

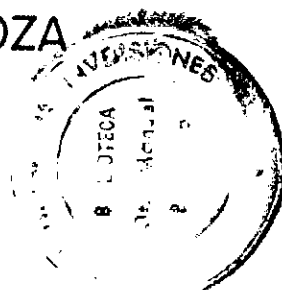
28153



EXPLORACION HIDROGEOLOGICA EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA PLANICIE SANRAFAELINA

PROVINCIA DE MENDOZA

CAPITULOS I - II - III



CONVENIO CFI-CRAS

O
X. 12
C 15a

IX

El presente informe corresponde a las actividades de exploración hidrogeológicas acordadas por el C.R.A.S. y el C.F.I. a través de un convenio celebrado con fecha 18 de setiembre de 1981.

Autoridades

Sr. JORGE HECTOR VELASCO SUAREZ	Subsecretario de Recursos Hídricos de la Nación.
Coronel CARLOS BENITO PAJARINO	Secretario General del Consejo Federal de Inversiones.
Ing. NESTOR EDUARDO SILVA	Miembro Titular del Comité Técnico del Consejo Federal de Inversiones
Ing. DANIEL OSCAR CORIA JOFRE	Director General del Centro Regional de Agua Subterránea.

La autoría corresponde a los siguientes profesionales del C.R.A.S.

Capítulo I:

El marco geológico

Lic. Alejandro VACA

Capítulo II:

Fisiografía y geomorfología

Lic. Víctor Hugo SANCHEZ

Capítulo III:

Análisis de subsuelo

Lic. Rubén Norberto GIANNI

Colaboradores

Lic. Silvia LENDARO

Geól. José Luis BESSONE

Sr. Juan Eduardo NALLY

Sr. José Manuel LARGACHA

Coordinación y revisión de las actividades:

Lic. Alejandro VACA

Profesional del Centro Regional de Agua Subterránea

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: El marco geológico	3
1. ESTRATIGRAFIA.....	3
2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	6
CAPITULO II: FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	9
1. INTRODUCCION	9
2. FISIOGRAFIA	
2.1. Relieve Positivo o Bloque Montañoso de la Sierra Pintada ..	10
2.2. Relieve Intermedio o Bajada Pedemontana	11
2.2.1. 25 de Mayo - Rincón del Atuel (láminas 2 y 3)	11
2.2.2. Cerro Negro - Colonia Las Malvinas	12
2.3. Relieve Negativo o Llanura Sanrafaelina	12
2.3.1. Llanura sanrafaelina sin cubierta de arena eólica ..	12
2.3.2. Llanura sanrafaelina con cubierta de arena eólica //	
(láminas 2, 3 y 4).....	13
3. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS RECONOCIDAS (láminas	
2, 3, 4 y 5)	14
3.1. Montaña (lámina 2)	14
3.1.1. Afloramientos de unidades formacionales diversas ...	14
3.1.2. Cono volcánico y coladas basálticas del Cerro Negro.	14
3.2. Bajada Pedemontana	15
3.2.1. Area 25 de Mayo - Rincón del Atuel	15
3.2.1.1. Relieve Colinado	16
3.2.1.2. Relieve Deprimido	16
3.2.2. Area Cerro Negro - Colonia Las Malvinas	17
3.3. Llanura Aluvial Sanrafaelina	17
3.3.1. Llanura aluvial sin cubierta de arena eólica	18
3.3.1.1. Cono aluvial del río Diamante	18
3.3.1.1.1. Primer Cono	18
3.3.1.1.2. Segundo Cono	19
3.3.1.1.3. Tercer Cono o Cono Actual	20
3.3.1.2. Llanura de Derrame del río Atuel - Cauce In-	
ferior	



	Pág.
3.3.2. Llanura aluvial sanrafaelina con cubierta de arena / eólica	23
3.3.2.1. Cubierta de arena eólica espesa	23
3.3.2.2. Cubierta de arena eólica mediana	24
3.3.2.3. Cubierta de arena eólica reducida	25
3.3.3. Cursos hídricos.....	25
3.3.3.1. Cursos hídricos Actuales	26
3.3.3.1.1. Cursos hídricos actuales permanen tes	26
3.3.3.1.2. Cursos hídricos actuales tempora- rios	29
3.3.3.2. Cursos hídricos relícticos o abandonados (lá minas 3, 4 y 5)	31
3.3.4. Construcciones antrópicas	32
3.3.5. Explotaciones mineras	33
CAPITULO III: Análisis de Subsuelo	34
1. INTROUCCION.....	34
2. CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS CURVAS S.E.V.	35
3. ANALISIS DE LOS CORTES E INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA	37
3.1. Horizonte Conductor Profundo (H.C.P.)	38
3.1.1. Pozo SR-2 (Corte 22)	38
3.1.2. Pozo SR-3 (Corte 39)	38
3.1.3. Pozo SR-4 (Corte 21)	39
3.1.4. Pozo SR-5 (Corte 20)	39
3.1.5. Pozo SR-6 (Corte 5)	40
3.1.6. Pozo SR-7 (Cortes 17 y 39)	40
3.1.7. Pozo SR-8 (Cortes 2 y 17)	
3.1.8. Significado geológico y correlación estratigráfica ..	42
3.2. Acuífero Principal (A.P.)	44
3.2.1. Pozo SR-2 (Corte N° 22).....	44
3.2.2. Pozo SR-3 (Corte N° 4)	46
3.2.3. Pozo SR-4 (Corte 21)	47
3.2.4. Pozo SR-5 (Corte 20)	48

	Pág.
3.2.5. Pozo SR-6 (Cortes 5 y 39)	49
3.2.6. Pozo SR-7 (Cortes 17 y 39)	50
3.2.7. Pozo SR-8 (Corte 2)	51
4. SINTESIS REGIONAL	52
4.1. Horizonte Conductor Profundo (H.C.P.)	52
4.1.1. Profundidad	52
4.1.2. Estructura	53
4.1.3. Hidrogeología	53
4.2. Acuífero Principal (A.P.)	53
4.2.1. Espesor	53
4.2.2. Litología	54
4.2.2.1. Zona Norte	54
4.2.2.2. Zona Sur	56
4.2.3. Hidrogeología	56
4.3. Acuífero Superior (A.S.)	57
4.3.1. Espesor	57
4.3.2. Litología	58
4.3.3. Hidrogeología	58
5. BIBLIOGRAFIA	61

GRAFICOS

1. Curva Tipo HK	36
------------------------	----

LAMINAS

1. Mapa geológico y de lineamientos estructurales.
2. Mapa fisiográfico, topográfico y toponímico.
3. Mapa geomorfológico .
4. Cortes topográficos Oeste-Este.
5. Cortes topográficos Norte-Sur
6. Ubicación de S.E.V. y Cortes geofísico-pedagógicos
7. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 23 y 24
8. Interpretación geofísica-geológica - Cortes 16-17-38 y 18
9. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 19-37 y 20

10. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 1-2 y 3
11. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 22 y 40
12. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 39 y 5
13. Interpretación geofísico-geológica - Cortes 26 y 21
14. Interpretación geofísico-geológica - Corte 6
15. Plano isopáquico del relleno aluvial.
16. Plano estructural del horizonte conductor profundo (H.C.P.).

INTRODUCCION

El presente constituye el Informe Final correspondiente a las actividades de exploración hidrogeológicas acordadas con el Consejo Federal de Inversiones a través del Convenio celebrado al efecto con fecha 18 de setiembre de 1981, sobre la base de los requerimientos oportunamente efectuados por el Gobierno de la Provincia de Mendoza.

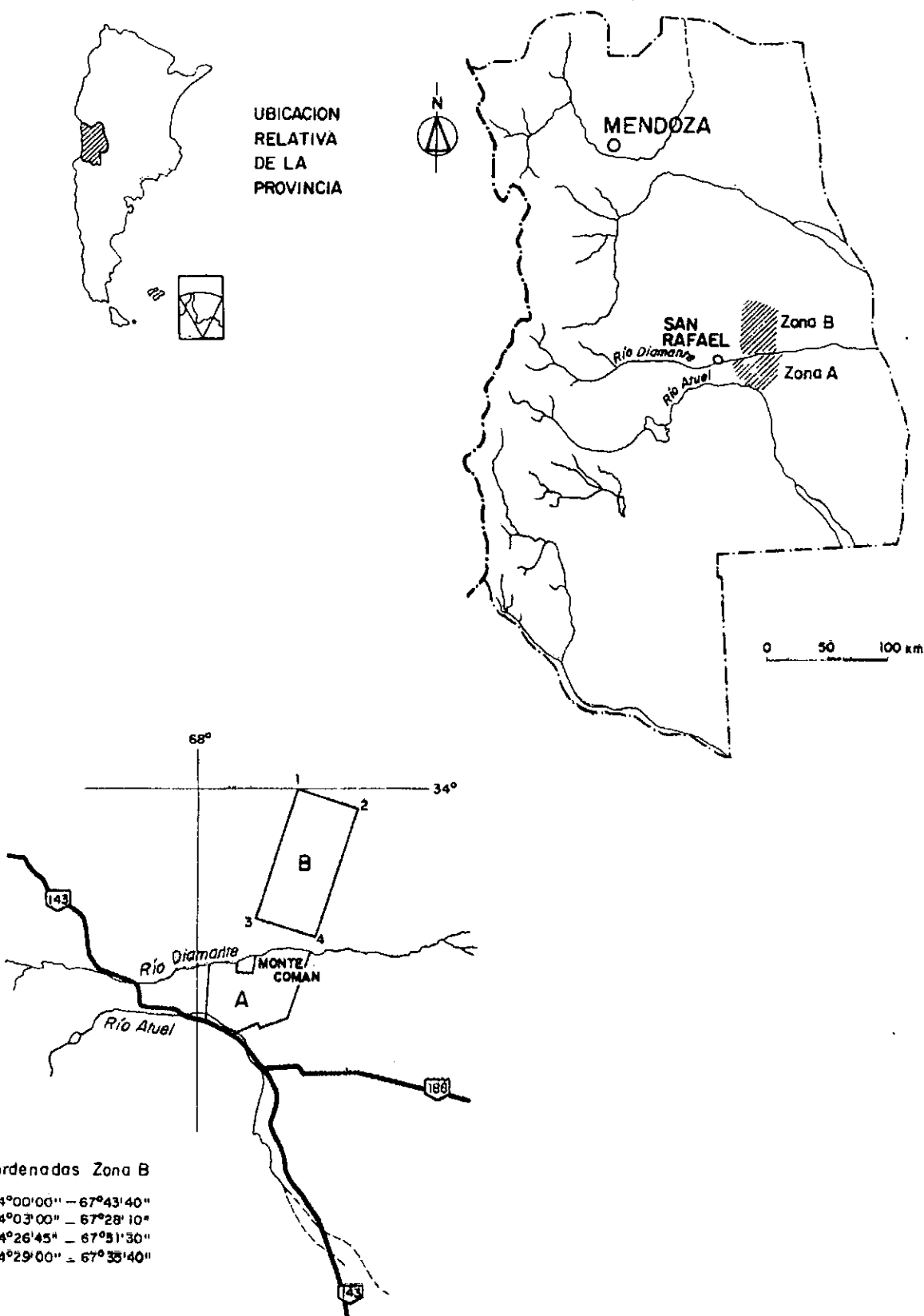
Las áreas sometidas a esta etapa de exploración son las ilustradas en la figura 1. Se trata de dos áreas seleccionadas por la Provincia de Mendoza situadas respectivamente al noreste y sureste de la ciudad de San Rafael. Cabe señalar que con anterioridad existió otro convenio similar entre ambos organismos (CFI y CRAS) durante el transcurso de cuya vigencia el CRAS efectuó actividades de censo, reconocimiento y exploración indirecta del subsuelo por el método geoelectrico. También se seleccionaron y comenzaron a operarse redes hidrológicas, tanto para la registración periódica de niveles piezométricos cuanto para la recolección y procesamiento de información hidrometeorológica. De la misma manera se comenzó en aquella oportunidad la actividad hidroquímica sistemática con el censo, muestreo y análisis químico de fuentes superficiales y subterráneas.

El total de la información obtenida, y en algunos aspectos / su elaboración primaria, conclusiones preliminares, etc. fue oportunamente sometida a la consideración del Consejo Federal de Inversiones y del Gobierno de la Provincia de Mendoza (CRAS, 1980 y CRAS, 1982). Una excepción a / esto la constituye el relevamiento geoelectrico de densificación efectuado en 1981, así como su reinterpretación, información ésta que se incluye íntegramente en el presente informe, debido a la lógica conveniencia de esperar a contar con los resultados de las perforaciones de exploración a los fines de ajuste y correlación del esquema geológico del subsuelo.

A su vez, este conocimiento preliminar sirvió de base para / seleccionar los puntos a investigar mediante perforaciones, las que se ejecutaron, con carácter principalmente "estratigráfico", por el sistema de / licitación pública. La inspección y control técnicos de la obra corrieron / por cuenta del CRAS.

Es necesario señalar que las áreas estudiadas se sitúan geográficamente en sectores distales de la planicie sarafaelina, parcialmente desconectados de la zona occidental en que el CRAS viene realizando estu-

UBICACION DEL AREA A ESTUDIAR



dios hidrogeológicos desde hace algunos años. No obstante es evidente que dichas áreas integran sin duda la misma cuenca de agua subterránea que subyace a la planicie sanrafaelina, razón por la cual fue necesario efectuar algunas tareas complementarias de correlación. De las dos áreas estudiadas, la situada al norte del río Diamante ofrece serias dificultades para su // vinculación con el resto de la cuenca; no así la zona sur, que es continua ción directa de la cuenca alta.

A grandes rasgos, los trabajos realizados en esta etapa fueron los siguientes, tal como se refleja en la organización del informe:

- Planteo del marco geológico e hidrogeológico para toda la cuenca de agua subterránea de San Rafael.

- Estudio fisiográfico y geomorfológico para el área cubierta con fotogramas aéreos.

- Análisis de la información meteorológica para la caracterización climática de la región.

- Análisis de la geología de subsuelo mediante integración / de datos geoelectrónicos y de perforaciones.

- Análisis de la piezometría y de las características hidráulicas de los acuíferos.

- Balance hídrico tentativo del área de estudio.

- Caracterización hidroquímica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Ello permitió llegar a plantear las conclusiones hidrogeológicas que se expresan en el capítulo correspondiente, así como las recomendaciones para futuros estudios y la conveniencia de incorporar al estudio / la franja situada al norte del río Diamante y que quedó sin explorar.

Dichas conclusiones y recomendaciones han permitido a su vez preparar un nuevo plan de actividades, que se elevará por separado a las / respectivas autoridades, cuya concreción permitirá acotar las zonas más favorables para una inmediata explotación, dentro de un plan de aprovechamiento de los recursos naturales para esta parte de Mendoza.

Las premisas fundamentales de este nuevo plan de trabajo están dadas por la necesidad de ejecutar cinco nuevas perforaciones, densificar la geofísica, completar el conocimiento de detalle del río Diamante sobre ambas márgenes e intentar el planteo del balance hidrogeológico de toda la cuenca.

CAPITULO I: El marco geológico

1. ESTRATIGRAFIA

La región se puede caracterizar rápidamente por la presencia, al oeste, de rocas consolidadas antiguas (paleozoicas a mesozoicas) integrantes del Bloque de San Rafael o Sierra Pintada (lámina 1). Estas rocas son en su mayor parte sedimentitas y rocas ígneas y piroclásticas que en su conjunto deben asignarse al borde de cuenca de agua subterránea, según los rasgos aludidos. Hacia el este de la Sierra Pintada se desarrollan los terrenos cuaternarios correspondientes a las unidades geomórficas de la bajada pedemontana, el abanico aluvial y la llanura aluvial, así como los mares de arena que cubren los sectores medios y distales de la cuenca. En los sedimentos cuaternarios se alojan los principales acuíferos explotables que conforman la cuenca de agua subterránea de San Rafael-General Alvear.

A lo largo del borde de sierra afloran en algunos puntos las sedimentitas terciarias de la Formación Aisol (Dessanti, 1956) interpuestas entre las rocas antiguas (preterciarias) que integran la sierra y las acumulaciones fluviales del cuaternario que las suprayacen en discordancia.

Es de destacar también la amplia distribución de rocas efusivas principalmente basálticas y andesíticas de edad terciaria superior-cuaternaria inferior, ubicadas en el borde oriental de la Sierra Pintada.

Muy sucintamente la descripción de las unidades estratigráficas mapeables en el área es la siguiente:

- Devónico (Fm. Horqueta): es la unidad más antigua aflorante en la zona mapeada. Está constituida por sedimentitas marinas y leptometamorfitas. Litológicamente predominan lutitas, grauvacas y cuarcitas de tonos verdosos y grises en general oscuros.

- Carbónico (Fm. El Imperial): esta unidad se apoya discordantemente sobre la anterior. La integran sedimentitas continentales y marinas con predominio de areniscas, lutitas y conglomerados que hacia el techo se vinculan con productos volcánicos y subvolcánicos.

- Pérmico (Fm. Cochicó y equivalentes): se trata de una sucesión de sedimentitas continentales, tobas y tufitas, que yace en relación de discordancia con su base y con su techo.

- Pérmico-Triásico (Grupo Sierra Pintada): grupo de formaciones volcánicas, subvolcánicas, piroclásticas y volcanoclásticas asociadas

que cubren litológicamente toda la gama ácida-mesosilíceo-básica.

- Triásico (Fm. Puesto Viejo): cuerpo sedimentario-tobáceo / continental, cuyo desarrollo areal en afloramiento se reduce al flanco / / oriental de la Sierra Pintada, en relación poco clara con el grupo homónimo.

