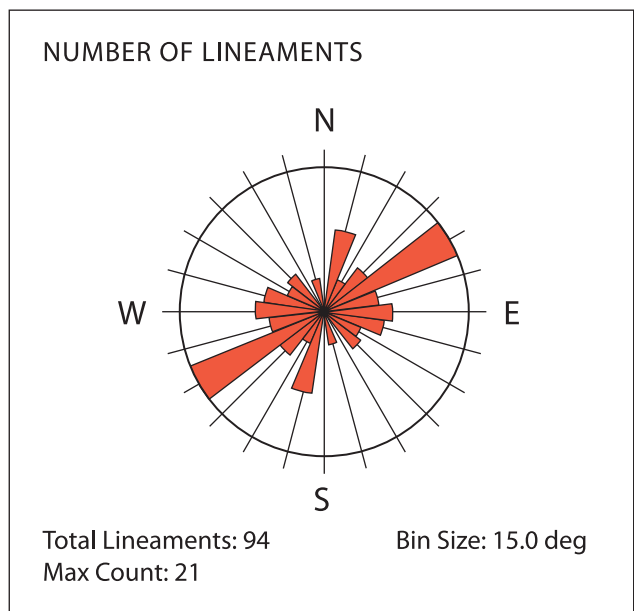
Comprende un abanico aluvial de orientación SO-NE, siguiendo la pendiente topográfica regional, con una superficie de 783 km<sup>2</sup>. Está integrado en su mayor parte por sedimentos del Pleistoceno y en sus bordes por sedimentitas continentales del Neógeno. La fracción mayor se ubica en el sector SE de la Hoja Gral. Roca y una menor en el centro-norte de Los Menucos. Está limitado al S por el cañadón Cullen Leufú que desemboca en el Bajo Los Menucos; en ambas márgenes se observan tonalidades verdosas indicadoras de humedad y/o vegetación. Observaciones: **R13** Puesto Curreuleufú Chico, afloramiento de granitoides muestra de agua superficial CE 4550  $\mu\text{mho/cm}$  y de pozo cavado > 20 000  $\mu\text{mho/cm}$ ; **R14** Pto. Drachemberg molino con jagüel CE 5300  $\mu\text{mho/cm}$ ; **R15** y **R16** (sobre abanico); **R17** Ea. La Totorra muestra de agua superficial del cañadón Cataicó CE 1900  $\mu\text{mho/cm}$ ; **R18** Pto. La Totorra (molino) muestra tomada de tanque de 10 000 L CE 2470  $\mu\text{mho/cm}$ .



Foto 13. Puesto Alberdi, molinos y jagüel sistema de bombeo por acueducto CE 5.570  $\mu\text{mho/cm}$

### Área 7

Tiene una superficie de 668 km<sup>2</sup> y está integrada por granitos paleozoicos, rocas triásicas y rocas cretácicas fracturadas con predominancia de la orientación NE-SO; de menor expresión es la NNE-SSO. La mayor fracturación se encuentra en el ámbito de las rocas graníticas (Hoja Los Menucos). Una porción menor, menos fracturada, se emplaza en el sector NO de la Hoja Valcheta; **R11** Establecimiento Laguna El Sombrero - Pto. Alberdi, granitoides.



Área 7. Figura 4

### Área 8

Amplio abanico aluvial disectado de 3651 km<sup>2</sup>, coronado por rodados polimícticos del Pleistoceno (Rodados Patagónicos). Su mayor parte se desarrolla en la Hoja Valcheta. En los mosaicos de imágenes RGB742 y 543 se observan zonas con tonalidades verdosas que corresponden a rasgos del drenaje en dirección NE indicativas de mayor contenido de humedad y/o vegetación. En la porción proximal del abanico se tomó una muestra de bebedero abastecido por molino en **R37** (CE 1420  $\mu\text{mho/cm}$ ).

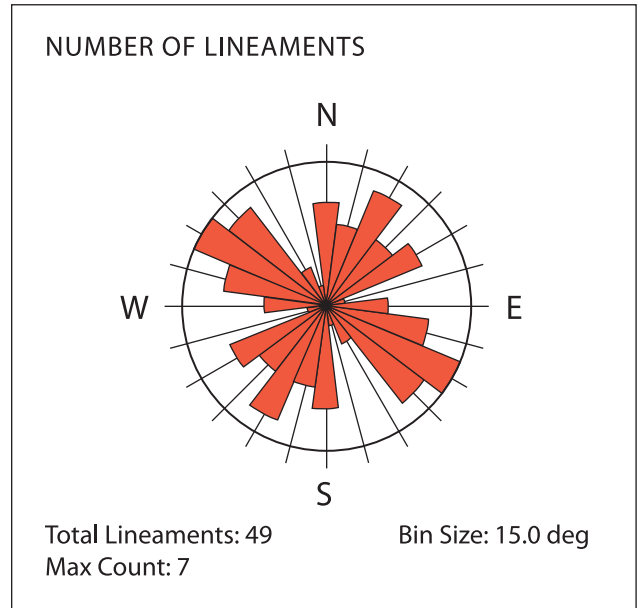
### Área 9

Se emplaza en el sector NE de la Hoja Villa Regina con una superficie de 328 km<sup>2</sup> en sedimentos del Pleistoceno.

no (Rodados Patagónicos) y arenas, limos y arcillas del Holoceno. **R45** Santa Elisa (tajamar y jagüel) CE 6300  $\mu\text{mho/cm}$ , tomado de tanque australiano.

**Área 10**

Se ubica en el sector SE de la Hoja Valcheta con una superficie de 785 km<sup>2</sup>. Está constituida por rocas proterozoicas de mediano a alto grado de metamorfismo, afectadas por una intensa fracturación con predominancia de la orientación NE-SO y NO-SE. Son frecuentes las intrusiones graníticas e hipabisales, emplazadas en superficies de debilidad, que constituyen vías preferenciales para el flujo y también para el almacenamiento del agua subterránea. En los mosaicos RGB 742 y 543, se observan sectores con tonalidades verdosas relacionadas con vegetación y /o humedad. Estos rasgos, además de las condiciones geológicas, se tomaron para delimitar el área.