- Terciario: se asigna al Mioceno una sucesión de sedimentitas continentales de génesis fluvial y de barreal o playa, compuesta por / pelitas y psamitas principalmente, con presencia de yeso en casi todo su / espesor. Esta unidad-roca se denomina Fm. Aisol y su color de conjunto es pardo-rojizo a rojo. Tanto su espesor como su distribución areal en afloramientos son escasos.

Interesa destacar con respecto a la Fm. Aisol que la misma / contiene algunas intercalaciones psefíticas, y que en zonas de afloramientos y subafloramientos, la resistividad eléctrica registrada para estas sedimentitas es uniformemente baja, del orden de los 5-10 ohm.m. Es importante tener en cuenta estas características para su correlación tentativa en subsuelo cuenca adentro.

Al norte del arroyo El Chanco, y especialmente en el área / de influencia del arroyo Las Peñas, aflora una secuencia de sedimentitas / continentales de tenor pardo-amarillento claros, compuesta por areniscas, limolitas y arcilitas de muy bajo grado de consolidación. Polanski (1964) ha asignado esta unidad al Plioceno y la ha denominado "Araucanense".

Esta unidad plantea una incógnita que se considera imposible de resolver a la fecha con la información disponible.

Polanski (1964) utiliza el término "Araucanense" para designar los terrenos pliocénicos que aparecen rellenando las depresiones tectónicas que rodean al bloque de San Rafael. Son sedimentos continentales de origen principalmente fluvial aparecen también como remanentes aislados de una cubierta continua sobre el bloque mismo.

La parte inferior de esta unidad es preferentemente arenosa y aflora en el valle del río Las Peñas. Se trata de bancos de areniscas // pardo-grisáceas, friables, en parte feldespáticas, con lentes y bancos con glomerádicos finos, en los que se reconocen fragmentos de rocas que afloran en cordillera. Se intercalan también arcillas cineríticas y yesíferas. La estratificación es variada: gradada, torrencial o continua.

La parte superior del Araucanense es eminentemente arcilloso-tobácea con intercalaciones de areniscas medianas a gruesas y conglomerados finos poco cementados. Existen también tobas poco consolidadas y bancos de diatonitas.

La potencia visible de la formación excede los 400 m. La disposición tectónica es de plegamiento suave. En el área de interés, al este del Bloque, las capas buzan 10-20° al naciente. La unidad presenta un plano de erosión sobre el cual, en varios lugares, yacen las psefitas del primer nivel de pie de sierra.

Se interpreta entonces que el Bloque de San Rafael fue sepultado durante el Plioceno, dando lugar a su cobertura por estos sedimentos aluviales y lacustres. El plegamiento del Araucanense se debería al ascenso post-plioceno del Bloque de San Rafael.

El comportamiento de esta unidad litoestratigráfica en el // subsuelo oriental de la Sierra Pintada es desconocido. Al sur del arroyo / El Chanco todo vestigio de la misma ha sido erosionado y cubierto por sedimentos aluviales modernos. Hacia el este, más allá de la "zona sin información" (lámina 1), la cubierta proporcionada por el "mar de arena" reciente oculta totalmente todo rasgo anterior.

-Terciario superior-Cuaternario inferior: se agrupan acá rocas representativas de distintos episodios efusivos que ya fueron diferenciados por algunos autores (Gonzalez Diaz, 1972) pero que pueden reunirse desde el punto de vista hidrogeológico pertenecientes al borde de cuenca de / agua subterránea, al menos cuando se las compara con los sedimentos aluviales no consolidados. Como se dijo, estas rocas principalmente basálticas y andesíticas se ubican en el borde oriental de la sierra Pintada, preferentemente al sur del río Atuel y con pequeños asomos en las cercanías del // Diamante. La efusividad basáltica alcanza su mayor expresión topográfica / actual en el cerro Negro (1000 m s.n.m.), frente a Rincón del Atuel. El // río Atuel precisamente rodea al cerro para recién tomar un definido rumbo al este. Unos 30 km al NE del cerro Negro (15 km al NE de la ciudad de San Rafael), en la localidad de Cerrito aflora un pequeño relicto basáltico, / que ha sido interpretado como restos de una colada apoyada sobre sedimen- / tos cuaternarios, ya que la prospección geoelectrica ejecutada en la zona no ha detectado su continuidad en subsuelo. En inmediaciones del dique Galileo Vitale, sobre la margen derecha del río Diamante, existe una colada

basáltica de escaso espesor intercalada en conglomerados del Cono Antiguo/ del río Diamante pero, como en el caso anterior, tampoco se manifiesta su continuidad en subsuelo.

- Cuaternario: el examen detallado de los terrenos fluviales y eólicos de esta edad se ha efectuado desde el punto de vista geomorfológico y por métodos de correlación de subsuelo y por lo tanto se trata extensamente de su origen y evolución en los respectivos capítulos.

2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Desde el punto de vista estructural, los datos disponibles / son relativamente escasos y poco confiables. La sierra Pintada como provincia geológica ha sido considerada en la bibliografía como un bloque (Bloque de San Rafael) ascendido por fallas de flanco cuyas características son poco conocidas. No obstante y para el flanco oriental del bloque, el sistema de fracturación limitante podría considerarse de tipo directo, o por lo menos de alto ángulo, en función de las manifestaciones efusivas mencionadas para el Terciario superior-Cuaternario inferior.

El esquema estructural planteado en el mapa de la lámina 1 / reúne los principales lineamientos que se considera pueden dar razón de algunos de los problemas encontrados en la investigación de la cuenca de agua subterránea.

Los lineamientos del río Diamante y del río Atuel han sido / detectados en subsuelo por métodos geofísicos y confirmados por perforaciones en la exploración por petróleo. Tales lineamientos, influyentes durante el tiempo triásico, parecen haber afectado también a la sedimentación / de los terrenos terciarios. No hay elementos de juicio suficientes para determinar su influencia durante el período cuaternario. No obstante, su presencia puede dar razón de la orientación actual de los respectivos cursos de los ríos Atuel y Diamante, como situaciones límite alcanzadas luego del proceso de desplazamiento lateral evidenciado por los cauces abandonados.

El lineamiento graficado entre Villa Atuel y Real del Padre / también fue detectado en la exploración petrolera del subsuelo como una zona antigua de fallamiento, que actuó como control de cuenca durante el Triásico y el Terciario. La prospección geoelectrica efectuada por el CRAS también detectó el hundimiento del horizonte conductor profundo en coinciden-

cia con los datos anteriores (Criado Roque, 1979). Ello implica, como se / ve en los cortes 3, 39 y 23, un notable incremento del espesor del paquete resistivo superior, asignado al Cuaternario, en dirección a General Alvear.

De distinta naturaleza son los indicios que han permitido // trazar los restantes lineamientos principales y secundarios propuestos. El cuadrante noroeste del mapa (lámina 1) quedaría limitado hacia el sur y el este por lineamientos deducidos de la observación de imágenes satelitarias. Existen muy pocos elementos de juicio adicionales para apoyar esta inter- / pretación, que se propone como tentativa para explicar el comportamiento / de las curvas isopiezas al norte del río Diamante así como la presencia de la faja de grandes médanos sobre la margen izquierda del arroyo La Hedion- da.

La presencia de una cubierta edlica de gran espesor en el á- rea denominada Médanos de Picardo resulta difícil de explicar por cuanto / no se cuenta con información de subsuelo. El frente septentrional de este sector, limitado por el curso del río Atuel muestra, en el campo, la posi- bilidad de que la cubierta arenosa se halle apoyada sobre sedimentos finos prácticamente impermeables, pero ésto no ha sido confirmado. Si éste fuese el caso, se podría pensar también en una falla oeste-este sobre la margen derecha del Atuel en este sector.

Sobre el frente occidental de los Médanos de Picardo, la cu- bierta arenosa parece apoyarse sobre los sedimentos distales de la bajada pedemontana, donde está asentada la colonia Las Malvinas. De acuerdo con / Nuñez (1979), la alineación de conos basálticos relícticos insinúa un posi- ble límite estructural occidental para estos médanos. Por otra parte, se / debe consignar que este límite, cualquiera sea su naturaleza, queda alineado hacia el norte con el cambio de pendiente topográfica que da lugar a la descarga parcial de la cuenca de agua subterránea. Allí se ha indicado la probable presencia de un lineamiento secundario (por el momento) de orien- tación dudosa. El análisis detallado de la información de subsuelo disponible permitirá dilucidar esta cuestión. Este análisis se lleva a cabo actualmente.

Al norte del río Diamante se han bosquejado dos lineamientos estructurales. El más occidental, de orientación NNO-SSE, parece tener ex- presión en imágenes satelitarias, además de representar probablemente un /

escalón de borde antiguo. Más al este, un lineamiento secundario, de trazo levemente convexo al oeste, no visible en imágenes, fue detectado mediante la construcción del mapa estructural del techo del horizonte conductor profundo (basamento hidrogeológico), en coincidencia con un bajo estructural/alineado.

A pesar de la baja calidad y densidad de la información es posible plantear tentativamente un esquema de bloque limitados por sistemas/posiblemente conjugados de fallas de alto ángulo. En general se demuestra/que las estructuras principales son preterciarias y que algunas de ellas /han sufrido reactivaciones recientes que, por un lado, permitieron la efusividad ya comentada y, por el otro controlaron los procesos de sedimentación operantes en la región.

Quedan muchos problemas por dilucidar pero, de momento, se /puede pensar que al norte del arroyo La Hedionda existe un borde de cuenca representado por un alto estructural sepulto. El relleno correspondiente /al ángulo noroeste del mapa de la lámina 1 podría estar constituyendo un acúfero independiente instalado en terrenos pliocenos (areniscas araucanenses), que se conectarían hacia el sureste con los depósitos cuaternarios /debidos a la acción del río Diamante.

La evolución subsidente del bloque central (San Rafael-Monte Comán) permitió la instalación de la cuenca de agua subterránea bajo estudio que, hacia el este se abre tanto al norte como al sur, más allá de los límites estudiados. Subsiste el problema del límite sur de esta cuenca, indicado por la traza del curso del río Atuel, la presencia del probable alto estructural de los Médanos de Picardo y por el trazado de las curvas equipotenciales de la superficie piezométrica.

CAPITULO II: FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

1. INTRODUCCION

El presente estudio se efectuó en el sector centro-oriental/ del Departamento San Rafael, procurándose determinar las diferentes formas de agradación y degradación de la superficie producidas por dos agentes // principales de erosión, agua y viento.

El análisis geomorfológico se efectuó sobre fotografías aé- / reas a escala aproximada 1:20.000 de la zona cultivada de San Rafael, com- pletándose con el auxilio de imágenes satelitarias en blanco y negro y fal- so color compuesto, además del mapa efectuado por Moscatelli (1979) en las zonas de convenio CFI-CRAS para el I.N.T.A.

La metodología empleada en la construcción del mapa fue obte- ner primeramente un fotomosaico el que luego fue reducido de escala 1:20.000 a 1:200.000 con fotocopiadoras y pantógrafo; posteriormente se procedió al control de campo de las geoformas reconocidas y subsiguientemente se con- / feccionó el mapa correspondiente.

Investigadores tales como Gonzalez Diaz (1972) y Polanski // (1964) han efectuado estudios de este tema pero sobre áreas de mayor exten- sión y con mayor profundidad ya que los mencionados autores establecen la relación de origen de las geoformas con la estructura geológica, mientras/ que en el presente trabajo (de mayor detalle y menor extensión) sólo se de- marcan las geoformas interpretadas y no se efectúa el análisis exhaustivo del origen ni la homologación temporal con las formaciones geológicas exis- tentes en las áreas elevadas del oeste.

Otros trabajos geomorfológicos consultados para la ejecución del presente estudio fueron los efectuados por Alonso Antón y Martínis (/ 1978) y Gomez Centurión (1981), investigadores del CRAS que determinaron / (los primeros) la extensión, forma, tamaño y capacidad de infiltración en los terrenos reconocidos en la cuenca de los ríos Diamante y Atuel además de otros cursos erosivos temporarios. El segundo autor analizó someramente el área pedemontana de 25 de Mayo-Rincón del Atuel.

2. FISIOGRAFIA

El área del presente estudio se caracteriza principalmente / por dos relieves contratantes entre sí, determinados por un sector posi- tivo, el Bloque de la Sierra Pintada y otro negativo, situado al naciente/ del valle.

del anterior, la llanura sanrafaelina que forma parte de una unidad mayor designada como Llanura de la Travesía o Gran Bajo Oriental (Gonzalez Diaz, 1972).

Entre ambos tipos de relieve se distingue una zona de transición que contiene elementos positivos y negativos. Para una mejor comprensión de la fisiografía del área en estudio se la considerará constituida / por:

- 2.1. Relieve positivo o Bloque montañoso de la Sierra Pintada.
- 2.2. Relieve intermedio o Bajada pedemontana.
 - 2.2.1. Area 25 de Mayo-Rincón del Atuel.
 - 2.2.2. Area Cerro Negro-Colonia Las Malvinas.
- 2.3. Relieve negativo o Llanura sanrafaelina.
 - 2.3.1. Sin cubierta de arena eólica.
 - 2.3.2. Con cubierta de arena eólica.
- 2.1. Relieve Positivo o Bloque Montañoso de la Sierra Pintada

Dentro de la zona abarcada en el presente estudio, el sector ocupado por la Sierra Pintada es el occidental. El rumbo de la sierra es a proximadamente noroeste-sureste y su longitud de unos 40 km (láminas 2 y 3).

En esta zona, se destacan desniveles de cierta notoriedad cu yas máximas alturas no superan los 1.300 m, tal como ocurre con los cerros: Bola, Colorado, De la Guardia, Cuchilla de los Terneros, Carrizalito, Negro, Guadalito, etc. dispuestos desde la Villa 25 de Mayo hasta Colonia // Las Malvinas en relación a otros sectores más bajos denominados mesillas, / planchadas y lomadas.

Esta área, está disectada por cañadones de anchura, profundi dades y largos variables y de carácter transitorio e intermitente. Los pri meros llevan agua en forma torrencial en la época estival, y entre los prin cipales se reconocen a los ríos secos: Salado, Los Reyunos, El Tigre, El / Piquillinal, de la Frazada, de la Quebrada, existiendo otros innombrados / de menor jerarquía que desaguan en los ríos Diamante y Atuel o hacia la lla nura oriental.

Los intermitentes son aquellos ríos o arroyos que poseen ver tientes en sus cabeceras, escurriendo el agua en superficie por un cierto trecho para luego infiltrarse en el subalveo. Se destacan los siguientes: / Agua de los Noques, Agua del Puntano, Agua de Los Burros y Agua del Carri-

zal, todos ellos situados al sur del río Atuel. Existen otras vertientes / menores al norte del mencionado río tales como la de Puesto Viejo y El Jilguero. La característica común es la pobreza de sus caudales. Su origen se relaciona con la densa fracturación existente en las rocas de este bloque montañoso.

Los ríos Diamante y Atuel son los únicos que atraviesan con sus valles a la Sierra Pintada de oeste a este y además cumplen la función de niveles de base local al colectar el agua derramada por las numerosas / quebradas existentes sobre sus márgenes.

2.2. Relieve Intermedio o Bajada Pedemontana

La bajada pedemontana se halla situada sobre el faldeo oriental de la Sierra Pintada, extendiéndose hacia el este hasta culminar en la llanura sanrafaelina.

Se la subdivide en dos ambientes geográficos diferentes por el relieve que presenta en cada zona.

Para designarlas se ha adoptado la toponimia de los sectores en que se desarrollan, denominándolas:

2.2.1. 25 de Mayo - Rincón Del Atuel

2.2.2. Cerro Negro - Colonia Las Malvinas

2.2.1. 25 de Mayo - Rincón del Atuel (láminas 2 y 3)

La Bajada pedemontana del epígrafe se extiende desde las denominadas Lomas de Los Coroneles al norte, hasta la margen izquierda del / río Atuel al sur. Se desprende del faldeo oriental de la Sierra Pintada a alturas variables entre 800 y 1.000 m s.n.m. y se extiende hacia el este / hasta penetrar en el área cultivada de las localidades de Cuadro Benegas, Rama Caída e Ing. Ballofet.

Se caracteriza fundamentalmente por presentar dos tipos diferentes de relieve situados, el positivo (de lomadas) al norte y este, mientras que el otro, negativo (recorrido por un amplio valle fluvial) ocupa el sector centro-austral.

El relieve positivo está formado por lomadas de alturas variables, constituidas por sedimentos provenientes de las rocas aflorantes en la cercana Sierra Pintada.

El área donde predomina el relieve negativo está recorrido / por un amplio valle fluvial denominado río Seco de las Tinajas que se halla retrabajando la porción centro-austral de la Bajada Pedemontana.

El mencionado río temporario ha elaborado su curso en los / sedimentos denominados Formación Puesto Moyano y asignados al Neopleistoceno por Gonzalez Dias (1972).

El citado valle fluvial desemboca en la zona conocida con el nombre de Rincón del Atuel sobre la margen izquierda del río homónimo.

2.2.2. Cerro Negro - Colonia Las Malvinas

Esta Bajada Pedemontana se ubica al sur del río Atuel entre el Cerro Negro y Colonia Las Malvinas, esta última localidad se asienta sobre el sector distal en coincidencia con una angosta llanura aluvial que / se pierde hacia el este bajo la espesa cubierta de los médanos de Picardo.

Actualmente este sector de la Bajada Pedemontana está en proceso de formación a diferencia del sector situado al norte que se halla en degradación erosiva. Las diferencias apuntadas se deberían a razones de orden tectónico, según lo expresa Gonzalez Diaz (1972) autor que designa con el nombre de Bajada Joven de Las Malvinas al sector descripto.