Área 10. Figura 5



Foto 11. Contacto entre basaltos y tobas de la Fm. Collón Curá

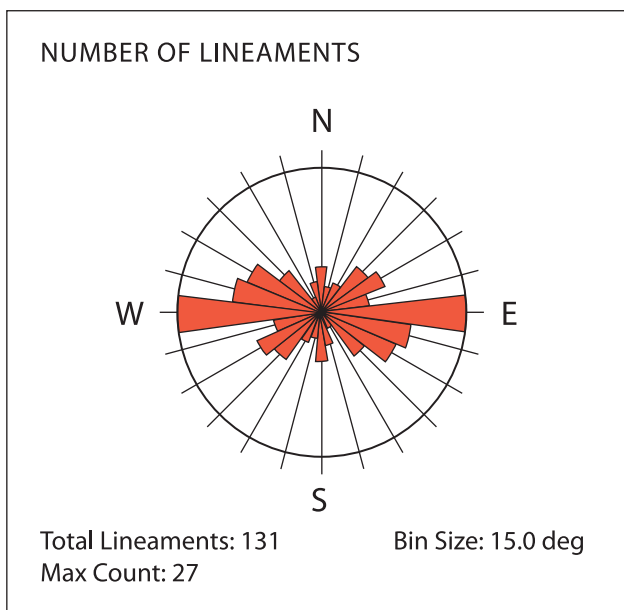


### Áreas 11, 12 y 13

Las áreas 11 y 12 se emplazan en el sector SO de la Hoja Valcheta y la 13 la comparte con la Hoja Los Menucos. En conjunto ocupan 960 km<sup>2</sup>. Litológicamente están constituidas por basaltos olivínicos cenozoicos, comprendiendo también las zonas adyacentes con rocas del Proterozoico, Paleozoico, Triásico, Cretácico y sedimentos del Cenozoico. Es frecuente que en el borde de las bardas aflore agua subterránea en forma de manantiales, no siempre visibles en forma directa, pero fácilmente detectables por un cambio significativo en el tamaño y la tonalidad de la vegetación. Esta condición se aprecia claramente en los mosaicos RGB742, 543 y en los mapas de ACP.

### Área 14

Se ubica en el Centro-E de la Hoja Los Menucos; abarca 1312 km<sup>2</sup> y se desarrolla en rocas triásicas fracturadas con predominio de la orientación E-O; secundariamente, también se manifiestan las orientaciones NO-SE y NE-SO. De los puntos identificados en el trabajo expeditivo de campo (**R5, R6, R7, R8, R9, R10 y R11**) solo se pudieron tomar muestras de agua subterránea en **R9** (molino) CE 7330 µmho/cm; **R10** (molino con jagüel) CE 6690 µmho/cm y **R11** (molino y jagüel) 5570 µmho/cm.



Área 14. Figura 6

### Áreas 15 y 16

Se extienden en los sectores centro-sur y SO respectivamente de la Hoja Los Menucos. Abarcan 2768 km<sup>2</sup> y están integradas esencialmente por basaltos olivínicos del Paleógeno, pero la 15 incorpora un sector compuesto por rocas triásicas fuertemente fracturadas. Para estas dos, pueden aplicarse los mismos conceptos citados para el tratamiento de las áreas 11, 12 y 13.

ÁREA	SUPERFICIE	LITOLOGÍA
Nº 1	2372 km <sup>2</sup>	rocas paleozoicas y triásicas
Nº 2	1895 km <sup>2</sup>	rocas sedimentarias continentales
Nº 3	1434 km <sup>2</sup>	rocas sedimentarias continentales
Nº 4	1328 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales
Nº 5	797 km <sup>2</sup>	granitos, complejo plutónico volcánico con intensa fracturación
Nº 6	783 km <sup>2</sup>	rocas sedimentarias continentales
Nº 7	668 km <sup>2</sup>	granitos paleozoicas y rocas triásicas fracturadas
Nº 8	3651 km <sup>2</sup>	rocas sedimentarias continentales
Nº 9	328 km <sup>2</sup>	rocas sedimentarias continentales
Nº 10	785 km <sup>2</sup>	rocas de basamento fracturadas
Nº 11	146 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales
Nº 12	420 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales
Nº 13	394 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales
Nº 14	1312 km <sup>2</sup>	granitos paleozoicas y rocas triásicas fracturadas
Nº 15	1272 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales
Nº 16	1496 km <sup>2</sup>	basaltos y zonas marginales

Figura 32. Síntesis de las áreas seleccionadas de acuerdo con el tipo de roca





## Conclusiones y recomendaciones

- El análisis y la interpretación sobre diferentes combinaciones y procesamientos digitales de las bandas de 5 imágenes satelitales del sensor ETM (Landsat 7), junto con las descripciones litoestratigráficas, geomorfológicas y estructurales de las 6 hojas geológicas del SEGE-MAR, correspondientes al ámbito en estudio, permitieron diferenciar 16 zonas con caracteres hidrogeológicos de interés, que en conjunto abarcan 19.272 km<sup>2</sup> (Mapa de Áreas de Interés Hidrogeológico). De ellas, 12 tienen una composición en la que dominan las rocas (metamorfitas, granitos, riolitas y basaltos), o sea son medios discontinuos, con porosidad y permeabilidad secundarias (acuíferos fisurados) y las 4 restantes están integradas por sedimentos cenozoicos que forman abanicos aluviales (Figura 33).
- De las 16 áreas mencionadas, se considera que las 8 que se numeran a continuación (en conjunto 11.586 km<sup>2</sup>), son las que poseen mejores condiciones hidrogeológicas para la recarga y el almacenamiento de agua subterránea: 2, 6 y 8 (abanicos aluviales); 4, 15 y 16 (basaltos); 7 (plutonitas y volcanitas muy fracturadas); 10 (metamorfitas muy fracturadas).
- La definición y selección de las áreas de interés, se realizó fundamentalmente a partir de las características litológicas y estructurales aflorantes, junto con los contenidos de humedad y/o vegetación obtenidos de los mosaicos RGB y del Mapa de Análisis de Componentes Principales (Figura 15) e Índice de Vegetación (Figura 16).
- Las características litológicas y estructurales de las unidades aflorantes, sin embargo, no necesariamente representan a las subyacentes que pueden contener al agua subterránea. Al respecto, los basaltos vesiculares, que constituyen vías preferenciales para la recarga no lo son para el almacenamiento, que en la generalidad se da en las unidades geológicas subyacentes (cenozoicas, mesozoicas y/o paleozoicas). Algo similar suele suceder con los abanicos aluviales, particularmente en los ámbitos proximales, donde la superficie freática puede emplazarse por debajo de la cobertura aluvial, por lo que el agua subterránea queda contenida en rocas cristalinas, sedimentitas, o sedimentos más antiguos.
- Finalmente Junto con geólogos del DPA se seleccionaron tres áreas: la n° 3 en un medio sedimentario continental, la n° 7 integrada por granitos paleozoicos y volcanitas triásicas fracturadas y la n° 10 constituida por rocas proterozoicas de mediano a alto grado de metamorfismo, afectadas por una intensa fracturación. En estas áreas elegidas por sus mejores condiciones hidrogeológicas, se recomienda realizar un relevamiento hidrogeológico de campo, a escala de detalle, con medición de niveles hidráulicos y acotamiento, en perforaciones, jagüeles y manantiales, y con registros de profundidad de la captación en los 2 primeros y de caudal en los manantiales. En cada obra censada también se recomienda tomar una muestra de agua para medir su conductividad eléctrica in situ y para efectuarle las determinaciones químicas y bacteriológicas que se consideren necesarias en el laboratorio.
- La información obtenida con el relevamiento hidrogeológico de campo y su posterior análisis e interpretación de gabinete, constituirán la base en la que deberá sustentarse la prospección geofísica y las perforaciones exploratorias, previstas para una etapa posterior.



## Bibliografía

- Aguilera, E. Y., 2005. Identificación y distribución de distintas superficies geomorfológicas de escaso relieve local, por medio de sensores remotos en el área del macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro. Trabajo de Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias Nat y Museo (UNLP).
- Ardolino, A. A., 1981. El vulcanismo cenozoico del borde suroriental de la meseta de Somuncurá, provincia de Chubut. VII Congr. Geol. Arg. Actas III: 7-23. Buenos Aires.
- Auge, M. P., 2006. Informe final .Estudio hidrogeológico en el área de Lipetrén. CFI-Departamento de Aguas de la Prov. de Río Negro. Buenos Aires.
- Busteros, A., Giacosa, R., Lema, H., Dalponte, M., Espejo, P. y Zubia, M., 2006. Hojas Geológicas 4169-17 y 18: Hoja Colonia Ganzu Lauquen, provincia de Río Negro IGRM-SEGEMAR (en prensa). Buenos Aires.
- Busteros, A., Lema, H., Giacosa, R., Dalponte, M., y Zubia, M., 2005. Hoja Geológica 4169-18, Ganzu Lauquén (provincia de Río Negro). Instituto de Geología y Recursos Minerales-Servicio Geológico Minero Argentino, inédito, 58 p. Buenos Aires.
- Caminos, R., 2001. Hoja Geológica 4166-I, Valcheta. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 299, 71 p. Buenos Aires.
- Chernicoff, C. J. 1999. Interpretación geológico-geofísica preliminar del levantamiento aeromagnético / espectrométrico de rayos gamma del área Los Menucos, provincia de Río Negro. IGRAM-SEGEMAR, proyecto Minero Río Negro. 6 p. Buenos Aires.
- Coira, B. L., F. Nullo, C. Proserpio y V. A. Ramos, 1975. Tectónica de basamento de la región occidental del macizo Norpatagónico (Prov. de Río Negro y Chubut), República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXX (4): 361-383. Buenos Aires.
- Coira, B. L. 1979. Descripción geológica de la Hoja 40d, Ing. Jacobacci, provincia de Río Negro. Serv. Geol. Nac. Bol. 168: 1-94. Buenos Aires.
- Corbella, H., 1973. Basaltos nefelínicos asociados al graben del cerro Piche, Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina XXVIII 28(3): 209-218.
- Corbella, H., 1973c. Contribución al conocimiento geológico de la Alta Sierra del Somuncurá, Macizo Nordpatagónico, Provincia de Río Negro, Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. XXIV (2):155-190. Buenos Aires.
- Corbella, H., 1974. Contribución al conocimiento geológico de la alta sierra del Somuncurá, Macizo Neodpatagónico, provincia de Río Negro (República Argentina). Rev. Asoc. Geol. Arg. XXIX (2): 155-190.
- Corbella, H., 1975. Hallazgo de un complejo alcalino vinculado a megatrazas de fracturas corticales en la sierra de Queupuniyeu, Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro, Argentina. 2º Congreso Ibero-americano de Geología Económica. Actas 4: 45-68. Buenos Aires.
- Corbella, H., 1982c. Naturaleza del complejo alcalino Sierra de Queupuniyeu, Patagonía extrandina norte, Argentina. 5º Congreso Latinoamericano de Geología. Buenos Aires. Actas II: 107-212.
- Croce, H., 1956. Formaciones características en las estructuras basales de la altiplanicie de Somuncurá en Río Negro. Rev. Asoc. Geol. Arg. XI (3): 158-194. Buenos Aires.
- Croce, H., 1963. El sistema del Somuncurá. Las altas sierras del Somuncurá y sus aledaños. Museo Argentino de

Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Buenos Aires. Rev. Ciencias Geológicas, VI (7): 303-321.