2.3. Relieve Negativo o Llanura Sanrafaelina

Hacia el naciente de las áreas de relieve positivo e intermedio, anteriormente descriptas, se extiende la llanura sanrafaelina.

Dentro de esta unidad de relieve negativo, en relación a las alturas situadas al poniente, se distinguen dos sectores netamente diferenciados entre sí por su topografía y características geomórficas. A estos / sectores se los denomina:

2.3.1. Sin cubierta de arena eólica

2.3.2. Con cubierta de arena eólica

2.3.1. Llanura sanrafaelina sin cubierta de arena eólica

Se extiende entre el río Seco La Hedionda al norte, el río / atuel y los Médanos de Picardo al sur, la Bajada Pedemontana de 25 de Mayo-Rincón del Atuel al este y hacia el naciente se la reconoce hasta las localidades de Monte Comán, Llave Sur, Atuel Norte y Real del Padre.

El relieve general es complejo ya que se distinguen lomadas, bajos, llanuras de derrames, canales de escurrimientos abandonados, etc. /

gradando en altura y pendiente desde el oeste hacia el este y también de / norte a sur.

Hacia el poniente se destacan netamente las lomas de Divisadero y Los Coroneles, cuyas cumbres descienden suavemente hacia el este.

A partir de éstas se desarrollan dos sectores, donde se ubican la mayor parte del área cultivada y de asentamientos urbanos del Departamento San Rafael.

La pendiente en la región analizada es elevada entre las localidades de Villa 25 de Mayo y Cuadro Graciela-Rama Caída, pues se pasa / de cota 900 a 750 m en unos 15 km; se hace moderada entre estas últimas co- marcas y Colonia Tabanera-Salto de las Rosas ya que de 750 m se baja a 600 metros en aproximadamente 20 km. Hacia el naciente se suaviza notablemente, la caída topográfica se verifica entre 650 y 500 m en aproximadamente 45 Km.

Toda el área descripta se caracteriza por estar constituida / por materiales de origen fluvial con granometría y litología heterogénea / producidos por la depositación del los ríos Diamante y Atuel principalmente y secundariamente por numerosos cursos temporarios.

2.3.2. Llanura sanrafaelina con cubierta de arena eólica (láminas 2, 3 y 4).

Un amplio sector de la llanura sanrafaelina se halla cubierta por arena de origen eólico, cuyo espesor y distribución varían notablemente. Así, enormes masas de médanos fijados por vegetación se ubican (láminas 1, 2, 3 y 4): al norte del río Seco La Hedionda, en los sectores denominados Médanos La Hedionda, La Represa y La Carretilla; al sur del río Atuel, hacia el naciente de Colonia Las Malvinas, se hallan los Médanos de Picardo. En estas zonas se aprecian desniveles que en algunos casos superan los 100 m en Las Malvinas.

Hacia el este y principalmente sobre la margen izquierda del río Diamante y entre éste y el río Atuel se reconocen médanos de menor altitud. Los últimos se denominan Médanos de La Carlota y Amarillo.

Los estudios efectuados por Moscatelli (1979) mostraron que las acumulaciones médanosas cubren sedimentos de origen fluvial, corroborando así la superposición de un ciclo eólico de acumulación sobre un ciclo fluvial anterior, ya destacados por Polanski (1962) y Gonzalez Diaz (1972).

3. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS RECONOCIDAS (láminas 2, 3, 4 y 5)

Las diversas formas de degradación reconocidas son subdivididas en unidades menores según sus características superficiales. Para cada una de ellas se determinó el relieve, constitución granométrica y litológica y su aptitud hidrogeológica, es decir la capacidad relativa de cada unidad geomorfológica, para transportar, almacenar y mineralizar el agua tanto superficial como subterránea.

Dentro de las áreas cultivadas, donde el relieve original ha sido artificialmente modificado, sólo se han separado los rasgos geomorfológicos aún reconocibles. Esto sucede con los cauces relícticos situados al sur de la Isla Diamante y al sureste de Real del Padre, entre otros, por su importante extensión areal.

3.1. Montaña (lámina 2)

La zona montañosa mapeada corresponde al sector central de la denominada "Sierra Pintada", en ella se han reconocido dos subunidades diferenciables por su relieve y por el tipo de geoformas que presentan:

- 3.1.1. Afloramientos de unidades formacionales diversas.
- 3.1.2. Cono volcánico y coladas basálticas del Cerro Negro.

En la primera se destacan crestas, crestones, cañones, lomas, escarpas erosivas, etc. típicas de afloramientos de rocas plegadas, / fracturadas, diaclasadas y de resistencia variable a la erosión tanto fluvial como eólica.

La segunda subunidad se caracteriza por la existencia de lomas alargadas (coladas basálticas), con cumbres semiplanizadas con un aspecto general de relieve lobulado producto de la inserción de arroyos temporarios que excavan su cauce y también por el relieve propio de los derrames basálticos.

El relieve descrito se halla en una etapa erosiva "juvenil" por la existencia de laderas empujadas en constante retroceso, amplios y / escarpados interfluvios y numerosas vías de avenamiento poco jerarquizadas.

Ambas subunidades se caracterizan por su escasa a nula permeabilidad primaria, ya que las rocas presentes (conglomerados, basaltos, / tobas, areniscas, etc.) son compactas y sin porosidad. Debido al intenso /

diastrofismo por un lado y a la meteorización física y química, por otro, se han producido grietas y cavidades que le confieren permeabilidad secundaria. Por estas causas las rocas mencionadas pueden conducir agua, la que aflora en manantiales naturales de cierta importancia, tales como las de / Agua de Los Burros, Agua de Los Puntanos, Agua de Los Noques, etc.

Los ríos Diamante y Atuel que cortan a la Sierra Pintada han elaborado sus quebradas en rocas de variada competencia y resistencia a la erosión por lo que el ancho, profundidad, forma y sinuosidad se ajusta a / las variaciones estructurales existentes (fallas, pliegues, diaclasas, diferencias de compactación, de litología, etc.) Gonzalez Diaz (1972) los clasifica como valles sobreimpuestos.

3.2. Bajada Pedemontana

La unidad regional del epígrafe, se distribuye en dos áreas relativamente alejadas entre sí y con características geomórficas bien diferenciadas; tales sectores, denominados con la toponimia de las zonas que abarcan, son:

3.2.1. Area 25 de Mayo - Rincón del Atuel

3.2.2. Area Cerro Negro - Colonia Las Malvinas

3.2.1. Area 25 de Mayo - Rincón del Atuel

La subunidad denominada según reza el epígrafe posee forma / elíptica, con eje mayor orientado de norte a sur, y en ella se destacan // dos tipos de relieve, elaborados en sedimentos cuaternarios no consolidados. Estos se han producido por la erosión de la ladera oriental de la Sierra Pintada y se han acumulado sobre sedimentitas del Terciario.

A los sedimentos del Cuaternario se los reconoce con el nombre de Formación Puesto Moyano, constituida por materiales heterométricos depositados por corrientes fluviales de alta energía, no reconociéndose se lección ni estratificación. Por tal razón Gonzalez Diaz (1972) la denomina Fanglomerado de Puesto Moyano y le atribuye edad mesopleistocena.

Estos sedimentos, depositados con fuerte pendiente oeste-este están siendo disectados por arroyos temporarios de diversa longitud / / orientados aproximadamente en forma radial, acorde con la forma elíptica / antes mencionada. Los cursos hídricos señalados desembocan en colectores / mayores tales como el río Seño de Las Tiñajas, El Zapallo y El Bote.

Como efecto de la erosión producida por la red de drenaje // instalada en esta geoforma, se reconocen dos principales tipos de relieve, a saber:

3.2.1.1. Relieve Colinado

3.2.1.2. Relieve Deprimido

3.2.1.1. Relieve Colinado es un relieve de lomadas de alturas variables, con cumbres angostas constituyendo divisorias de aguas, de longitudes diversas, con fuerte a moderada pendiente hacia la llanura sarafaelina y se presentan fuertemente disectadas por arroyos temporarios.

3.2.1.2. Relieve Deprimido está caracterizado por amplios valles fluviales excavados en los sedimentos cuaternarios y en parte del substrato de rocas terciarias.

El más conspicuo de estos valles, conocido como río Seco de Las Tinajas se extiende desde la mitad de la subunidad hasta la margen izquierda del río Atuel. Se ha formado por la acción retrocedente del río Seco de Las Tinajas y afluentes innominados.

La cubierta aluvial es escasa y sus márgenes son abruptas, ya que están excavadas en rocas disímiles; hacia el oeste se observan afloramientos de rocas de todo tipo y edad mientras que hacia el este se hallan los depósitos del fanglomerado Puesto Moyano.

En esta última ladera se destacan dos tipos de pendiente, una suave hacia el naciente y la otra abrupta de paredes verticales hacia occidente. Tal diferencia da lugar a que los arroyos temporarios de mayor longitud que se dirigen hacia San Rafael estén en proceso de ser capturados / por los cursos hídricos de menor longitud pero mayor pendiente y por ende / más capacidad erosiva que se dirigen al río Seco Las Tinajas.

Los sedimentos de la formación Puesto Moyano, al no poseer / buena selección granométrica, son medianamente permeables y por tal causa ven reducida su capacidad de transportar y almacenar agua.

A esta Bajada Pedemontana, Gonzalez Díaz (1972) la denominó Bajada Antigua de Puesto Moyano (al denominado Relieve Colinado) y Anfiteatro del río Seco de Las Tinajas o Relieve Suprimido de las Huaiquerías al Relieve Deprimido. Por su parte Gómez Centurión (1981) distinguió hasta tres niveles de erosión.

3.2.2. Area Cerro Negro - Colonia Las Malvinas

Esta bajada pedemontana se ha originado en múltiples conos aluviales, cuyos ápices se hallan a mitad del faldeo oriental de la Sierra/Pintada y coalescen lateralmente formando una extensa zona con relieve suavemente ondulado y con la convexidad propias de las geoformas mencionadas.

Granométricamente, estos depósitos están constituidos por // bloques, grava, arena y limo-arcilla en proporciones variables desde el ápice hasta la parte distal. Su pendiente es elevada en las nacientes, sehace moderada en el sector medial y pasa a una planicie aluvial angosta en el / sector distal donde se ha asentado la Colonia Las Malvinas.

En la litología de los depósitos en tránsito descriptos, se reconocen rocas tales como basaltos, dacitas, riolitas, tobas, etc., es decir rocas ígneas de variado tipo y origen que afloran en la margen orien-tal de la Sierra Pintada.

Hacia el norte la bajada pedemontana está constituida casi / exclusivamente por escoriales de basalto, producidos por la meteorización y posterior erosión de las coladas del Cerro Negro.

En las zonas de aporte sedimentario ubicadas al oeste, se // mencionan manantiales naturales de pobre caudal, el que éscurre superfi- / cialmente durante un corto recorrido y posteriormente se insume.

Los depósitos cuaternarios descriptos tienen permeabilidad / variable con la distribución de los sedimentos, pero en general se considera que su capacidad para transportar o contener agua es baja por la escasa selección granométrica y por su posición topográfica.

Del subsuelo de Colonia Las Malvinas se extrae agua con cau- dales importantes y tenor salino moderado a elevado; esta agua provendría/ del aporte subterráneo a partir del río Atuel (principalmente) y de la in- filtración producida en la zona de mayor permeabilidad de la bajada pede- / montana.

3.3. Llanura Aluvial Sanrafaelina

Esta unidad regional presenta diferentes geoformas en ella / elaboradas por los distintos agentes erosivos actuantes, y se diferencia- / ron las siguientes divisiones o subunidades regionales:

3.3.1. Llanura aluvial sin cubierta de arena eólica

- 3.3.2. Llanura aluvial con cubierta de arena eólica
- 3.3.3. Cursos hídricos
- 3.3.4. Construcciones antrópicas
- 3.3.5. Explotaciones mineras

A su vez cada una de las mencionadas subunidades posee geoformas menores que son claramente diferenciables.

3.3.1. Llanura aluvial sin cubierta de arena eólica

El agente erosivo que ha originado a esta unidad es el agua, a través del río Diamante, principalmente, dando lugar a geoformas de agradación geomorfológica. Las principales subunidades reconocidas son:

- 3.3.1.1. Cono aluvial del río Diamante
- 3.3.1.2. Llanura de derrame del río Atuel

3.3.1.1. Cono aluvial del río Diamante

Esta unidad formada por el río Diamante, al salir de la Sierra Pintada a la llanura sanrafaelina, está integrada por tres subunidades que presentan características que las diferencias entre sí y que indican / la evolución geomorfológica de un primitivo cono:

- 3.3.1.1.1 Primer Cono
- 3.3.1.1.2 Segundo Cono
- 3.3.1.1.3 Tercer Cono o Cono Actual

González Díaz (1972) distingue solamente una Antigua Llanura Aluvial y la llanura aluvial propiamente dicha. La primer unidad del citado investigador equivale al Primer Cono del presente estudio, mientras que la segunda involucra a los conos denominados Segundo y Tercero.

3.3.1.1.1 Primer Cono

Actualmente se reconocen solamente relictos elevados cuyo relieve es colinado, ya que constituyen lomadas de hasta 25-30 m de altura. Estas se ubican en las inmediaciones de la localidad de 25 de Mayo (lomas Los Coroneles) y al norte de Las Paredes (lomas de Divisadero). Son lomas/alargadas en sentido oeste-este, con cumbres planizadas, suaves y amplias. La pendiente en general es moderada.

Se trata de conglomerados de origen fluvial, denominados en conjunto Fm. Colonia Los Coroneles por González Díaz (1972).

Su constitución granométrica y litológica es bastante homogénea, reconociéndose como componente principal y dominante a bloques y gravas de metamorfitas, cuarcitas, granito, ortocuarzitas, areniscas, etc. // provenientes de la Cordillera Frontal y Principal. En general se hallan poco consolidados encontrándose cementadas en la base de los afloramientos / por carbonato de calcio. Hacia la cumbre de las lomadas se aprecia una colada basáltica, intercalada, de aproximadamente 2-3 m de potencia. Se la / observa en las cercanías de 25 de Mayo y Colonia Los Coroneles al sur del río Diamante.

Esta unidad se ha desarrollado sobre una superficie de pedimentación elaborada en sedimentitas terciarias.

Por su constitución (conglomerado poliméctico grueso, bien / seleccionado) posee alta permeabilidad, pero por su posición topográfica / elevada no almacena agua en condiciones explotables.

González Diaz (1972) asigna estos depósitos al Neopleistoceno y la diferencia en edad con respecto al Fanlomerado Puesto Moyano al / que asigna al Mesopleistoceno. Sin embargo, se han encontrado evidencias, / en el arroyo seco Pavón, de que ambas unidades formacionales se interdigitan lateralmente. Además el hecho de que ambas formaciones cuaternarias cubren a las sedimentitas terciarias en discordancia angular, permite inferir que serían sincrónicas.

Actualmente los relictos del primer cono se hallan sometidos a un intenso proceso de degradación por erosión fluvial que los han disecado formando lomas.

3.3.1.1.2 Segundo Cono

Se reconoce a esta unidad al pie de las lomas Los Coroneles y Divisadero, extendiéndose hacia el naciente con pendiente moderada a elevada. Su relieve original es suavemente ondulado, reconocible en las zonas / donde no se han implantado cultivos.

Su extensión areal es reducida y se limita a dos franjas situadas: una sobre la margen izquierda del río Diamante abarcando las localidades de Capitán Montoya, Rincón Blanco, Cuadro Graciela y Colonia El // Usillal, hasta la margen derecha del río Seco de La Hedionda.

La otra franja se sitúa sobre la margen sur del río Diamante y se la reconoce en las localidades de Colonia Los Coroneles y Cuadro Benegas.

Hacia el este culmina en un resalto topográfico de unos 10 m de altura diferenciado como escarpa de origen erosivo.

La composición granométrica y litológica de esta subunidad se ha establecido por observación directa del escarpe erosivo y de perfiles de perforaciones. En ambos casos se comprobó que su constitución es semejante a la unidad geomórfica anteriormente descrita (conglomerado grueso, polimíctico parcialmente cementado) pero aquí se observaron intercalaciones de arena y limo-arcilla en mayor proporción que en la unidad anterior.

Este Segundo Cono del río Diamante posee elevada permeabilidad, es el principal acuífero del área y su importancia como tal, aumenta de oeste a este en la medida que se incrementa su espesor.

En zonas incultas, se detectó una delgada capa de arena eólica que no alcanza a constituir un relieve destacable. En las zonas cultivadas, el relieve original de esta unidad ha sido profundamente modificado / por nivelaciones.

Actualmente se destacan sectores donde por erosión retrocedente se está degradando a esta unidad y por lo tanto atacando las zonas / cultivadas. Esto se aprecia en Colonia El Usillal en el río Seco La Nora y en los desagües de arroyos temporarios que descienden de la loma de Divisadero. En esta región se han efectuado trabajos de contención de aluviones a través de un largo y profundo barranco artificial que desvía los torrentes esporádicos hacia el Zanjón La Hedionda. Otro tanto ocurre al sur del río Diamante donde los trabajos de defensa desvían los aluviones hacia el río Diamante y el arroyo El Bote.

3.3.1.1.3 Tercer Cono o Cono Actual

El Tercer Cono del río Diamante se ha formado a partir de la destrucción (por erosión) de los dos anteriormente descritos, más el aporte de materiales de tamaños variables efectuados principalmente por el río Diamante y arroyos secos que erosionan las geoformas antes mencionadas.

A esta tercer forma de agradación se la divide en dos subunidades muy diferentes entre sí por los materiales constituyentes, el relieve y la pendiente:

3.3.1.1.3.a. Sector Apical y Medial

3.3.1.1.3.b. Sector Distal

3.3.1.1.3.a. Sector apical y medial

El Tercer Cono o Cono actual del río Diamante se inicia / en las localidades de Capitán Montoya y Pedro Vargas, desarrollándose sobre ambas márgenes del curso hídrico mencionado, al pie de los resaltos topo- / gráficos donde culmina el Segundo Cono.

Prácticamente toda el área abarcada (desde el río Seco La Hedionda al norte, hasta el río Atuel al sur) presenta actualmente su relieve profundamente modificado por la nivelación efectuada para la implantación de cultivos; solamente se pueden reconocer restos de su antiguo relieve, moderadamente ondulado, en las escasas zonas no cultivadas. Estas áreas, situadas sobre la margen derecha del río Seco La Hedionda, están siendo degradadas por cursos hídricos de corto recorrido y que desaguan en los zanjones de La Hedionda y La Nora.

Granométricamente está compuesta por clastos de tamaño grava con abundantes intercalaciones de arena, limo y arcilla. Litológicamente / se reconocen representantes de Cordillera Frontal y Principal, además de / las rocas que constituyen a la Sierra Pintada. La composición descripta se ha observado en los cortes naturales expuestos en los barrancos y en los / numerosos perfiles de perforaciones existentes en esta área.

La pendiente de esta subunidad varía de fuerte a moderada en dirección oeste-este. En su límite oriental aquella disminuye en forma brusca a lo largo de un frente que, orientado de norte a sur, se extiende desde Colonia Tabanera y Cerrito en la margen derecha del río Seco La Hedionda, hasta la margen izquierda del río Atuel en la zona de Salto de / Las Rosas.

Prácticamente toda la subunidad presenta características de alta permeabilidad, destacándose el área cercana a Isla Diamante como / la de máxima capacidad de infiltración.

3.3.1.1.3.b. Sector Distal

La sección distal del Cono Actual del río Diamante se origina a partir del cambio brusco de pendiente donde finaliza el Sector antes mencionado; se confunde con la Llanura sarafaelina con cubierta de arena / eólica al este.

En esta subunidad se han reconocido dos tipos de relieves

diferentes producidos por una evolución geomórfica distinta. Estas diferencias se destacan en dos sectores: uno de ellos posee un relieve deprimido con bajos amplios, limitados por barrancos y otro semiplanizado a planizado, elevado con respecto al anterior y de mayor extensión areal, situado / al naciente del primero.

Los sectores deprimidos poseen escasa pendiente regional y funcionan como drenes naturales. En superficie tienen depósitos de materiales limo-arcillosos principalmente, lo que impide que el agua pueda infiltrarse rápidamente formándose por tal motivo lagunas temporarias. De // aquí el nombre de Bajos Anegables con el que se los identifica. El agua es curre lentamente hacia los ríos Diamante y Atuel, adonde se vuelcan caudales variables con salinidad alta. En los Bajos Anegables se reconocen a los arroyos temporarios Las Aguaditas y Cañada de Materris al sur del río Diamante mientras que al norte se les da el nombre de Ciénagas Grandes.

La forma actual de estos bajos anegables, se interpreta / proviene de la evolución geomorfológica de antiguos cursos de escurrimiento lineal del río Diamante y/o del Atuel que han tomado el aspecto actual por erosión vertical y lateral de los arroyos antes mencionados.

Al este de la zona descripta se hallan extensas áreas elevadas, intensamente cultivadas y de escasa pendiente regional hacia el naciente. El relieve primitivo es posible observarlo en los escasos sectores no cultivados donde se aprecia una semiplanicie con suaves ondulaciones.

En esta zona los perfiles de perforaciones destacan la // existencia de intercalaciones de arena y limo-arcilla con escasa presencia de grava; en general predomina la arena de origen fluvial.

La permeabilidad superficial del área en cuestión varía / de baja a muy baja.

3.3.1.2. Llanura de Derrame del río Atuel - Cauce Inferior

La Llanura de Derrame del río Atuel reconocida al sureste / del presente estudio forma parte de una unidad de amplitud regional mayor, que se desarrolla desde la línea de Villa Atuel-Real del Padre, hacia el / sur. Se destaca por su pendiente reducida en dirección al sur-sureste y su relieve semiplanizado a planizado.

Prácticamente toda el área reconocida se halla con relieve /

modificado antrópicamente por cultivos. En las zonas donde tal situación / no se verifica se aprecia el relieve primitivo como así también su constitución superficial en la que predominan las fracciones arena y limo-arcilla. Esto produce una notable disminución de la permeabilidad superficial; en profundidad, no obstante, existen espesores acuíferos importantes con / rendimientos y composición química variables.

Hacia el norte y oeste del área descripta se verifican acumulaciones de arena eólica de espesores moderados.

3.3.2. Llanura aluvial sanrafaelina con cubierta de arena eólica

Los sectores de la llanura sanrafaelina con cubierta de arena eólica se caracterizan por el espesor y desarrollo de las formas típicas de tales acumulaciones; se diferencian tres subunidades de acuerdo al espesor de la cubierta arenosa, a saber:

3.3.2.1. Espesa

3.3.2.2 Mediana

3.3.2.3. Reducida

3.3.2.1. Cubierta de arena eólica espesa

La cubierta de arena eólica espesa se distribuye arealmente / en forma irregular. No posee formas, ni orientación definidos, el área // puede denominarse "Mar de Arena" y el relieve es de tipo colinado.

En esta enorme masa de acumulación arenosa (Médanos de Picardo), fijada por una profusa vegetación arbustiva y cactácea, existen bajos o intermédanos de extensión areal variable en cuya superficie se depositan materiales limo-arcillosos. Estas acumulaciones pelíticas se originan por el lavado de las masas arenosas de la época de lluvias. En estos bajos el desarrollo vegetal es exiguo.

Hacia la margen derecha del río Atuel y provenientes de los / médanos existen sectores alargados denominados por los lugareños "Cañadas" (lámina 1) que cumplen la función de transportar los desagues de agua pluvial infiltrada en los médanos.

En la zona comprendida entre las localidades de Real del Padre y Monte Comán, se reconocieron masas de médanos distribuidas saltuariamente, con características semejantes a los de Picardo aunque de menor altura.

Otra zona donde se los ha mapeado es la faja que se sitúa entre las localidades de Colonia Elena y La Llave Vieja hasta el norte de // Monte Comán. En esta zona los médanos no son tan elevados como los descritos anteriormente.

Sobre el límite noreste del presente estudio se destaca una extensa área cuya cubierta de arena eólica responde a las características de los médanos de Picardo. Se diferencian zonas muy localizadas y distribuidas en donde el médano adquiere formas elípticas asemejándose a los denominados barchans o barjanes. Estas geoformas presentan hacia sotavento / una cuenca de deflación y hacia barlovento crestas arenosas de hasta 30 m de altura. El sector deprimido posee cubierta de arena escasa y depósitos de limo-arcilla ya que actúa como cuenca centrípeta de desagüe, con la formación de lagunas temporarias.

Estas formas de acumulación eólica se caracterizan por la escasa vegetación que las cubre; esto significa que son sectores donde el médano se ha reactivado. También se destaca la orientación aproximadamente / noroeste-sureste que estaría indicando la dirección predominante de los // vientos en la zona oriental de la llanura sanrafaelina.

3.3.2.2. Cubierta de arena eólica mediana

La región de la Llanura sanrafaelina con cobertura de arena eólica mediana posee relieve suavemente ondulado, contiene médanos no orientados, formas diversas y alturas no superiores a los 15 m (predominan médanos de unos 5-7 m). Las crestas medanosas se hallan separadas entre sí por amplios bajos que cumplen la función de cuencas internas, donde desaguan / pequeños cauces que drenan a los médanos en la época de lluvias. Allí se / forman lagunas temporarias que luego por evaporación e infiltración dejan en el fondo depósitos de limo-arcilla con sales de tipo evaporíticas.

El área cubierta por estas acumulaciones eólicas se distribuye en una amplia faja al este del área en estudio, en el límite oriental / de Colonia Las Malvinas y en una franja amplia al sur del río Atuel entre las localidades de Negro Quemado y Jaime Prats.

En las dos últimas áreas mencionadas se observan cursos hídricos que se van alargando por efecto de erosión retrocedente y captura / de barreales. Este efecto erosivo ha ocasionado la disminución de los espesores medanosos que primitivamente debió haber sido de igual envergadura //

que las montañas de médanos que los circundan.

En estos sectores la cubierta vegetal que ha fijado al médano es de cierta importancia.

3.3.2.3. Cubierta de arena eólica reducida

Las zonas de la llanura sanrafaelina que presenta una cubierta de arena eólica reducida, están localizadas en dos sectores asociados a áreas de descarga de arroyos temporarios. Tales zonas son las situadas al norte de Monte Comán y al este y noreste de la Estación Villanueva. En // ellas se observan acumulaciones de arena eólica de reducido espesor y médanos de alturas reducidas (unos 3 a 5 m), escasamente orientados y con formas no definidas. El relieve de estas áreas es semiplanizado a suavemente/ondulado, Destacándose la presencia de amplios bajos.

La existencia de estas zonas con cubierta medanosa escasa hacia el naciente de las áreas de descarga de los ríos secos La Hedionda, Las Peñas y otros, estaría relacionado bien a un proceso de avance de la cubierta de arena eólica o a la degradación de la cubierta como efecto de los periódicos derrames de los arroyos y ríos temporarios que desaguan en las // cercanías.

Los sectores de la llanura sanrafaelina con cubierta de arena eólica poseen permeabilidades altas a medianas y contienen localmente / al acuífero freático, este presenta su mayor expresión, en cuanto a espesores saturados se refiere, en las subunidades de cubierta espesa y mediana. Se destaca particularmente las áreas del norte del río Diamante y Médanos de Picardo.

3.3.3. Cursos hídricos

Dentro de la Llanura sanrafaelina se identificaron geoformas angostas, deprimidas, que constituyen valles fluviales de cierta magnitud, distribuidos a partir de la vertiente oriental de la Sierra Pintada con // rumbos variables, pero con predominio de la orientación oeste-este.

Para una mejor comprensión de su origen y formas actuales se los clasifica en:

3.3.3.1. Actuales

3.3.3.2. Relictos

3.3.3.1. Cursos hídricos Actuales

Los cursos hídricos actuales son aquellos valles fluviales / que están actualmente erosionando a las geoformas anteriormente descriptas. De acuerdo a su carácter se los diferencia en:

3.3.3.1.1. Permanentes

3.3.3.1.2. Temporarios

3.3.3.1.1. Cursos hídricos actuales permanentes

Como ríos permanentes sólo se incluyen a los ríos Diamante y Atuel que después de atravesar a la Sierra Pintada, donde excavan profundos y angostos cauces, desembocan en la llanura sanrafaelina. En ésta, por acumulación de los materiales transportados originan las geoformas descriptas con anterioridad (Conos del Diamante y Llanura de derrame del Atuel).

Dado que ambos ríos se comportan en forma diferente con respecto a la Llanura Sanrafaelina se los analiza separadamente.

3.3.3.1.1.a. Río Diamante

El río Diamante tiene su origen en las cordilleras Frontal y Principal, atraviesa la Sierra Pintada y desemboca en la localidad de Villa 25 de Mayo.

Actualmente el curso de este río está horadado en sedimentos del Terciario denominadas Formación río Seco del Zapallo y Aisoi, en el tramo comprendido entre la vertiente oriental de la Sierra Pintada y las localidades de Las Paredes-Pedro Vargas; en dicho sector se destacan barrancas de unos 20-25 m de altura sobre la margen sur y un amplio valle sobre su margen norte.

En la zona montañosa, entre el Cerro Mesón y la desembocadura del arroyo El Tigre (unos 15 km), desciende de cota 1200 a 900 m con una pendiente promedio del 2%; como consecuencia de ello son elevadas su velocidad de escurrimiento y capacidad erosiva, manifestadas en su cauce estrecho y profundo.

En el área de 25 de Mayo sobre un tramo de 17 km, extendido entre las cotas de 900 y 815 m se verifica una notable disminución del gradiente medio (0,5%), perdiendo competencia con acumulación de materiales gruesos. En este sector el río reelaboró sus niveles antiguos de aca-

rreo, circula sobre su pedimento original y se supone que acumula y erosiona material cíclicamente.

Al ingresar a la llanura sanrafaelina (Segundo y Tercer / Cono), a la latitud de Las Paredes-Pedro Vargas, varía su sentido de escurrimiento oeste-este que poseía al de sureste, recorriendo un tramo aproximado de 22 km (entre cotas de 815 y 652 m) con un gradiente del 0,75%. El cambio de orientación señalado es la resultante de las componentes topográficas oeste-este (0,9%) y norte-sur (0,4%) que se manifiestan en este sector, en el que además, y como consecuencia del incremento de pendiente el río reactiva parcialmente su capacidad de erosión y transporte con acarreo de material grueso.

Aforos efectuados en la estación Los Reyunos (Villa 25 de Mayo) y la sección de Puente Nuevo (al este de Isla Diamante), manifiestan una pérdida en el caudal del orden del 18% (Alonso Antón y Martinis 1978), que sitúa a este tramo como el que aporta los mayores volúmenes de recarga a la cuenca subterránea.

Entre la Isla Diamante y Alto Algarrobal, el curso hídrico en análisis, cambia nuevamente de rumbo, escurriendo con sentido aproximado sureste-noreste y una pendiente media de 0,4%, resultante de las componentes topográficas norte-sur (0,04%) y oeste-este (0,62%).

En este tramo se verifica el pase del sector medial al // distal del tercer cono aluvial.

La progresiva disminución de gradiente que se manifiesta en los dos últimos tramos analizados, posee correspondencia con el también progresivo pase a sedimentos de menor selección, tal como se diferencia en los perfiles litológicos de perforaciones.

En coincidencia con los sectores medial y distal del tercer cono, se destacan los denominados "bajos anegables" que presentan una cubierta pelítica de baja permeabilidad. En esta zona se produce la intercepción de la superficie piezométrica con la topográfica y la consiguiente descarga del agua subterránea.

Desde Alto Algarrobal y hacia el nacimiento el cauce del / río Diamante se ensancha y se torna meandrroso, debido a que en un tramo de 35 km desciende de cota 570 a 485 m, con pendiente media de 0,24% con la / depositación de material fino.

3.3.3.1.1.b. Río Atuel

El río Atuel tiene sus nacientes en las cordilleras Frontal y Principal y escurre con rumbo aproximado noreste-sureste hasta su ingreso en el embalse de El Nihuíl, desde donde se dirige al noreste, atravesando la Sierra Pintada para desembocar en la llanura sanrafaelina a la latitud de Rincón del Atuel-Cerro Negro.

En el área montañosa, al oeste de Ing. Ballofet, en un tramo de 12 km el río escurre con una pendiente media del orden del 2%, // descendiendo de cota 900 a 650 m. Debido a este elevado gradiente, posee / fuerte capacidad erosiva que se manifiesta en la estrechez y profundidad / del cauce excavado en rocas de elevada competencia (riolitas, basaltos, // ignimbritas, etc.).

A partir de Ing. Ballofet, se dirige con rumbo oeste-este hasta la localidad de Villa Atuel. En este recorrido se diferencian dos // gradientes, uno comprendido en el tramo que media entre Ing. Ballofet y / Puente Cañada Seca (17 km), con una media del 0,38% (entre cotas 650 y 585m), y otro desde Puente Cañada Seca hasta Villa Atuel (27 km) de 0,27% (entre cotas 585 y 512 m). Entre Villa Atuel y Jaime Prat, el río Atuel desciende de cota 512 a 480 m, escurriendo hacia el sureste; la pendiente media decrece al 0,17%. Este bajo gradiente favorece la divagación y ensanchamiento de su cauce.

Un hecho destacable referente a la evolución de los gradientes sucesivos observados en los cursos del Diamante y Atuel, es el hecho que a pesar de la semejanza que manifiestan no existe similar correspondencia en la granulometría de los sedimentos acumulados por ambos, ya / que se ha observado la ausencia de la fracción psefítica más gruesa y una disminución relativa de la más fina, en los depósitos proximales del Atuel.

Avalando a lo expresado precedentemente en el sector comprendido entre el Arroyo Las Aguaditas y el río Atuel el análisis de los / perfiles de pozos, muestra en profundidad (por debajo de 10-15 m) que el / relleno cuaternario se encuentra integrado por conglomerados y gravas de color y tamaño semejantes al de la formación Colonia Los Coronales, depositada por el río Diamante. Las variaciones entre los depósitos superficiales de ambos ríos, nos estaría indicando que el Atuel ha tenido una historia geológica diferente. Los materiales existentes en superficie denominados por González Díaz (1972) como formación Villa Atuel, asignados al Holoceno superior y que cubren a los depósitos del río Diamante, estarían demostrando que su accionar en la Llanura sanrafaelina es más moderno.

Otro hecho que contribuye a reforzar tal hipótesis es que a igual longitud geográfica del río Atuel escurre siempre a menor cota topográfica que el Diamante. Así a lo largo de la coordenada de 2.556.000 la diferencia de cota es de aproximadamente 50 m, en la coordenada 2.568.000 la diferencia es de 30 m, reduciéndose hacia el este a valores de 5 m aproximadamente. Es decir el río Atuel se halla controlado por el cono del río Diamante en su margen norte y por el Cerro Negro y Los Médanos de Pícardo en la margen sur.