Cucchi, R., 1992. Secuencias plutónicas en el margen occidental del Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro. 8° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Geológico. Actas 4: 179-183. Salamanca.

Cucchi, R., Espejo, P., y González, R., 1998. Hoja Geológica 4169-I, Piedra del Águila, provincias de Neuquén y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 242, 74 p. Buenos Aires, Argentina.

Cucchi, R., Busteros, A. y Lema, H., 2001. Hoja Geológica 4169 - II, Los Menucos, Provincia de Río Negro. IGRM-SEGEMAR, Boletín 265: 1-105. Buenos Aires.

Cucchi, R., Busteros, A., Lema, H., Dalponte, M. y Espejo, P., 2001. Hoja Geológica 4169-II, Los Menucos, provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 265, 105 p. Buenos Aires, Argentina.

Dalla Salda, L., Varela R. y Cingolani, C., 1991. Los granitoides de Chasicó-Mencué, Macizo Norpatagónico, provincia de Río Negro. Su implicancia geotectónica. Revista de la Asociación Geológica Argentina 46 (3-4): 189-200.

Franchi, M. R. y E. G. Sepúlveda, 1975. Sobre la presencia de sedimentitas marinas en la Alta Sierra de Somucurá, provincia de Río Negro. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXX (2): 211-212.

Franchi, M. R. y E. G. Sepúlveda, 1979. Descripción geológica de la Hoja 41h Cona Niyeu, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, informe inédito. Buenos Aires, Argentina.

Franco, S., Puente, N., Varela, C. y Gemuts, I., 1999. Minerización aurífera en el distrito Los Menucos, provincia de Río Negro. En E.O. Zapettini (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina. IGRM-SEGEMAR, Anales 35: 893-894. Buenos Aires.

Frassia, M. 2009. Curso ARCGIS 9.0. Buenos Aires.

Frigo, G. et al., 2000. "Tratamiento digital de imágenes satelitales para la identificación y análisis de mallines en

el departamento Catan Lil. Provincia del Neuquén", mediante el procesamiento digital de imágenes satelitarias. Actas del IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota (1665-1674). Iguazú, Argentina.

Geología Regional Argentina, 1980. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba. Argentina.

Gelos, E. M. y C. H. Labudia, 1981. Estudio de los basaltos con anfíboles y rocas asociadas de la Sierra de Querupu Niyeu, Provincia de Río Negro, República Argentina. VIII Congr. Geol. Arg., Actas IV: 921-933. Buenos Aires.

Giacosa, R., Lema, H., Busteros, A., Zubia, M., Cucchi, R., y Di Tommaso, I., 2005. Tectónica transcurrente asociada al Triásico de los Menucos (Macizo Nordpatagónico, Río Negro). 16° Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 363-366. La Plata, Argentina.

Giacosa, R., Lema, H., Busteros, A., Zubia, M., Cucchi, R., y Di Tommaso, I., 2007. Estructura del Triásico de la región norte del Macizo Nordpatagónico (40° - 41° S, 67°30' - 69°45'), Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62 (3): 355-365. Buenos Aires.

Gimeno, G., Heredia, T. y Hughes, D., 2000. El sistema epitermal del cerro Choique, Río Negro, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno. Actas 1: 224-229. Puerto Varas.

González Díaz, E., y Malagnino, E., 1984. Geomorfología de la provincia de Río Negro. 9° Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), Publicación Especial 1-159. Buenos Aires.

Gonzalez, N., Gebhard, J. A., Hernández, M., 2000. La teledetección en la investigación geohidrológica. Bolsón de Mazán. Provincia de La Rioja, Argentina. 1.er Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas. Fortaleza, Brasil.

Heredia, T. M. Generalidades sobre el Recurso Hídrico Subterráneo en la Provincia de Río Negro. MAGYM. DGMH, TIMAS "Los Álamos". (Informe Interno).

Hernandez, Mario A., 2005. "Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas" en II Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de Hidrología Subterránea. Actas Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