3.3.3.1.2. Cursos hídricos actuales temporarios

Los cursos hídricos temporarios más destacados en la Llanura sanrafaelina son de norte a sur: Las Peñas, El Chancho, La Hedionda y La Nora. De éstos se ha mapeado a los tres últimos. Con respecto al primero, sólo se ha diferenciado su área de descarga situada al este de la localidad de Arístides Villanueva.

3.3.3.1.2.a. Río Seco Las Peñas

Este río temporario drena el extremo norte de la Sierra Pintada desde donde se dirige al este variando su pendiente de la siguiente manera: entre la Sierra Pintada y la confluencia con el río Seco de Las Huaiquerías pasa de 1.500 a 935 m en un trayecto de 43 km de longitud, con pendiente promedio de 1,30%; hacia el nacimiento desciende de cota 935 a 550 m en 46 km de recorrido con pendiente promedio de 0,8%. En sus desagües al este de Arístides Villanueva la pendiente debe reducirse notablemente pero no se tienen datos de topografía como para cuantificarla.

En sus cabeceras y cauce medio el arroyo Las Peñas erosiona principalmente limolitas, areniscas, arcilitas, tobas, etc. asignadas al Terciario (Tunuyanense de Polanski) y algunos depósitos cuaternarios poco consolidados; esto produce arrastres de granometría predominante limo-arcillosa-arenosa con elevada cantidad de sales.

3.3.3.1.2.b. Ríos secos El Chancho y La Hedionda

Los ríos temporarios El Chancho y La Hedionda nacen en la vertiente oriental de la Sierra Pintada; son colectores de gran cantidad de ríos y arroyos menores, transportando agua en forma de torrentes en la época de lluvias.

En conjunto ambos ríos descienden desde cota 1.700 m, en sus cabeceras, hasta cota 750, en su confluencia al norte de la Colonia El Usillal, en un tramo de 48 km determinando una pendiente del 2%. Tal valor indica que ambos escurren con gran velocidad y por tanto tienen gran capacidad erosiva, manifestándose en cauces angostos y profundos.

Desde la confluencia antes mencionada hasta Colonia Española el río La Hedionda descienden desde cota 700 a 570 m en un trayecto / de 20 km con una pendiente promedio de 0,65%.

Comparando las pendientes de los sectores analizados se / destaca la diferencia de valores entre ambas, lo que determina en el segundo caso que el curso hídricos adquiriera mayor divagación u amplitud de / cauce, produciendo depositación de arenas con limo-arcilla.

Desde Colonia Española hacia el este se forma una llanura de inundación conocida en el sector sur como Ciénaga Resolana; en ésta desemboca también el arroyo La Nora. La variación de pendiente es del orden del 0,2% en promedio ya que en aproximadamente 15 km se pasa de cota 575 a 545 m.

Por tratarse de un área casi sin pendiente regional, planizada, se han formado numerosos cauces terminales y áreas de depositación de materiales pelíticos con eflorescencias salinas en superficie

3.3.3.1.2.c. Río Seco La Nora

El río La Nora es de menor relevancia que los anteriores por longitud y capacidad erosiva. Sus nacientes se ubican en Lomas del Divisadero al noreste de Villa 25 de Mayo, con rumbo oeste-este se dirige hacia Colonia El Usillal, desde ésta gira al noreste hasta las cercanías del Zanjón La Hedionda, desde donde cambia de orientación dirigiéndose hacia / Colonia Tabanera, ingresa a los Bajos Anegables y luego desemboca en Resolana,

A lo largo de su recorrido sufre variaciones de pendiente, las que fueron analizadas con los resultados siguientes:

1. Tramo entre Divisadero y El Usillal, pasa de cota 875 a 680 m en 16,5 km de longitud con pendiente promedio de 1,2%

2. Tramo entre El Usillal y La Hedionda, desciende de cota 680 a 645 m en 5,5 km con una pendientes de 0,6% en promedio.

3. Tramo entre La Hedionda y Colonia Tabanera, la pendiente promedio es de 0,7% ya que en 11 km de recorrido pasa de cota 645 a 570 m.

4. Tramo Colonia Tabanera a Resolana, pasa de cota 570 a 555 m en 7,5 km de recorrido con una pendiente de 0,2% en promedio.

Los tres primeros sectores poseen fuerte pendiente, con la correlativa capacidad de erosión vertical, razón por la cual el cauce es / profundo y angosto. Los materiales que transporta no superan el tamaño grava por cuanto este río temporario erosiona la Formación Colonia Los Coroneles en prácticamente todo su recorrido.

La variación brusca de pendiente en Colonia Tabanera se / debe al quiebre topográfico de carácter regional analizado al describir los Conos del río Diamante y de cuya consecuencia resultó el ensanchamiento de cauce observado en este tramo; la pérdida de poder de transporte con la depositación consecuente de materiales predominantemente limo-arcillosos que impermeabilizan el talweg del curso y de las superficies de derrame facilitan la formación de lagunas temporarias que dificultan el drenaje hacia Resolana.

En estos sectores, denominados Bajos Anegables el agua acumulada se evapora, precipitando sales en cantidad variable.

3.3.3.2. Cursos hídricos relicticos o abandonados (láminas 3, 4 y 5)

Los cauces relicticos o abandonados que se han reconocido se sitúan en la parte medial y distal del Cono Actual del río Diamante (Tercer cono).

Al sur del río Diamante, extendiéndose desde las proximidades de Isla Diamante hasta Salto de las Rosas, se reconocieron dos sectores orientados de noroeste a sureste con formas de antiguos cauces de escurrimiento superficial y que actualmente se denominan Arroyo del Medio y Arroyo San Rafael. Su longitud es de aproximadamente 10 km y descienden de cota 660 a cota 600 m con una pendiente promedio del 0,6%.

Según se desprende del análisis de los fotogramas, imágenes satelitarias, hojas topográficas y control de campo, las vías de escurrimiento relicticas mencionadas desembocaban en el arroyo Las Aguaditas y Cañada Materris, encontrándose actualmente desconectados. De lo expuesto se

desprende que los cursos hídricos mencionados en última instancia, serían también Cursos Relícticos del río Diamante pero que por evolución geomórfica posterior han adquirido la fisonomía que actualmente presentan.

Asimismo sobre la margen izquierda del río Atuel se han reconocido tramos de corta longitud de las geoformas analizadas.

En la Sección Distal del Tercer Cono del río Diamante y en la Llanura sanrafaelina con Cubierta de Arena Eólica se diferencian también numerosos tramos de Cauces Relícticos, de orientación y longitud variables. Deberían su origen a la divagación del río Diamante los manifestados hasta la latitud de Villa Atuel y Real del Padre, aún cuando es también válido / suponer que tuvieron su origen en el río Atuel. Esto se estima que ha ocurrido con los relíctos localizados a partir de las localidades antes mencionadas hacia el sur.

En la lámina 2 se destaca que la mayor concentración de cursos hídricos relícticos reconocidos se encuentran a partir de las localidades de Alto Algarrobal, Goudge y Colonia Atuel hacia el este.

Este hecho se explica en los bajos gradientes regionales // promedios que registra la zona (0,24% hacia el noreste y 0,21% hacia el sud este), convertida por tal circunstancia en área de éxplayamiento.

En cambio, el río Atuel, por el control que posee sobre su / margen izquierda, y porque su gradiente hacia el sureste (de 0,2% término medio) habría visto dificultado su desplazamiento en la última dirección señalada, razón por la cual se atribuyen a este curso hídrico actual el ori gen de las geoformas en análisis que se han diferenciado en las cercanías / de Real del Padre principalmente.

En la Llanura de Derrame del río Atuel sólo se manifiesta / en forma evidente un tramo de curso relíctico. No obstante es probable la existencia de otros, cuyas manifestaciones superficiales han sido enmascaradas por el laboreo agrícola.

La segmentación que se observa en los paleocauces señalados en la Llanura Sarafaelina con Cubierta de Arena Eólica, obedece a que las geoformas analizadas han sido cubiertas parcialmente o totalmente por médanos.

3.3.4. Construcciones antrópicas

Sólo se han reconocido las obras culturales más significativas tales como poblaciones, vías férreas y viales, autódromos, aeródromos, etc.

De todas ellas las de mayor relevancia son los aglomerados / urbanos por su potencial poder contaminante del agua circulante en superficie y de los niveles freáticos.

3.3.5. Explotaciones mineras

Las explotaciones mineras que se han reconocido se hallan ubicadas principalmente en Villa 25 de Mayo y en las barrancas del río atuel.

Las situadas en 25 de Mayo son canteras de canto rodado, arena y arcilla que se extrae para la construcción del núcleo y espaldones de la muralla del dique Los Reyunos. En cambio las localizadas en las barrancas del Atuel, en las cercanías de Colonia Atuel Norte, se dedican a la extracción de canto rodado y arena para la construcción.

Han sido cartografiadas exclusivamente las canteras situadas en 25 de Mayo por su expresión areal significativa.

CAPITULO III. Análisis de Subsuelo

1. INTRODUCCION

La investigación del subsuelo incluyó procedimientos directos e indirectos. En el primer caso, se ejecutaron siete (7) perforaciones de exploración (SR-2 a SR-8) con un total de 2.206 m perforados. El método indirecto abordado es el de sondeos eléctricos verticales (S.E.V.). La ubicación de pozos, sondeos geoeléctricos y de los cortes de subsuelo integrados con dicha información se ilustra en lámina 6. Se registraron 190 S.E.V. con línea de emisión $AB = 2.000$ m y $AB = 3000$ m, con una separación promedio entre sondeos de unos 2.000 metros. El área cubierta por la prospección geoeléctrica es de unos 3.100 km^2 , de lo que resulta una densidad no ponderada del orden de 1 S.E.V. cada 16 km^2 .

La metodología empleada para la interpretación de la información eléctrica obtenida es la siguiente:

- Interpretación cualitativa: En esta etapa preliminar se / examinaron las curvas de campo mediante la construcción de cortes de resistividad aparente (en función de la semiseparación electródica $AB/2$) y de perfiles de variación de puntos característicos de las curvas. Las / curvas obtenidas son en general de tipo HK (Gráfico 1), lo que permitió la construcción de perfiles elocuentes sobre la variación de la abscisa y ordenada de los puntos máximos y mínimos.

Tales perfiles fueron de utilidad debido a que suministra- / ron información preliminar acerca de probables cambios de facies, estructuras, variaciones eléctricas laterales, etc.

- Interpretación cuantitativa: Para la determinación de los parámetros de los cortes se emplearon el método del Punto Auxiliar (Método de Ebert) y los ábacos de tres capas de la colección de Omilius y Mundry.

Las interpretaciones fueron procesadas por computadora IBM 4331 mediante el programa FRISTCH 69, corrigiéndose los parámetros interpretados las veces necesarias hasta obtener un corte geológicamente aceptable y analógicamente compatible con la curva experimental.

La información obtenida permitió la construcción de 19 cor-

tes de subsuelo, que en general adolecen de falta de información directa, ya que los únicos pozos que atraviesan el espesor total del relleno aluvial son los de exploración ejecutados dentro del Convenio. A ellos se suma la información obtenida del pozo SR-1, perforado por el CRAS en 1980 en la zona de Cuadro Nacional (Corte 37, lámina 9). Los cortes mencionados se ilustran en láminas 7 a 14 (Anexo 2). Se prepararon también dos mapas / de subsuelo: uno estructural, con curvas de nivel del techo del horizonte conductor profundo (H.C.P), y otro isopáquico referido al relleno aluvial resistivo (Láminas 16 y 15, Anexo 2).

2. CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS CURVAS S.E.V.

En términos generales los cortes de resistividad aparente / presentan un diseño de líneas paralelas o subparalelas con algunas inflexiones leves y una serie de máximos cerrados referidos a un $AB/2 = 300 - 400$ metros. El grado de distorsión de las curvas se atenúa rápidamente hacia abajo, obteniéndose isolíneas prácticamente paralelas a la superficie topográfica (Láminas 11 a 7).

Esta distribución regular de las isolíneas induce a pensar / que el subsuelo no presenta cambios laterales bruscos, ya sean faciales, / tectónicos o de salinidad, sino más bien que tales variaciones se verifican de manera gradual.

Sin embargo existen algunas excepciones observadas en los extremos sur de los cortes 3 y 39 y en el sector central del 23, los cuales serán tratados en su momento (Láminas 10, 12 y 7).

Los perfiles de variación de la abscisa del punto máximo // ($AB/2$), que grafican con aproximación la marcha de la posición de la base del paquete o nivel resistivo que lo provocó (rama K o derecha, gráfico 1) también muestran una marcada horizontalidad (Corte 22, lámina 11). Las inflexiones que se observan generalmente son provocadas por la influencia de la variación brusca del espesor y/o resistividad de los niveles conductores que lo suprayacen.

Los perfiles de variación de la ordenada (ρ_a) del punto máximo esbozan las variaciones de resistividad del paquete resistivo en tanto no existan cambios fuertes del espesor (Corte 22, lámina 11).

Del análisis de tales perfiles surge que para la zona Norte

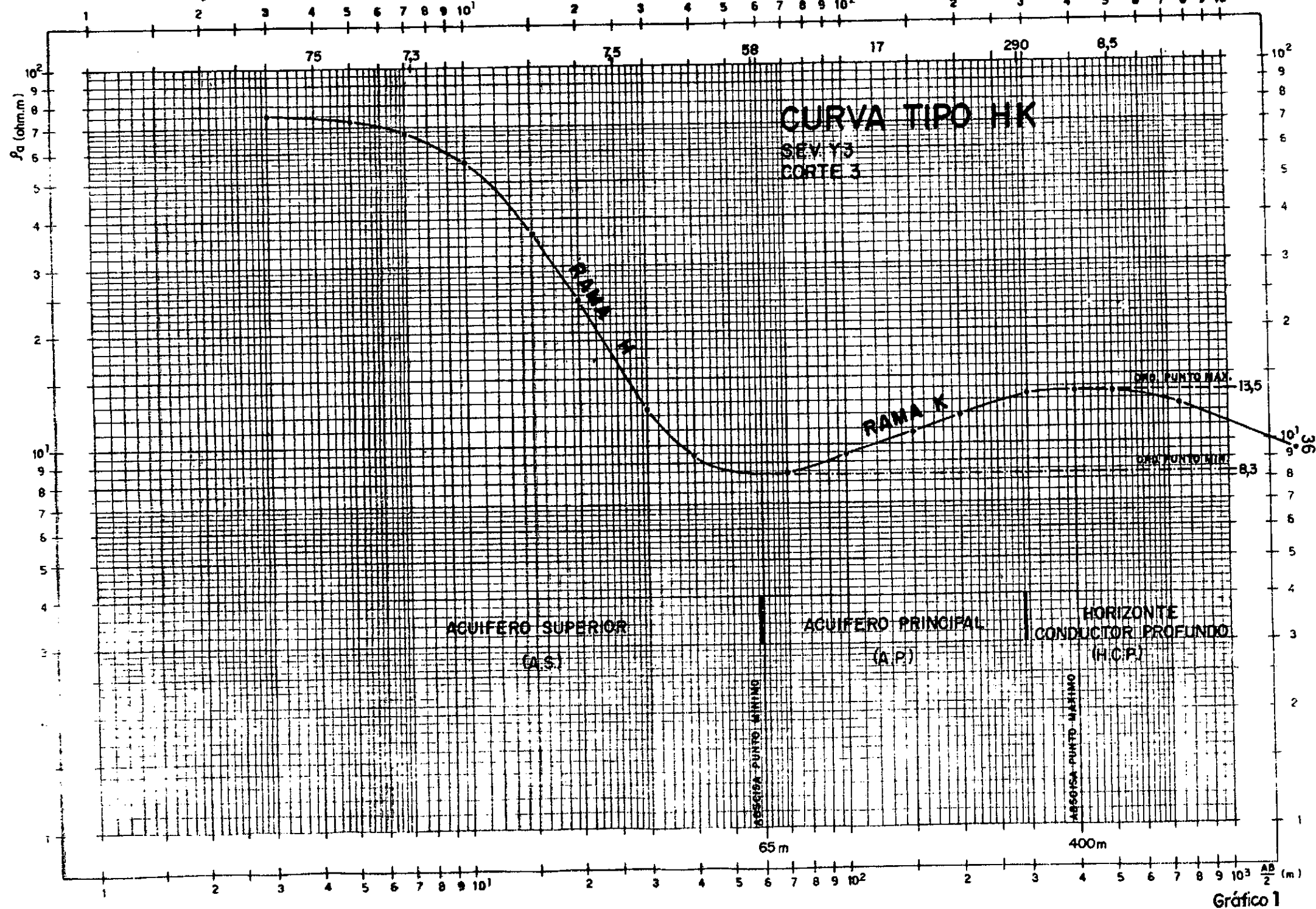


Gráfico 1

se puede esperar que la resistividad del nivel resistivo disminuya, en / términos generales, en sentido N-NE-E, en forma aproximadamente radial. Para la zona Sur, por el contrario, la variación de la ordenada del punto máximo indica la presencia de un sector central de mayores resistividades, siempre referidas al nivel de ρ_a máxima (rama K).

Como ya se mencionara, las curvas de isorresistividad correspondientes a los cortes 3, 39 y 23 (láminas 10, 12 y 13), se apartan del patrón de uniformidad general. Los cortes 3 y 39, de rumbo N-S muestran, hacia el sur, una pronunciada deformación de las isolíneas en profundidad. En el corte 23, transversal a los anteriores, queda así delimitada una profunda cubeta entre los SEV V_{12} y V_{20} . Los perfiles de la abscisa del máximo también muestran una deformación del mismo orden, pero ello no ocurre con el valor de la ρ_a . Ello permite suponer, en consecuencia, un fuerte incremento de espesor de la capa resistiva asociada a la rama K de estos SEV.

La rama H (rama izquierda) de las curvas de campo fue examinada a través del corte de resistividades aparentes y principalmente / por los perfiles de variación de la ordenada (ρ_a) y abscisa del punto mínimo (Corte 22, lámina 11). Tales perfiles señalan que, para la capa conductiva asociada, no existiría una dirección dominante de variación. De todas maneras los menores valores de ρ real se localizan en el extremo NE de la zona Norte.

El espesor de la capa asociada a la rama H, tal como lo / muestra el perfil de la abscisa del mínimo, resulta sumamente irregular.

3. ANÁLISIS DE LOS CORTES E INTERPRETACION HIDROGEOLOGICA.

Los cortes de subsuelo ya mencionados figuran en las láminas 7 a 14, que se incluyen en el Anexo 2 . En adelante nos referiremos a los cortes directamente por el número con que han sido identificados. Como puede observarse, los cortes son esquemas simples basados // principalmente en los datos geofísicos de los S.E.V., con cierto apoyo / de los perfilajes eléctricos en su caso. La información litológica es sumamente escasa, por lo que se ha preferido evitar representaciones aún / esquemáticas de la litología y granometría del subsuelo. Con mayor razón, porque la resistividad parece responder principalmente a los cambios de conductividad del agua más que a las variaciones litológicas.

No obstante ello, la información reunida permitió distinguir, con algunas reservas, tres capas principales, a las que se ha asignado nombres prácticos. De abajo hacia arriba se ha podido separar: a) el Horizonte Conductor Profundo (H.C.P.) del que sólo se conoce su techo; b) el Acuífero // Principal (A.P.) apoyado en el anterior, que ha sido objeto principal de la exploración por perforaciones, y c) el Acuífero Superior (A.S.), que / reúne todas las capas suprayacentes al horizonte anterior sin tener en / cuenta las variaciones laterales de resistividad. Estas denominaciones / se usarán en adelante sólo a los fines prácticos y no implican definiciones precisas en el estado actual del conocimiento.

3.1. Horizonte Conductor Profundo (H.C.P.)

En cuanto a su litología y posición batimétrica es necesario remitirse a las descripciones litológicas y a los perfiles eléctricos debido a que, aparentemente, su conformación litológica está lejos de ser uniforme.

3.1.1. Pozo SR-2 (Corte 22)

A los 250 m de profundidad se verifica en las curvas de SP (Potencial Espontáneo) y R (Resistividad) del perfilaje eléctrico un estrechamiento continuo de ambos registros hasta fondo de pozo.

Para igual tramo la descripción litológica acusa ausencia / de gravas y predominio de materiales finos (arcilla y limo) cementados, en una relación del 30-50 %.

La interpretación de los SEV C_5 y C_6 , vecinos al pozo, arrojó los siguientes datos: profundidad: 260 m; ρ : 5 ohm.m; profundidad: / 270 m; ρ : 13 ohm.m respectivamente.

3.1.2. Pozo SR-3 (Corte 39)

El perfilaje eléctrico de este pozo no es de utilidad puesto que se debió agregar cal al lodo de inyección. Esto trajo como consecuencia un registro defectuoso e ininterpretable. La única evidencia que permite presumir haber detectado al H.C.P. aproximadamente a los 300 m, / es el incremento de la fracción arena muy fina, limo y arcilla (30 %) respecto de los terrenos situados por encima. De todas maneras entre los / 300 y 315 se continuó encontrando niveles de gravas y arenas.

Este pozo coincide con el SEV D₄ el cual indicó el pase al H.C.P. a los 300 m con un valor de 10 ohm.m de resistividad.

3.1.3. Pozo SR-4 (Corte 21)

Considerando que el registro de SP está invertido, se observa un estrechamiento sostenido de ambos registros (SP y R) a partir / de los 304 m hasta fondo de pozo (316 m). Asimismo, las proporciones de limo + arcilla por debajo de los 304 m trepan a 30-45 %, mientras que por encima de aquella profundidad no se detectan tramos continuos importantes con tenores semejantes de materiales pelíticos. El SEV B₅, alrededor al pozo, arrojó una profundidad al H.C.P. de 300 m y una resistividad de 7 ohm.m.

3.1.4. Pozo SR-5 (Corte 20)

En el perfilaje eléctrico se observa que ambas curvas a / los 308 m comienzan a detectar un mayor número de intercalaciones arcillosas de 1 a 3 m de potencia que interrumpen niveles resistivos y permeables de 4 a 10 m de espesor.

Hasta los 292 m el registro de SP está invertido. Desde allí hasta fin de pozo desaparece tal inversión. Dado que el lodo de inyección tenía una conductividad específica de ≈ 3800 micromho/cm, el agua, si la hubiere, y/o los terrenos existentes por debajo de aquella profundidad presentan un comportamiento eléctrico distinto a los suprayacentes. De existir agua por debajo de los 290 m probablemente tenga una salinidad semejante o superior a la del lodo.

El cronometrage de la perforación indica para los terrenos suprayacentes a los 309 m, una relación constante de 5 minutos por metro; por debajo de los 309 m la curva de penetración comienza a oscilar llegando repetidamente a 10 minutos por metro y el parte del perforista indica para este sector y hasta el fin de pozo "arcilla roja con escasa arena fina". El examen granométrico no indica un aumento repentino de arcillas y limos, salvo que a partir de los 306 m aparecen 6 paquetes de 2 m c/u con tenores superiores al 40 % de arcilla, limo y arena muy fina, siendo el color pardo rojizo. Si bien por encima de los 306 m existen niveles arcillosos, éstos presentan un estado de oxidación menor (color pardo claro).

Este pozo se practicó en coincidencia con el SEV A_6 ; su interpretación es la siguiente: profundidad: 290 m, resistividad 10 ohm.m.

El grado de consolidación de las pelitas parece no ser un elemento privativo de alguna profundidad en particular puesto que se encuentran niveles consolidados muy delgados, distribuidos a lo largo de la sección atravesada.

3.1.5. Pozo SR-6 (Corte 5)

El examen del perfilaje eléctrico acusa una inversión del registro de SP desde 0 m hasta los 262 m de profundidad. Esto implica / que la salinidad del agua de formación es similar o menor que la del lodo de inyección. Por debajo de aquella profundidad la curva de SP se normaliza. Este cambio de comportamiento del SP sugiere que el agua contenida por debajo de los 260 m posee salinidad similar o superior al agua del lodo. Asimismo los niveles permeables por debajo de los 260 m presentan resistividades menores que los suprayacentes.

La columna litológica en cambio, muestra la existencia de un suave cambio de color de pardo claro a pardo rojizo a los 280 m y recién a los 294 m prácticamente se subordinan los niveles arenosos frente a los limo-arcillosos.

El pozo se ubica entre los SEV A_{11} y A_{12} . La resistividad del H.C.P. en ambos puntos es de 7 ohm.m y las profundidades resultantes son de 280 y 260 m, respectivamente.

Expresado en otras palabras tanto el perfilaje como la curva de S.E.V. parecen responder mejor a los cambios de conductividad eléctrica del agua más que a las variaciones litológicas.

3.1.6. Pozo SR-7 (Cortes 17 y 39)

Por debajo de los 265 m la curva de SP pierde casi toda actividad y deja de estar invertida. La curva de resistividad se retrae / hacia la izquierda y sus inflexiones pierden amplitud. En otros términos esto significa que el agua que pudiese existir sería más conductiva que la existente por encima de los 265 m. La curva de SP al perder actividad estaría indicando que el agua de formación puede tener una conductividad semejante al lodo de inyección, que se sabe es de elevada conductividad.

El análisis litológico revela un fuerte cambio de color a / los 270 m. Las muestras pasan de color pardo claro a pardo rojizo; aparecen numerosos fragmentos de limolitas y arcilitas y aún los niveles psefíticos también tienen un elevado tono rojizo.

En este pozo, entonces, aproximadamente a 265-270 m se conjugan dos fenómenos (cambios de coloración y aumento de la conductividad del agua), que corroboran la presencia del H.C.P.. El pozo se realizó a mitad de distancia entre los S.E.V. F2 y F3. Estos arrojaron para el / H.C.P. los siguientes valores de profundidad y resistividad: 260 m - 7 ohm.m y 280 m - 7 ohm.m.

3.1.7. Pozo SR-8 (Cortes 2 y 17)

La curva de SP no presenta buena respuesta, y está invertida hasta los 263 m. Desde allí hasta fondo de pozo (292 m) las inflexiones de ambos registros se oponen. No es necesario repetir las implicancias de este aspecto ya que es válido lo expuesto para el Pozo SR-5 y de más.

A partir de los 258 m las muestras color pardo-claro de / los tramos superiores comienzan a tomar color pardo rojizo. Desde los 270 a 278 abundan las limolitas color gris oscuro, y desde los 278 m a / fin de pozo continúa la presencia de limolitas y areniscas pardo-rojizo.

Este pozo se perforó entre los SEV C_3 y C_4 . Las interpretaciones del H.C.P. dan lo siguiente: profundidad: 260 m, resistividad: 4 ohm.m; profundidad: 265 m, resistividad: 5 ohm.m, respectivamente.

De acuerdo a lo señalado, el H.C.P. en toda la zona de trabajo parece no estar definido de una manera sencilla, puesto que su litología varía desde predominantemente psefítica hasta pelítica. En algunos pozos los perfiles y las muestras indican la presencia de niveles permeables, mientras que en otros sucede prácticamente lo contrario.

El cambio de color tampoco se presenta como un elemento / consistente en todas las perforaciones. Con esto se quiere señalar que no existe ningún argumento que se repita en las 8 perforaciones analizadas, tal que permita tomarlo como elemento de guía. De todas maneras la falta de un argumento común no invalida el hecho de que para cada pozo / existe un número suficiente de evidencias, tal como se expusieron, para

sostener que al menos todos llegaron a perforar el techo de H.C.P.

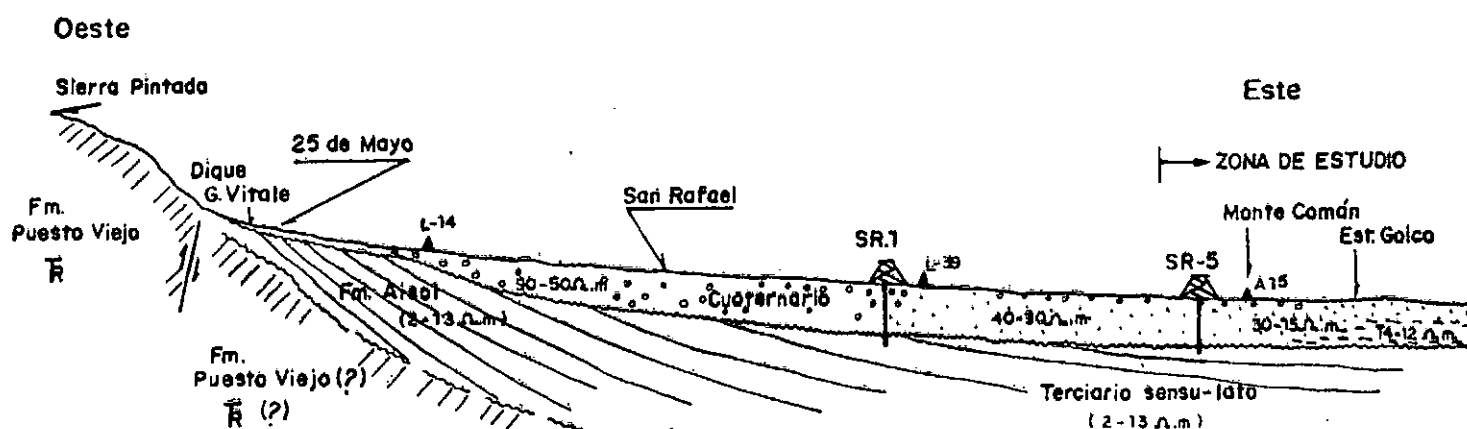
Resumiendo el H.C.P. queda definido como un nivel cuya profundidad varía entre 240 y 310 m y cuyo rango de resistividad es de 2 a 12 ohm.m.

3.1.8. Significado Geológico y Correlación Estratigráfica

Por el momento, en el área de trabajo, no se dispone de argumentos incontrovertibles que permiten datar fehacientemente al H.C.P. desde el punto de vista geológico, por lo que es necesario analizarlo refiriéndolo al contexto regional.

En tal sentido se recurrió a los cortes N° 26 y 20, que conectan la zona de estudio con el borde occidental de la cuenca. En el primero de ellos, Gómez Centurión (1980) consigna a la Fm. Aisol (Terciario) infrayaciendo a los sedimentos cuaternarios. Esta relación es visible en la barranca sur del río Diamante desde el dique G. Vitale hacia el oeste. En función de estos datos y de la continuidad en subsuelo de los valores de resistividad asignados a los terrenos terciarios se propone el siguiente esquema de la relación de yacencia entre los sedimentos cuaternarios y las sedimentitas terciarias.

CORTE ESQUEMATICO DE LA CUENCA



Dado que la faja tectónicamente más activa es la situada / próxima a los afloramientos que constituyen la estructura de la sierra Pintada y tomando en cuenta que las sedimentitas terciarias de la Fm Aisol presentan una clara relación de discordancia angular con los terrenos cuaternarios al pie de dicha sierra, podemos admitir que desde el di que G. Vitale hacia el este, los terrenos cuaternarios continuarían sobrepuestos a sedimentitas terciarias, como lo hace presuponer la constancia del rango característico de resistividades (2-13 ohm.m) de éstas últimas. Pero es probable que la relación de discordancia presente una angularidad cada vez menor según aumenta la distancia a la zona de mayor / actividad tectónica. La superficie de discordancia secciona estratos sucesivamente más jóvenes respecto de la edad asignada a la Fm. Aisol en / afloramiento.

Según este esquema, en la zona de estudio ya quedaría oculta la identificación formacional de los terrenos que soportan al relleno cuaternario puesto que no es posible definir estratigráficamente al basamento conductor solamente por la constancia del rango característico de resistividades. De ahí la denominación de Terciario sensu-lato asignada a este nivel.

Como se puede observar en los cortes de subsuelo, la posición batimétrica del techo de los terrenos terciarios en el área de trabajo es prácticamente constante. Sin embargo en el extremo sur de los / cortes 3,39 y sector central del corte 23 (Real del Padre), existe una / rápida profundización del techo del H.C.P. obteniéndose por geoelectrica una profundidad máxima de 600 m (SEV VI6).

Tal como ya se expusiera en el Capítulo 1 al hablar de los lineamientos tectónicos regionales, existen antecedentes en la bibliografía relativa a los resultados de la exploración petrolera y en los análisis geológico-estructurales regionales respecto a la posible presencia / de un escalón estructural en este sector.

Por comparación de esta información con la obtenida por geoeléctrica en la localidad de Real del Padre, se puede suponer que la mayor acumulación de materiales cuaternarios desde Real del Padre hacia el sur estuvo favorecida por el antecedente depresivo recién señalado. Esta opinión es válida sobre la hipótesis de que no hubiese ocurrido un /

fuerte desplazamiento del eje de la cuenca deposicional actual respecto de la terciaria.

3.2. Acuífero Principal (A.P.)

Lo que sigue es un resumen de los datos extraídos de los 7 pozos de exploración en relación al tramo comprendido entre el H.C.P. y el techo del Acuífero Principal. Este análisis se efectúa con el propósito de interrelacionar los resultados de la interpretación de los perfilajes eléctricos, la descripción litológica, la interpretación de los SEV aledaños a los pozos, la conductividad eléctrica del agua y los resultados de los ensayos de bombeo. Este cúmulo de información será luego utilizada en la interpretación geológica global del acuífero y la definición del mismo.

Antes de pasar al tema propuesto es necesario aclarar el / concepto (o definición preliminar) de "Acuífero Principal": es el tramo de los cortes delimitado por abajo por el techo del H.C.P. y por arriba por una capa generalmente conductora que se extiende prácticamente a to da el área de trabajo.

3.2.1. Pozo SR-2 (Corte N° 22)

En este pozo el A.P. estaría acotado del siguiente modo: piso 260-270 m de profundidad; techo: 50 m de profundidad; (esp.: 210-220 m). Su resistividad media es de 21 ohm.m.

La valoración de la posición del techo requiere del siguiente análisis.

Debido a que el espesor del A.P. está determinado mediante el uso de los SEV, no es posible hacer en él subdivisiones, ya que / en la mayoría de ellos, el AP aparece como un sólo nivel continuo y de resistividad vertical homogénea. Esto no es rigurosamente cierto porque tal como se aprecia en los perfilajes eléctricos, en realidad existen niveles bien diferenciados de otros. El motivo de no poder evaluarlos mediante los SEV, radica en el hecho de que tales subniveles son de esca so espesor o tienen una resistividad intermedia respecto de sus limitantes. En ambos casos esto no produce una deformación significativa de la curva de campo capaz de interpretarse por el método de comparación directa mediante abacos.

La capa que suprayace al AP en toda la zona es generalmente conductora (3-14 ohm.m). En el caso particular del pozo SR-2, cuya ubicación coincide con el SEV C6, no se pudo detectar esta capa conductora. Probablemente se deba a su escaso espesor. Esta opinión se basa en el / exámen del perfilaje eléctrico donde se detecta una delgada capa conductora entre los 48 y 53 m (5 m de espesor) compuesta de arcilla.