- Hugo, C. A. y Leanza, H. A., 2001a. Hoja geológica 3969 - IV, General Roca (escala 1: 250.000), provincias de Río Negro y Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 308: 1-73. Buenos Aires.
- Hugo, C. A. y Leanza, H. A., 2001b. Hoja geológica 3966 - III, Villa Regina (escala 1: 250.000), provincia de Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 309: 1-53. Buenos Aires.
- Labudía, C.H. y Bjerg, E. A., 1981. Petrografía de la zona noroeste de los Menucos, provincia de Río Negro. 8º Congreso Geológico Argentino. Actas, 4: 841-852. San Luis.
- Labudía, C.H. y Bjerg, E. A., 1994. Geología del sector oriental de la Hoja Bajo Hondo, provincia Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 49(3-4): 284-296. Buenos Aires.
- Labudía, C.H. y Bjerg, E. A., 2001. El Grupo Los Menucos redefinición estratigráfica del Triásico superior del Macizo Nordpatagónico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56(3): 404-407). Buenos Aires.
- Labudía, C.H. y Bjerg, E. A., 2005. Geología del Grupo Los Menucos, Comarca Nordpatagónica, Argentina. 16º Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 233-238. La Plata.
- Labudía, C.H., Lambías, E.J., Rapela, C.W. y Artabe, A., 1995. El Triásico de Los Menucos: procesos volcánicos y sedimentarios. 2ª Reunión del Triásico del Cono Sur. Actas: 17-21. Bahía Blanca.
- Leanza, H., Hugo, C., Herrero, J, Donnari, E., 1997. Hoja Geológica 3969-III. Picún Leufú. Neuquén-Río Negro.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M., Espejo, P. y Zubía, M., 2004. Hoja Geológica 4169-17, Cerro Abanico (provincia de Río Negro). Instituto de Geología y Minería.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M. y Zubía, M., 2005. Geología del Complejo Los Menucos. Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro. 16º Congreso Geológico Argentino. Actas 1-27-32. La Plata.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M., Espejo, P., y Zubía, M., 2006. Hojas Geológicas 4169 – 17 y 18; Hoja Cerro Abanico, provincia de Río Negro. IGRM-SEGEMAR (en prensa). Buenos Aires.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Cucchi, R., 2008. Geología del complejo volcánico Los Menucos en el área tipo-Río Negro. RAGA 63 (1): 3-13.
- Lizuaín, A. y E. Sepúlveda, 1978. Geología del Gran Bajo del Gualicho (Provincia de Río Negro). VII Congreso Geológico Argentino. Actas, I: 407-422. Buenos Aires.
- Lizuaín, A., 1983. Descripción Geológica de la Hoja 38j, Salinas del Gualicho, provincia de Río Negro. Serv. Geol. Nac. Bol. Nº 195. Buenos Aires.
- Llambías, E., Caminos, R. y Rapela, C., 1984. Las plutonitas y vulcanitas del ciclo eruptivo gondwánico. En Ramos, V. (ed) Geología y Recursos Naturales de Río Negro, 1(4): 85-117, Buenos Aires.
- Llambías, E. J., 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico superior Triásico. Geología Argentina. IGRM-SEGEMAR. Anales 29(14)1:349-363. Buenos Aires.
- Major, M., 2005. "Informe del estudio de caracterización del agua subterránea ejecutado por Minera Aquiline Argentina. S.A.". Ined. Ing. Jacobacci. Río Negro.
- Methol, E. J., 1952. Las posibilidades de perforar en la localidad de Ramos Mexía, Sierra Colorada, Comallo y Pilcaniyeu, para captar aguas subterráneas. Río Negro. Dirección Nacional de Geología y Minería. Carpeta Nº 161 (inédito). Buenos Aires.
- Methol, E. J., 1967. Rasgos geomorfológicos de la meseta del Somuncurá, Río Negro. Consideraciones acerca de los orígenes de los pequeños bajos sin salida. Rev. Asoc. Arg., XXII (4): 295-311. Buenos Aires.
- Nullo, F. E., 1978. Descripción geológica de la Hoja 41a, Lipetrén, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Bol. Nº 158. Buenos Aires.



- Nuñez, E., E.W. de Bachmann; I. Ravazzoli; A. Britos; M. Franchi; A. Lizuaín y E. Sepúlveda, 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del Macizo Somuncurá, provincia de Río Negro, República Argentina. II Congr. Iberoam. Geol. Econ. Actas IV: 247-266. Buenos Aires.
- Page, R., Ardolino, A., De Barrio A. Franchi, M., Lizuaín, A., Page, S. y Silva Nieto, D., 1999. "Estratigrafía del Jurásico y Cretácico del macizo de Somuncurá, provincias de Río Negro y Chubut". En Geología Argentina. SEGEMAR. Anal. 29. Buenos Aires.
- Pérez, O. M., 1974. Informe Geológico y Preliminar del Departamento El Cuy, Provincia de Río Negro. MAGyM, DGMH, TIMAS "Los Álamos" (Informe Interno).
- Pesce, A. N., 1976. Hallazgo de rocas ignimbríticas con flora fósil. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXXI (2): 139-140. Buenos Aires, Argentina.
- Rapela, C. W. y E. J. Llambías, 1983. Evolución magmática y relaciones de los complejos eruptivos de La Esperanza, provincia de Río Negro. Rev. Asoc. Geol. Arg. Buenos Aires, Argentina.
- Rapela, C.W., 2001. El magmatismo Triásico –jurásico de la Patagonia y su ambiente geodinámico. En Artabe, A., Morel, E., y Zamuner, A. (eds). El sistema Triásico en la Argentina. Fundación Museo de la Plata Francisco P. Moreno, 69-80. La Plata, Argentina.
- Ravazzoli, I., 1976. Descripción geológica de la Hoja 40i, Sierra Pailemán, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Inédito. Buenos Aires.
- Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro–San Carlos de Bariloche. 1984.
- Rosenman, H., 1972. Geología de la región de arroyo Los Berros (parte oriental de la meseta de Somuncurá), provincia de Río Negro, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXVII (1): 117-137. Buenos Aires, Argentina.
- Rossi de García, E. y R. Levy, 1977. Fauna de la formación Arroyo verde, Eoceno de la provincia de Río Negro, Argentina. Ameghiniana, Revista Asociación Paleontológica Argentina, XIV (1-4): 45-52. Buenos Aires, Argentina.
- Sepúlveda, E., 1983. Descripción geológica de la Hoja 38i, Gan Bajo del Gualicho, provincia de Río Negro. Serv. Geol. Nac., Bol. N° 194. Buenos Aires, Argentina.
- Simposio (IX) Latinoamericano de Percepción Remota. 2000. Iguazú, Argentina.
- Sisul, Aldo. "De precipitaciones ,vertientes , arroyos y los recursos hídricos de la meseta de Somuncura. Departamento Provincial de Aguas de Río Negro.
- Stipanovic, P.N. y Methol, E.J., 1980. Comarca Norpatagónica. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, 2: 1071-1097. Córdoba, Argentina.