El SEV C6 es atípico comparado con el resto de aquellos / que componen el corte N° 22. Como se ve en éste, todos los SEV responden a un corte común, es decir que el límite superior del AP es una capa conductora de unos 30-50 m de espesor, de 4 a 13 ohm.m (bien distinguible en los SEV). Por lo expuesto, el pozo SR-2 y el SEV C6 no son precisamente los más útiles para definir el techo del AP ya que quién define el techo del AP en este punto es una capa más resistiva. De este modo y conociendo los inconvenientes señalados, se concluye asignando al techo del AP una / profundidad tentativa de 55 m. (es decir, la base de la delgada capa arcillosa observada en el perfilaje y las muestras).

El análisis del perfilaje eléctrico indica lo siguiente: / El registro de SP muestra escasa actividad principalmente entre los 55 y 160 m. Esta particularidad estaría relacionada a dos circunstancias. Una de ellas, sería la marcada limo-arcillosidad presente en este tramo, lo que provocaría una caída de permeabilidad. La otra, presumiblemente se deba a la existencia de agua de conductividad semejante o ligeramente mayor que la del lodo de inyección (Ce Lodo = 2190 micromho/cm). Esto último supone debido a que la curva de SP no está invertida. En cambio por / debajo de los 160 m la curva de SP tiene inflexiones más claras y marcadas y se presentan nuevas inversiones. Este aspecto concuerda con el hecho de que el agua obtenida a la situación de los filtros (170 a 199 m) tiene una Ce = 1600 micromho/cm.

Por último haciendo una evaluación preliminar, el espesor / del A.P. se podría dividir en los siguientes tramos:

50 m - 110 m: Posee numerosos niveles delgados impermeables separados por una cantidad semejante de niveles delgados permeables. En lo posible se desaconseja como nivel productor. Predominan los niveles / de limolitas y arcilitas, los niveles tobáceos y los de areniscas semicon

solidadas, principalmente entre los 96 y 106 m.

110 - 160 m: Si bien posee sólo dos niveles de aproximadamente 2 m de espesor de material impermeable, y el registro de R no marca / intercalaciones arcillosas menores incluidas en los tramos permeables, la descripción de muestras indican niveles con alto contenido en limolitas y arcilitas (tramos 126-140 m, y 150-160 m). Además la resistividad es la / más baja de todo el acuífero y la curva de SP no está invertida. Esto pre supone que el agua debe ser la de más baja calidad dentro del A.P., por / consiguiente se desaconseja su explotación.

160 - 200 m: Este tramo fue investigado en su parte superior obteniéndose agua de $C_e = 1600$ micromho/cm. Es un sector favorable para su explotación.

200 - 215 m: Este tramo no es explotable ya que posee según los registros eléctricos y las muestras, niveles con agua de baja resistividad y numerosos paquetes impermeables.

215 - 260 m: Los primeros 20 m presentan buena respuesta al registro R e inversión del SP. Las muestras indican porcentajes bajos de arcillas y limos (17-20 %). Este primer tramo se presenta como favorable a su explotación. Por debajo de los 235 y hasta los 260 m, aunque el tami zado arroja valores de sólo 10 % de arcilla, sin limo, la curva de R es / continua y es una de las más bajas dentro del A.P.; la curva de SP no está invertida por consiguiente se supone que se trataría de un leve aumento en el tenor salino del agua.

3.2.2. Pozo SR-3 (Corte N° 4)

El A.P. en este pozo está comprendido entre los 50 y 300 m de profundidad aproximadamente, por lo que resulta un espesor de 250 m. Su resistividad fue calculada en 26 ohm.m. El pozo coincide con la ubicación del SEV D4 del corte N° 4. Este SEV es de mala calidad por lo que para / calcular la profundidad de la base (300 m) se tomó como referencia el SEV D3 de excelente registro y buen ajuste por computadora.

El techo del A.P. se define a partir de los siguientes aspec tos: salvando los inconvenientes en el registro del perfilaje, menciona-/ dos oportunamente, la curva de SP señala numerosos tramos permeables para

casi todo el tramo 0-50 m y la descripción litológica entre 0 y 24 m acusó un 80-90 % de materiales tamaños gravas a arena fina. Desde 24 a 50 m aumenta el tenor de arcilla más limo y arena muy fina hasta 30-55 %. La curva de R no se inflexiona desde 0-50, lo cual es indicador de aguas de alta conductividad.

El cronometraje de perforación entre los 20 y 50 m alcanzó / repetidas veces los 10 y 15 min./m (contra 5 min./m autorizados), principalmente entre los 40 y 50 m. En resumen, el sector 0-50 m presenta características eléctricas, litológicas y químicas netamente distintas a las / del A.P. las cuales se dan a conocer seguidamente.

Desde los 50 m hasta los 300 m existe una tendencia generalizada de aumento de la arenosidad (con mayor o menor participación de gravas finas y gravillas) con un decremento consecuente de las fracciones limo más arcilla.

Entre 50 y 160 m la respuesta del SP y R señala niveles impermeables o de baja permeabilidad en una densidad algo superior al tramo 160-300 m. Tales especulaciones se verían corroboradas a través del bajo valor de transmisividad obtenido con los filtros ubicados entre los 147 y 162 m ($T = 270 \text{ m}^2/\text{día}$).

Las mejores expectativas del A.P. están vinculadas al tramo 160-300 m (no investigado). Si bien aquí existen niveles impermeables, / éstos aparecen normalmente definidos y el material fino principalmente está segregado y una escasa fracción compondría la matrix de los niveles gravo-arenosos. Los niveles permeables, aunque aparecen en menor frecuencia que en el tramo 50-160 m, ganan individualmente en espesor y grado de permeabilidad.

3.2.3. Pozo SR-4 (Corte 21)

El A.P. se define por los siguientes valores: techo: 70 m, piso: 300 m, resistividad: 25 ohm.m.

En este pozo también es posible realizar una subdivisión / dentro del A.P. El tramo superior se desarrolla entre los 70 m y 205 m. El inferior desde los 205 m y 305 m.

En ambos tramos se destaca el hecho de que las fracciones / arena muy fina más limo-arcilla progradan desde sus bases a sus techos, /

consecuentemente los sectores más favorables se desarrollan en los pisos de los mencionados tramos.

Los registros eléctricos tienen comportamientos marcadamente distintos para cada tramo considerado. En el superior el SP es prácticamente inactivo y está invertido frente a los tramos permeables. En la curva de R los paquetes permeables no aparecen bien definidos ya que / las inflexiones mayores poseen a la vez numerosas inflexiones menores a la izquierda, sugiriendo la presencia de gran cantidad de delgados niveles arcillosos intercalados.

En cambio en el tramo inferior el SP es notablemente activo con inflexiones invertidas marcadas que acompañan fuertes inflexiones de R. Los tramos permeables aparecen con gran amplitud y separados por cuellos arcillosos bien definidos. En este tramo los materiales gruesos y permeables aparecen claramente segregados de los finos. Por lo expuesto, y a pesar de los buenos resultados del tramo superior (Pozo SR-4, filtros: 173-198 m $T = 680 \text{ m}^2/\text{día}$; $C_e = 1520 \text{ micromho/cm}$), se estima que el tramo inferior posee en todo su espesor niveles explotables de buena calidad.

3.2.4. Pozo SR-5 (Corte 20)

En este punto de observación el AP posee unos 230 m de espesor y 17 ohm.m de resistividad (SEV A6 corte 20) su techo se ubica a los 40 m de profundidad y su piso a los 270 m aproximadamente.

Básicamente el A.P. se divide en dos tramos. El superior / se desarrolla desde los 40 m hasta aproximadamente los 155 m y el inferior desde los 155 m hasta los 270 m.

El tramo superior (no diferenciable por geoeléctrica) se caracteriza por su tenor casi constante de la fracción arenas muy gruesas a medias, las cuales representan aproximadamente el 50 %. El 30-40 % lo / compone la fracción arena fina a muy fina. El resto incluye arcilla y limos. El registro de R no tiene prácticamente inflexiones y el SP acusa con escasa amplitud pero bien definidos los tramos permeables. Esta última curva no está invertida aún habiéndose utilizado un lodo de inyección de $C_e = 3.800 \text{ micromho/cm}$. Este hecho, atípico, es justificable ya que este nivel es intensamente explotado y los ~~mue~~streos químicos indican pa-

ra pozos con filtros entre los 55 y 125 m de profundidad valores de $3000 < C_e < 6000$ micromho/cm.

En conclusión este tramo es absolutamente no recomendable para su explotación tanto por su calidad, como por las nefastas consecuencias que puede ocasionar en el futuro (posteriormente se ampliará este tema).

Por debajo de los 155 m (segundo tramo) recién se invierte la curva de SP. Esto hace suponer que la zona afectada por salinización inducida llegaría hasta aquella profundidad, es decir 30 m por debajo de la ubicación de los filtros del pozo más profundo de la colonia La Llave (R. Iselín). El agua extraída del pozo SR-5 (Filtros: 198-221 m, $C_e = 1800$ micromho/cm) confirma lo expuesto recientemente.

Por todo lo antedicho este pozo de investigación reviste una importancia fundamental, ya que advierte sobre la peligrosidad que implica un manejo irracional e indiscriminado de las reservas de agua subterránea.

En resumen, para la zona de influencia del pozo SR-5 el único nivel apto para su explotación es el ubicado entre los 155 y 270 m.

3.2.5. Pozo SR-6 (Cortes 5 y 39)

En el lugar del pozo el AP está definido de la siguiente manera: profundidad del techo 50-60 m, profundidad de la base 260 m, lo que arroja un espesor de 200-210 m. Su resistividad fue calculada entre 17 y 25 ohm.m.

La perforación se realizó a mitad de distancia entre los SEV A_{11} y A_{12} del corte N° 5. Las curvas obtenidas de los SEV son complejas / principalmente la del A_{11} el cual registró un corte tipo QHKHK, el cual forzadamente debió simplificarse el tramo KHK interpretándose un corte de 6 capas tipo QHKH. El SEV A_{12} responde a un corte de 5 capas tipo QHK sencillo de interpretar.

A continuación se expondrán las evidencias geológico-eléctricas que determinan la situación del techo del A.P.

Desde los 10 m a los 50 m se desarrolla una capa conductiva (13 ohm.m) que contiene numerosas intercalaciones limo-arcillosas con diferente grado de cementación. Subordinadamente existen niveles permeables que albergan agua con elevada salinidad ($C_e = 3000$ micromho/cm).

En este sector el registro de R está desplazado fuertemente hacia la izquierda y la línea base de arcilla está corrida positivamente respecto de lo señalado para ambas curvas por debajo de los 50 m.

En cambio desde los 50 m y ya en terrenos del A.P. la curva de SP está invertida hasta los 260 m, por efecto del contraste eléctrico entre el agua relativamente menos conductiva de la formación y el lodo de inyección ($C_e \text{ lodo} = 3275 \text{ micromho/cm}$).

Entre los 50 y 80 m la curva de SP no indica la presencia / de niveles permeables de importancia. Sin embargo los muestreos revelaron un nivel de 6 m de potencia (72 a 78 m) con 60 % de gravillas.

Las muestras, en general, señalan para este tramo, alternancia de arena, areniscas débilmente cementadas y limolitas. En los S.E.V. cercanos al pozo, este nivel no se refleja debido a que no se destaca definitivamente, por su resistividad, de las capas contiguas.

Entre los 80 y 180 m se mantiene la situación del tramo 50-80 m, con la salvedad que se observa un aumento en los porcentajes de gravilla. Esto mismo se puede inferir a través del análisis de la curva de SP, ya que en éste aparecen numerosas inflexiones amplias y bien definidas.

En el tramo comprendido entre los 180 m y 260 m, se ubican los niveles más interesantes. Posee agua de $C_e = 1700 \text{ micromho/cm}$ y sus niveles acuíferos presentan curvas de SP y R amplias y con escasas in-flexiones de segundo orden, lo que supone se trata de niveles relativamente limpios.

3.2.6. Pozo SR-7 (Cortes 17 y 39)

En este punto de observación el A.P. se desarrolla entre / los 75 y 260 m (techo y piso respectivamente), su resistividad se determinó en 31 ohm.m. (SEV F3).

De manera semejante a los pozos ya descriptos es posible realizar una subdivisión. El tramo superior se desarrolla entre los 75 m y 130 m. En él se observa el mayor porcentaje de las fracciones gruesas / (gravas, gravillas, llegando a representar el 30-40 % del total entre los 60 y 80 m). La curva de SP está invertida en todo el registro.

El tramo inferior presenta una relación granulométrica más /

constante a lo largo del perfil, con un leve incremento de las gravas y / gravillas entre los 190 y 245 m. Las arenas muy gruesas a medianas representan la fracción dominante.

El incremento de gravas notado entre los 190 y 245 m se refleja claramente en el perfilaje eléctrico mediante deflexiones positivas y limpias del SP de hasta 16 m de potencia y picos de resistividad de mayor amplitud que aquellos donde se instalaron los filtros de este pozo. Es probable que los porcentajes de limo más arcilla que aparecen en el histograma como distribuida uniformemente en la columna, en realidad están concentrados en paquetes tal como lo señala el perfilaje mediante definidos cuellos gruesos arcillosos que interrumpen los niveles permeables.

Por lo expuesto el sector 190-245 m se lo recomienda investigar.

3.2.7. Pozo SR-8 (Corte 2)

El espesor del A.P. en el pozo del epígrafe es de aproximadamente 183-194 m. Su techo se ubica entre 66 y 77 m de profundidad y su base a 260 m. Los S.E.V. C_3 y C_4 (ambos de tipo QHK) del corte 2, vecinos al pozo, resultaron imprecisos y de interpretación dudosa. La resistividad del A.P. fue calculada en 15 ohm.m.

En cuanto al techo del acuífero profundo, se determinó a base de la siguiente evidencias: los métodos eléctricos dan interpretaciones compatibles, en cuanto a que ambos dan una valoración del techo a los 77 m; el perfilaje eléctrico desde 0 a 77 m muestran una curva de R con reducida densidad de inflexiones y en general retraída hacia la izquierda de la banda de registro (excepto los primeros 30 m). En los S.E.V. C_3 y C_4 al valorar la profundidad de la base de la capa conductora del tramo H, se obtuvieron 66 y 77 m respectivamente con 10 y 9 ohm.m. La curva / de SP no es confiable debido a numerosos inconvenientes que presentó su registro. La columna litológica del tramo 0-77 m acusa una serie de intercalaciones permeables y limpias (0-23 m) con otros marcadamente limo-arcillosas. Estos sedimentos que almacenan agua de elevada salinidad / ($7000 > Ce > 3000$ micromho/cm).

Ya en terrenos de A.P., desde los 77 a los 120 m, se observa una serie de intercalaciones de materiales gruesos y finos. Se esti-

ma que la fracción fina normalmente no se dispone conformando paquetes diferenciados sino preferentemente como parte de la matriz de los elementos más gruesos. Esto se supone debido a que la curva de SP no registra niveles permeables limpios, y la curva de R se compone de 4 inflexiones de unos 15 m cada una compuestas a su vez de inflexiones menores de segundo orden. Se estima que este nivel posee permeabilidad intermedia y el agua almacenada sería de una conductividad superior a la captada en la zona de filtros ($C_e = 2100$ micromho/cm).

El nivel (77-120 m) no pudo valorarse por intermedio de los S.E.V. por las razones expuestas anteriormente al tratar el mismo problema en los pozos antes descritos.

Desde los 120 a los 260 m se desarrolla la sección más importante del A.P. Si bien aquí el porcentaje de limo, arcilla y arena / muy fina es relativamente elevado (mayormente superior al 20%) según la / curva de SP, los niveles permeables resultan bien definidos, amplios y / bastante limpios. Este hecho se corrobora con el relativamente elevado valor de T obtenido para este pozo ($T = 590 \text{ m}^2/\text{día}$).

Después del análisis particular de cada unidad hidrogeológica en cada pozo es oportuno considerar cada unidad en sentido regional.

4. SINTESIS REGIONAL

4.1. Horizonte Conductor Profundo (H.C.P.)

4.1.1. Profundidad

La importancia de ubicar el H.C.P. reside en que por una parte acota al S.P. por su base y a la vez establece el nivel crítico de explotación.

Esta opinión es válida para casi todo el área investigada donde la profundidad del H.C.P. varía aproximadamente entre 240 y 310 m. La excepción la constituye el extremo sur de la Zona Sur. Allí, la geoelectrica indica un máximo de profundidad de 600 m en el S.E.V. V16 (corte 23). El gradiente de hundimiento entre los S.E.V. D10 (profundidad 290 m) y V16 distantes 5 km, es de 62 m/km.

La estimación de la profundidad del H.C.P. se realizó mediante S.E.V. basándose casi exclusivamente en el contraste eléctrico que se / produce con los materiales que lo suprayacen; en las perforaciones de explo

ración se sumaron otros argumentos tales como cambios del estado de oxidación color, normalización-inversión de la curva de SP, atenuación de la amplitud del registro de R, aumento de la arcillosidad, etc.

Debido a que la valoración de la situación del H.C.P. se realizó (fuera de los puntos de control) mediante la resolución de la rama K de los S.E.V., cabe acotar que este tipo de curvas (K) presenta equivalencias en T (resistencia transversal unitaria). Afortunadamente las curvas K obtenidas son de escaso contraste ($1,25 < \rho_2 / \rho_1 < 4$) por lo que el análisis de las interpretaciones propuestas, mediante los monogramas de Pialev (Kanelov, 1957), caen fuera del ámbito de validez del Principio de Equivalencia, quiere decir, presentan solución única. La solución única adoptada para cada caso, fue aquella cuya discrepancia entre la curva experimental y la teórica (curva del programa FRITSCH 69) no sobrepasará el 5 %, error de medición admitido en las lecturas de campo.