# Anexos

## Puntos de control GPS (1.ª campaña)

Punto GPS	Características	Coord. Geográficas (WGS84)		Coord. Gauss Kruger (WGS84)		Elevación
		Latitud S	Longitud W	Dirección N	Dirección E	
<b>1º día de campo 09-noviembre-09</b>						
1	Cruce FFCC-R23 vieja Valcheta	40° 40' 04.5"	66° 10' 15.9"	5494435.0933	2739238.4675	-----
2	Mojón DPCyT Valcheta (22-03)	40° 40' 02.4"	66° 10' 12.3"	5494494.5278	2739310.9318	Z= 196,7342 m
<b>2º día de campo 10-noviembre-09</b>						
3	Cruce R67-R8 Los Menucos	40° 27' 28.0"	68° 25' 35.8"	5421447.4573	2548654.3322	-----
4	PT-Mojón IGM R8 (2J-II-1001)	40° 28' 12.4"	68° 26' 16.0"	5520096.4612	2547679.6659	GPS= 1220 m
5	PT-Mojón IGM R8 (2J-IV-2007)	40° 10' 27.4"	68° 28' 16.6"	5552963.7413	2545049.0167	GPS= 990 m
6	Cruce R8-Alcantarilla	40° 09' 14.9"	68° 28' 51.7"	5555220.2427	2544234.0653	GPS= 924 m
7	Cruce R8-R6	40° 09' 15.7"	68° 28' 53.5"	5555189.6752	2544186.5505	GPS= 924 m
8	Mojón DPCyT El Cuy (24-07)	39° 55' 16.5"	68° 20' 06.0"	5580984.3078	2556852.4381	Z= 734,9832 m
9	Cruce R6-El Cuy	39° 55' 10.3"	68° 20' 14.2"	5581170.7780	2556663.8273	GPS= 703 m
10	Cruce Puente R6-El Cuy	39° 55' 10.6"	68° 20' 16.1"	5581171.1304	2556616.3300	GPS= 704 m
11	Cruce Línea Alta Tensión-R6	39° 49' 51.6"	68° 14' 07.2"	5590939.9483	2565463.7941	GPS= 617 m
12	PA-IGM sin Mo y Cruce en R6	39° 44' 03.3"	68° 10' 37.3"	5601628.7735	2570556.1242	IGM= 612 m ?
13	Cruce R6-R71	39° 33' 18.1"	67° 59' 20.1"	5621356.8793	2586901.4020	GPS= 492 m
14	PA-IGM sin Mo y Cruce en R71	39° 36' 48.7"	68° 11' 55.0"	5615061.7793	2568818.5414	IGM= 514 m
15	PA-IGM sin Mo y Cruce en R71	39° 40' 42.8"	68° 26' 57.0"	5608006.8034	2547257.8873	IGM= 643 m ?
16	PT-Mojón IGM R74 (11-IV-2092)	39° 45' 52.7"	68° 37' 34.6"	5598524.1286	2532037.2931	IGM= 559.4 m ?
17	PA-IGM Mojón YPF	39° 45' 50.9"	68° 38' 41.2"	5598592.3030	2530442.8098	IGM= 561 m
18	Cruce Línea Alta Tensión-R74	39° 50' 02.1"	68° 42' 42.5"	5590840.7389	2524681.4722	GPS= 607 m
19	Cruce R74 y R73 a Nahupa Huen	39° 59' 38.0"	68° 53' 29.8"	5573109.5932	2509275.5494	GPS= 802 m
20	Cruce R 74 y Estancias al E y W	40° 09' 44.6"	68° 56' 50.1"	5554422.8256	2504496.2149	GPS= 964 m
21	Cruce R 74-R67 Chasicó	40° 19' 21.4"	68° 58' 49.4"	5536626.8432	2501676.2069	GPS= 1112 m
22	Mojón DPCyT Chasicó (24-08)	40° 19' 23"	68° 58' 48"	5536565.1486	2501699.8015	Z= 1153.5113 m
23	PT-Mojón IGM R67 (1J-II-1059)	40° 18' 39.3"	68° 59' 50.7"	5537922.5013	2500236.1261	IGM= 1152 ?
<b>3º día de campo 11-noviembre-09</b>						
24	PT-Mojón IGM R67 (1J-II-0505)	40° 46' 24.3"	69° 52' 2.9"	5486202.2958	2426786.2941	GPS= 1299
25	PA-IGM sin Mo R67	40° 36' 05.2"	69° 46' 14.9"	5505372.8016	2434779.8625	IGM= 1339 m
26	PA-IGM sin Mo / R67-Puente	40° 33' 54.7"	69° 45' 06.2"	5509427.5135	2436355.1507	IGM= 1232 m
27	PA-IGM sin Mo / R67-Alambrado	40° 31' 03.3"	69° 42' 23.9"	5514733.9463	2440136.3165	IGM= 1125 m
28	Cruce R67 - Ea La Noria (Sta.Él)	40° 29' 10"	69° 40' 33.5"	5518239.8353	2442699.0953	GPS= 1227 m
29	PA-IGM sin Mo / R67-alambrado	40° 28' 12.2"	69° 38' 38.6"	5520049.1459	2445394.4892	IGM= 1202 m
30	PA-IGM sin Mo / R67-alambrado	40° 23' 00.3"	69° 32' 55.5"	5529727.5083	2453414.8823	IGM= 1179 m
31	Cruce R 67-R78 a Nahupa Huen	40° 21' 24.5"	69° 31' 35.1"	5532700.1116	2455284.2618	GPS= 1145 m
32	PA-IGM R67 y Ea.Palenquenyeyu	40° 18' 23.1"	69° 20' 56.9"	5538357.6042	2470340.5859	IGM= 1119.5 m
33	PA-IGM Cruce R67-alambrado	40° 16' 51.5"	69° 15' 00.8"	5541223.7259	2478739.2382	IGM= 1153 m
34	PA-IGM Cruce R67-alcantarilla	40° 16' 58.9"	69° 10' 43.4"	5541022.4961	2484810.8060	IGM= 1073.5 m
35	Cruce R6-R67 Chasicó	40° 19' 27.5"	68° 57' 46.8"	5536441.2969	2503163.4676	GPS= 1119 m
36	Cruce R8-R67 La Esperanza	40° 24' 46.6"	68° 29' 12.7"	5526475.8952	2543570.5187	GPS= 1076 m
37	Cruce R8-Loma Blanca	40° 31' 27.1"	68° 23' 48.3"	5514058.4965	2551125.0095	GPS= 1059 m
38	Cruce R8-Ea. Fernanda	40° 32' 55.3"	68° 22' 19.5"	5511329.4105	2553200.5845	GPS= 1073 m
39	Cruce R8-Ea. Tres Picos	40° 35' 07.7"	68° 20' 54.5"	5507243.1784	2555170.5010	GPS= 1024 m
40	Cruce R8-Pro Mansilla	40° 39' 39.4"	68° 17' 36.8"	5498816.9796	2559759.4911	GPS= 968 m
41	Cruce R23-R67 Sa. Colorada	40° 35' 29.3"	67° 46' 11.8"	5506041.0913	2604147.4878	GPS= 665 m
42	Cruce R23-R66 Ramos Mexia	40° 30' 04.9"	67° 14' 17.0"	5515301.8497	2649357.3576	GPS= 450 m
<b>4º día de campo 12-noviembre-09</b>						
43	PASMA- GPS21 CP N°20 1999	40°22'43.03"	66°01'47.06"	5526158.3695	2752255.4319	GPS= 195 m
44	Mojón de Vialidad	40° 27' 21.5"	66° 03' 40.1"	5517670.7396	2749303.8199	GPS= 100 m
45	Mojón de Vialidad DVRN V16	40°26'02.2"	66°03'12.9"	5520086.0258	2750045.0832	IGM= 91.3 m
46	PT-Mojón IGM R4(3J-II-0555)	40°27'50.6"	66°04'03.5"	5516794.0724	2748732.0378	IGM= 121 m
47	Mojón MOP N°1124 Mina Fluorita	40°29'39.1"	66°04'26.0"	5513449.2129	2748078.4754	GPS= 112 m
48	Cruce R23-Arroyo Nihuel Niyeyu	40°30'19.7"	66°32'26.0"	5513423.7081	2708475.3983	GPS= 164 m
49	Cruce R23-R62	40°30'11.4"	66°33'02.1"	5513694.1109	2707634.5212	GPS= 173 m

50	Cruce R62-Huella	40°29'50,1"	66°32'21,6"	5514315,0763	2708618,1104	IGM= 173,5 m
51	PF- Punto IGM PF64 n (31) A '80	40°24'0,4"	66°34'59,9"	5525215,4116	2705192,7326	IGM= 205,6 m
52	Cruce R62-Huella	40°22'33,4"	66°34'48,0"	5527892,2155	2705525,6635	GPS= 274 m
53	PF- Punto IGM PF63 n (31) A '80	40°22'16"	66°34'54,8"	5528420,5298	2705398,4505	IGM= 269,7 m
54	PF- Punto IGM PF62 n (31) A '80	40°20'12,5"	66°35'46,2"	5532279,3042	2704275,4925	IGM= 273,8 m
55	Cruce R62-Huella	40°19'17,2"	66°36'20,5"	5533997,7739	2703518,7704	GPS= 272 m
56	PF- Punto IGM PF61 n (31) A '80	40°18'10,5"	66°36'08,5"	5536056,9897	2703858,1109	IGM= 268,9 m
57	PF- Punto IGM PF60 n (31) A '80	40°16'01,5"	66°36'05,8"	5540034,5855	2704036,7505	IGM= 259,5 m
58	Estancia El Greco (Santa Rosa)	40°15'34,2"	66°36'08,8"	5540869,4237	2703988,3978	GPS= 248 m
59	PF- Punto IGM PF59 n (31) A '80	40°13'58,4"	66°36'03,0"	5543827,7085	2704186,7324	IGM= 263,1 m
60	PF- Punto IGM PF58 n (31) A '80	40°12'06,7"	66°36'00,5"	5547280,8389	2704351,1641	IGM= 257,6 m
61	Cruce R62-Camino	40°11'11,8"	66°35'59,3"	5548976,8698	2704420,7176	GPS= 246 m
62	PF- Punto IGM PF57 n (31) A '80	40°10'13,1"	66°35'10,6"	5550734,6389	2705628,6915	IGM= 248,1 m
63	PF- Punto IGM PF56 n (31) A '80	40°08'29,3"	66°33'41,7"	5553885,3201	2707822,9942	IGM= 235,8 m
64	PF- Punto IGM PF55 n (31) A '80	40°06'52,6"	66°32'06,9"	5556815,5414	2710155,1616	IGM= ???
65	PT-Mojón IGM (3-i-0194)	40°06'11,8"	66°30'51,6"	5558030,8513	2711966,8857	IGM= 224 m
66	PF- Punto IGM PF54 n (31) A '80	40°05'43,6"	66°29'54,3"	5558856,7297	2713341,4478	IGM= 208,9 m
67	Estancia Las Chilcas tranquera	40°03'17,8"	66°29'12,2"	5563332,5438	2714463,7613	GPS= 168 m
68	PF- Punto IGM PF53 n (31) A '80	40°03'52,2"	66°29'01,5"	5562245,4785	2714693,9841	IGM= 185 m
69	PF- Punto IGM PF 15 N281 1973	40°30'15,6"	66°34'52"	5513642,2306	2705040,7572	IGM= 179,1 m

Z: dato proveniente de catastro de la provincia de Río Negro.

GPS: dato proveniente de la lectura con el GPS.

IGM: dato de elevación de las Hojas Topográficas del IGM.

## Puntos de observación (2.a campaña)

Punto	Ubicación	Observaciones
1	40° 38' 58,2" 66° 13' 18,8"	
2	40° 37' 32,3" 66° 18' 46,7"	
3	40° 34' 17,8" 66° 28' 35,0"	
4	40° 29' 13,1" 66° 45' 48,9"	
5	40° 33' 17,0" 67° 46' 32,8"	h = 702 m (riolitas)
6	40° 26' 43,7" 67° 46' 48,1"	h = 739 m molino (riolitas muy diaclasadas)
7	40° 25' 20,9" 67° 47' 23,4"	h = 719 m molino
8	40° 16' 11,1" 67° 49' 12,9"	establecimiento Parra ex Nahuelan
9	40° 14' 43,7" 67° 49' 23,9"	h = 694 m c.e. 7730. Foto n°8. Molino, tanque australiano, perforación, tajamar. Aguada Feral
10	40° 12' 47,7" 67° 49' 33,4"	h = 667 m c.e. 6690 T 8°C agua salobre
11	40° 08' 30,8" 67° 49' 58,3"	h = 643 m c.e. 5570 T 8°C jagüel, pozo y 2 molinos Pto. Alberdi. Establecimiento Laguna El Sombrero
12	40° 03' 51,6" 67° 44' 38,5"	h = 558 m (granitoides)
13	40° 00' 22,4" 67° 44' 13,4"	h = 504 m c.e. 4550 Pto. Curruleufú Chico

14	40° 00' 00,9" 67° 42' 43,6"	h = 487 m c.e. 5300 T 15°C Pto. Drachenberg. Molino
15	39° 57' 46,8" 67° 43' 21,0"	h = 552 m sobre abanico aluvial
16	39° 53' 57,1" 67° 44' 33,2"	h = 548 m sobre abanico aluvial
17	39° 52' 04,9" 67° 44' 17,6"	h = 468 m c.e. 1900 T 12°C. Sobre cañadón Cataicó
18	39° 51' 46,8" 67° 44' 10,9"	h = 465 m c.e. 2470 T 14°C Establecimiento La Totorá. Molino, tanque de 10.000 litros
19	39° 48' 48,3" 67° 42' 07,5"	h = 375 m c.e. 7890. Molino (cerca de línea de alta tensión)
20	39° 47' 28,2" 67° 44' 34,9"	h = 443 m diaclasas subverticales(N215,N260, N185, N90, N25, N130/38° al N
21	39° 50' 13,6" 67° 49' 39,6"	h = 463 m c.e. 853 T 22°C (granodiorita intruyendo a granito rosado) establecimiento José Parra. Diaclasamiento vert N15°. Foto n° 16
22	89° 51' 16,8" 68° 14' 52,1"	Cruce de camino vecinal con Ruta 83
23	40° 53' 21,2" 69° 17' 53,3"	h = 1000 m. (tobas Fm Collóncura). Foto n° 17
24	40° 51' 16,3" 69° 13' 32,1"	h = 956 m (granitos rosados y granodioritas). Foto n° 20
25	40° 40' 12,5" 69° 06' 25,6"	h = 1139 m
26	40° 37' 04,8" 69° 11' 07,7"	h = 1192 m (riolita porfiroidea morada). Sobre camino
27	40° 34' 32,01" 69° 14' 56,3"	h = 1192 m c.e. 440 T8° manantial
28	40° 31' 48,1" 69° 16' 52,3"	h = 1240 m (riolitas) cruce de camino a Mengué
29	40° 31' 22,3" 69° 17' 48,2"	h = 1249 m c.e. 452 T 9°C jagüel. Pto. Aurelio Cabrera
30	40° 27' 07,4" 69° 28' 09,0"	H = 1246 m c.e 495 T 14°C Foto n°673. (granito rosado) jagüel paraje La Porteña Pto. Camilo Garay
31	40° 35' 09,4" 69° 28' 18,6"	h = 1203 m c.e. 1300 T 15°C Foto n°674 (riolitas)
32	40° 39' 59,6" 69° 42' 26,9"	h = 1219 m c.e 266 T 16°. Foto n°675 (mallín en volcanitas tobáceas)
33	40° 41' 39,9" 69° 48' 28,5"	h = 1229 m (cruce de camino Laguna Blanca-Mengué)
34	40° 33' 54,6" 69° 45' 06,1"	h = 1223 m c.e. 285. Foto n°676 (granito pegmatítico) alcantarilla
35	40° 30' 06,9" 67° 14' 44,5"	h = 114 m (sobre ruta areniscas rojizas y limolitas). Foto n°677 / 78 y 79
36	40° 29' 52,3" 67° 15' 47,0"	c.e. 6000 T 17°C (surgente). Foto n°680 En estación de bombeo manantial Ramos Mejía c.e. 910 t 15°C. Foto n°681

37	40° 24' 44,8'' 67° 15' 27,2''	h= 460 m (sobre abanico) molino, produce del Cretácico) bombeo con electrobomba sumergible. c.e. 1480 T 9°C. Foto nº 6
38	40° 19' 50,9'' 67° 16' 47,8''	h = 440 m Tc. areniscas y conglom. Cementados, por debajo de los Rodados Patagónicos) borde N del abanico. Foto nº685
39	40° 16' 50,4'' 67° 16' 40,0''	h = 416 m cañadón El Salado
40	40° 13' 38,1'' 67° 15' 14,8''	h = 392 m (areniscas conglomerádicas, Grupo Neuquén. Sobre ruta 66. Foto nº687
41	40° 06' 54,5'' 67° 16' 22,5''	h = 351 m Establecimiento Lauriente ahora Federico Rosenfer. Algunos jagüeles secos. c.e. 10680 T 14°C
42	40° 22' 59,4'' 66° 34' 49,8''	h = 254 m (areniscas y arenas conglomerádicas cementadas con CO <sub>2</sub> , baja permeabilidad. Tc. sup. Fm. Bajo Gualicho. Foto nº688 y 689
43	40° 13' 35,2'' 66° 26' 28,2''	h = 190 m paraje Bajo Rico. El Porvenir, ahora de Monsalvez. Molino, pozo de 25 m ,5 m de agua. Produce del Tc. C.e.2.200 T 22°C
44	40° 08' 41,2'' 66° 21' 16,7''	h= 153 m Pto. Molino. Foto nº692 y 693
45	39° 58' 44,6'' 66° 10' 22,6''	h= 228 m Sta. Elisa. c.e. 6300 T 13°C. Foto nº700
46	40° 07' 03,0'' 66° 00' 54,4''	h = 143 m jagüel c.e. 8010 T 20°C

### Ubicación de perforaciones

lamgold cañadón del Moro 08

40° 33' 33,59

69° 40' 12,62

lamgold cañadón del Moro 02

40° 49' 49,19

69° 39' 52,51

lamgold cañadón del Moro 03

40° 49' 45,9''

69° 39' 32,53''