4.1.2. Estructura

El escaso relieve que muestra el techo del H.C.P., sumado al hecho que las profundidades determinadas para el mismo son el resultado de interpretaciones de S.E.V. y estos a su vez admiten un error de valoración de hasta $\pm 10\%$, resultaría impropio hablar de un sistema de fracturas del H.C.P. y menos aún de fallas que afecten en los sedimentos cuaternarios.

La única anomalía estructural significativa se observó al sur de la Zona Sur. Allí sí es admisible suponer que el brusco hundimiento del H.C.P. se realice mediante un mecanismo de fallas escalonadas de rumbo tentativo Oeste-Este y labio hundido hacia el sur (relacionados con el borde de la subcuenca de Alvear).

4.1.3. Hidrogeología

Como quedó expuesto oportunamente, el H.C.P. posee niveles permeables de arenas a gravillas, al menos hasta la profundidad investigada por los pozos exploratorios. Pero por situarse a excesiva profundidad además de la probable elevada salinidad del agua contenida, el H.C.P. estaría descalificado como acuífero de valor económico.

4.2. Acuífero Principal (A.P.)

4.2.1. Espesor

La potencia media del A.P. es del orden de los 200 m.

Este valor no debería ser tomado rigurosamente en los cálculos de la evaluación de su potencial debido a lo siguiente: quien define el techo del A.P., es la base del Acuífero Superior. Este último debido a su marcado contraste eléctrico es fácilmente acotable a través de los SEV. Pero si se observan los cortes geofísicos elaborados se verá que el techo del A.P. está constituido por una línea prácticamente continua que pone en contacto directamente el A.S. y el A.P. Sin embargo, en muy pocos SEV y prácticamente en todos los pozos exploratorios se determinó en los perfilajes, que en la parte superior del A.P. los primeros 80-90 m, normalmente aparece una capa que posee un valor de resistividad intermedia entre la del A.S. y el A.P. Quizá, debido a este último hecho es que esta capa intermedia no sea detectable fácilmente por los SEV y sí se determine mediante el perfilaje, puesto que este procedimiento es más sensible a los cambios de capas de resistividad semejantes a sus contiguas. Por consiguiente aunque todo el espesor del A.P. se encuentra saturado, los primeros 80-90 superiores, en lo posible, conviene no explotarlos. Más adelante se ampliará este tema.

4.2.2. Litología

Por razones prácticas se analizarán las evoluciones litológicas en cada zona independientemente.

4.2.2.1. Zona Norte

Se cuenta, en esta zona; con la información de los pozos / SR-6, SR-7 y SR-8.

Conviene recordar que el A.P. a juzgar por la información de los pozos posee un tramo superior, comprendido entre su techo (promedio / 60 m de profundidad) y los 100-150 m de profundidad, de características eléctricas-químicas y litológicas distintas al tramo inmediato inferior.

En el tramo superior, analizando los histogramas granulométricos se observa lo siguiente: entre los pozos SR-7 y SR-6 (sentido S-N) decrece el porcentaje de gravas más gravillas, permanecen aproximadamente / constante las fracciones arenas muy gruesas a medianas y aumenta el porcentaje de arena muy fina más limo-arcilla.

Es decir en sentido S-N decrecen los porcentajes de gravas y existiría una leve evolución hacia facies pelíticas.

En cambio en sentido O-E (relacionando los pozos SR-7 y SR-8) los porcentajes de gravas decrecen pero el aumento es absorbido principalmente por la fracción arena ya que las finas permanecen en promedio constantes.

Es decir que existiría en sentido oeste-este una cierta selección hacia facies arenosas.

En cambio las evoluciones faciales del tramo inferior del / A.P. son marcadamente diferentes. En sentido sur-norte (relación pozos / SR-7 al SR-6) el porcentaje de gravas más gravillas "aumenta".

La evolución facial en sentido oeste-este es más comprensible (comparando los histogramas de los pozos SR-6 y SR-7 respecto del SR-8). Los porcentajes de grava más gravillas decrecen normalmente pero, a diferencia del tramo superior del A.P., el decremento no es absorbido por las arenas sino que las fracciones finas llegan a representar prácticamente el 50 % del total.

Tal contraposición sugiere la posibilidad de que las gravas del pozo SR-6 provengan de una zona de aporte diferente a las del SR-7. Las fracciones finas mantienen su proporción y el aumento de gravas en el SR-6 es absorbido por un decremento de las arenas.

Si agregamos la evolución litológica observada en el acuífero superior, se pueda ver que, si relacionamos los pozos SR-7 y SR-6 respecto del SR-8, las fracciones grava, arena y pelitas de los dos primeros, pasan sin desaparición de ninguna fracción hacia el segundo pero con un / decremento, considerado normal, de gravas y arenas y aumento de las fracciones finas.

A la luz de lo expuesto y centrando nuestra atención en el punto de observación SR-8, se detecta lo siguiente: en el tramo inferior / del A.P. las gravas representan el 1 %, las arenas muy gruesas a medias el 49 % y las fracciones finas (arenas muy finas más limo más arcilla) el 50 %.

El tramo superior del A.P. las gravas representan el 10 %, / las arenas el 70 % y las finas el 20%.

En el A.Sup. las gravas importan un 25 %, las arenas 55 % y las finas 20 %.

Estas variaciones verticales de las relaciones mutuas de los

porcentajes litológicos indicarían, prima facie, que en sentido ascendente existió un aumento sostenido de la energía de transporte a la latitud del pozo SR-8 ya que es manifiesto el aumento de las fracciones gruesas / hacia la superficie acompañado del consecuente decremento de la arcillosidad. En términos geológicos ello da pie a suponer que existieron sucesivas reactivaciones de las zonas de aporte depositando en los terrenos sub-superficiales principalmente gravas y arenas gruesas en el mismo lugar donde en profundidad se habían depositado materiales con un 50 % de arcillas más arenas muy finas, casi exentas de gravas.

Este análisis lamentablemente adolece de la falta de un mayor número de perforaciones que los avale, por lo tanto deberá ser considerado con las reservas del caso.

Las conjeturas recientes permiten inferir que en los pozos SR-6 y SR-7 (en los que no se realizaron ensayos de bombeo) el A.P. tendrá características hidráulicas iguales o superiores a las determinadas en el pozo SR-8.

4.2.2.2. Zona Sur

El análisis comparativo entre los histogramas de los pozos SR-5, SR-4, SR-3, SR-2 y el perfilaje eléctrico del pozo DOSS-Real del Padre, no permite observar una clara evolución facial en un sentido determinado. Solamente se manifiesta un aumento de las fracciones en sentido O-E y O-SE.

En sentido vertical se observa la misma situación descripta en la zona Norte, es decir, progresivo aumento hacia arriba en la proporción de las fracciones gruesas, hecho que se destaca en los pozos SR-5, / SR-2 y DOSS. Los pozos SR-4 y SR-3 se desvían de esta tendencia ya que / si bien señalan un aumento de materiales gruesos desde el fondo de pozo / hacia la superficie, en el tramo 0-70 m se observa una preponderancia de las fracciones arenas finas más limo-arcilla. Probablemente esta situación esté relacionada al hecho que ambos pozos se sitúan en el interfluvio de las ríos Diamante y Atuel, mientras que los restantes están próximos a los cursos de ambos ríos.

4.2.3. Hidrogeología

Es necesario remarcar que el A.P. no posee características

recarga contaminante de agua salada desde los niveles superiores (acuífero libre). La reiteración de este fenómeno durante un tiempo prolongado, con seguridad, desestabilizará el equilibrio de la interfase induciéndose un aumento rápido de su espesor.

Aunque resulte obvio, es necesario remarcar que este problema se acrecentaría con la presencia de pozos con aislación deficiente o / de cañerías con roturas.

Esta sugerencia se sustenta en lo observado en los cortes // 20 y 6. Allí la concentración de pozo de explotación de la colonia La / Llave (Loc. R Iselin) provocó el desarrollo de una zona de agua salobre a salada precisamente por haberse ubicado los filtros mayormente en la interfase que separa el agua altamente salinizada del A.S. y la de buena calidad del A.P. Se debe agregar dos hechos más: los pozos referidos están ubicados en zona de semiconfinamiento. Sin embargo en no más de 30-40 años de explotación, el acuífero quedó irreversiblemente dañado.

Otro argumento que sustenta la idea de la contaminación del A.P. desde el A.S. se encuentra en el trabajo realizado por el C.R.A.S. / con el propósito de demarcar la zona correspondiente al de acuífero libre (Poblete, Ferre - 1981). Tales autores, concluyen diciendo entre otros / aspectos lo siguiente "El acuífero profundo recibe cierta percolación vertical que se evidencia por una leve tendencia de los niveles piezométricos a la estabilización con el aumento del tiempo de bombeo".

Posteriormente (Victoria, 1982), en el análisis de los ensayos de bombeo de los pozos exploratorios de la serie SR, establece que, en efecto, el acuífero posee clara tendencia percolante. (Ver capítulo V)

Se pone así de manifiesto que la agitación inducida por el bombeo y la fuerte depresión del nivel piezométrico acelera en gran medida la mezcla aún en zona de escasa permeabilidad vertical del agua. Este aspecto no debe descuidarse y debe ser tema de futuros estudios, puesto / que en la zona de trabajo existe una cubierta de unos 3.100 km^2 , de unos 60 m de espesor promedio de agua altamente salinizada, sobrepuesta al agua dulce del A.P.

4.3. Acuífero Superior (A.S.)

4.3.1. Espesor

De acuerdo a lo visto hasta aquí, el A.S. en términos gene-

rales posee los mayores porcentajes de pséfitas y psamitas de la columna. Es decir, se compone de materiales esencialmente gruesos y permeables. Sin embargo la resistividad de este nivel es baja (6-10 ohm.m). Significa que el factor que provoca la baja resistividad no es la componente litológica, sino la componente química del agua. Por lo que, el concepto / de Acuífero Superior no sólo está definido en función de su carácter // litológico sino que principalmente consiste en una capa definida en términos químicos y eléctricos y su diferencia con el A.P. radica precisamente en estos aspectos. Es probable que no exista alguna división física continua (niveles impermeables) que separe a ambos acuíferos. Por consiguiente se estima que se trata de uno sólo con características litológicas y químicas diferentes, con un tramo superior libre que progresa su confinamiento con el aumento de profundidad (A.P.)

En la zona de C.F.I. el A.S. tiene espesores muy variados, / pero en general se puede promediar en unos 50 m en la zona occidental, y con aumento progresivo hacia el este donde pueda llegar a los 110 m.

4.3.2. Litología

Como ya fuera expresado el espesor del A.S. en término medio coincide con el último periodo de reactivación de los aportes. Es decir, normalmente abundan las gravas-gravillas y arenas aún a la longitud del / pozo SR-8. Más al este de este pozo no se cuenta con información precisa y sólo se puede inferir que existiría una progresiva degradación granulométrica de los materiales.

4.3.3. Hidrogeología

Dentro del área de trabajo los valores de resistividad del acuífero y conductividad del agua de los pozos balde y molinos, demuestran que el A.S. posee en todos sus puntos agua de elevada conductividad (ver plano de isoconductividad específica referido a pozos de menos de / 50 m de profundidad).

Si bien en superficie existe mayormente terrenos de alta / permeabilidad que favorecerían la rápida infiltración del agua de lluvia en el capítulo donde se reseñan las características climáticas se establece que la evapotranspiración es muy superior a la precipitación, por con

química e hidráulicas homogéneas en todo su espesor. En el aspecto químico se puede mencionar lo siguiente: los primeros 60-80 aproximadamente / superiores del A.P., aunque posee niveles acuíferos, existen pruebas de / que el agua contenida posee menor calidad (en términos de su conductividad) que la del tramo inmediato inferior.

Es decir, se supone que el contacto entre el A.S. y el A.P. se realiza mediando una interfase acuosa (banda de mezcla) es espesor variables.

La teoría sobre la mezcla entre fluidos miscibles en un medio poroso saturado (Custodio - 1975), establece que la estabilidad de la interfase (o zona de mezcla) depende de numerosos factores; entre otros / se pueden mencionar los siguientes: los gradientes de concentración salina y temperatura entre ambas masas acuosas, de su movilidad relativa (esta a su vez es función de la permeabilidad intrínseca y de la viscosidad dinámica) de la tensión superficial (capilaridad) del estado de agitación de los fluidos en la proximidad de la interfase (factor de gran efecto dispersante), etc.

Este comentario se realiza con el único propósito de dejar asentado que en la zona de estudio se tiene a gran escala un fenómeno natural análogo al utilizado en la determinación en laboratorio de los coeficientes de dispersión y difusión. Es decir existe una sección superior (A.S.) con agua normalmente salada y por debajo una sección inferior (A.P.) con agua de menor contenido salino. Esta disposición implica forzosamente la existencia de una zona donde se produce el contacto, denominada interfase, donde se desarrollarían los fenómenos de difusión y dispersión. El espesor de esta banda de mezcla como ya se dijo resultaría sumamente irregular a causa de la heterogeneidades del medio y muy difícil de determinar (su espesor) por el método S.E.V.

Debido a que en la zona específica del proyecto no existen explotaciones intensas que provoquen una fuerte agitación, la interfase debe tener un espesor determinado por las características naturales del medio (material rocoso más acuoso).

Pero si existiese en el futuro explotaciones intensas y principalmente si no se controla la ubicación de las unidades filtrantes, probablemente al deprimirse fuertemente el nivel piezométrico, éste puede adquirir menor cota que el nivel freático. Esta situación facilitaría una /

siguiente durante todo el año existe déficit hídrico.

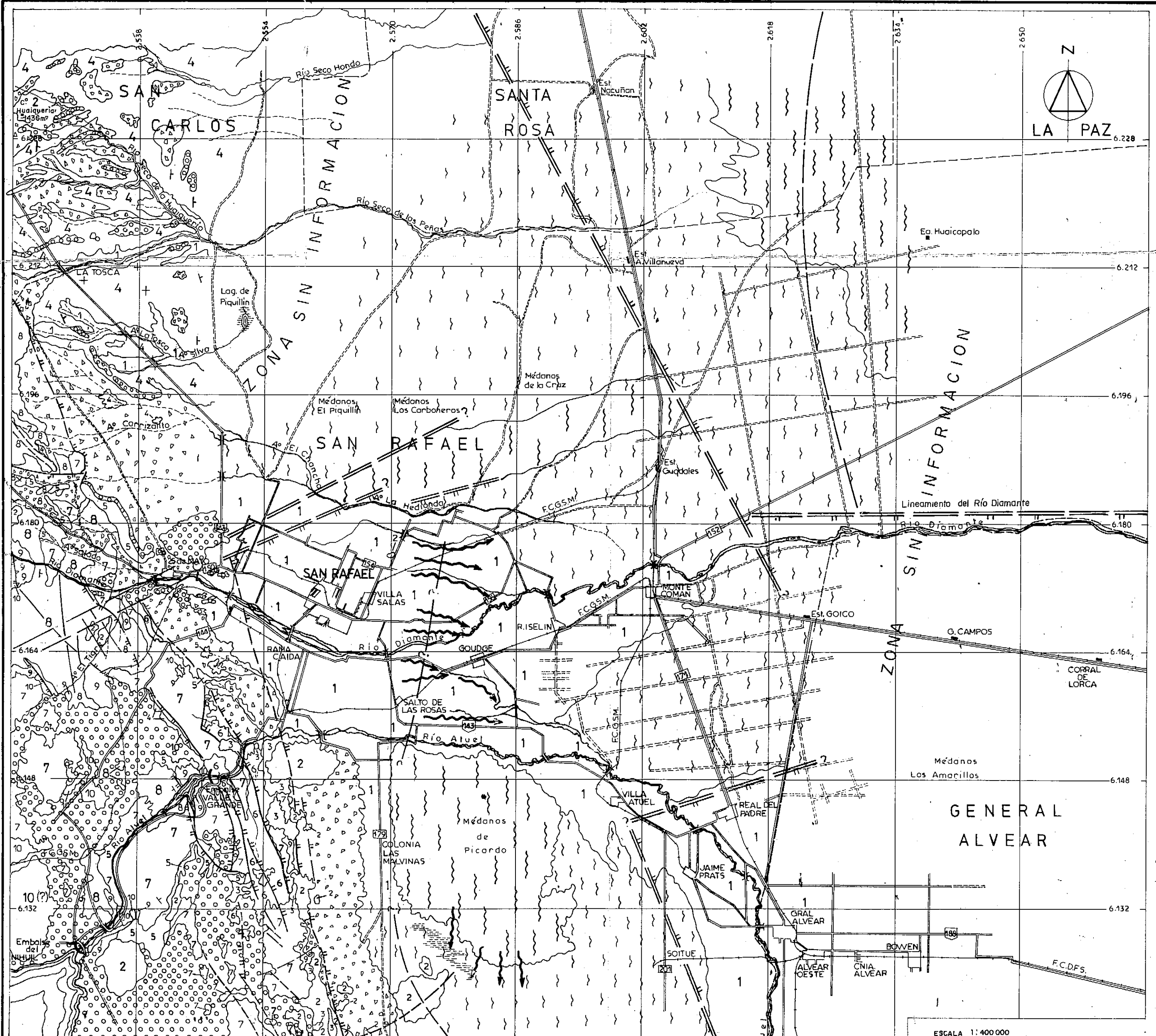
Salvando el hecho de que él satisface las necesidades de a-/brevado de ganado y consumo humano, no constituye una reserva de agua explotable a gran escala, con fines agrícolas. Además se superpone al A.P., mediando una capa de mezcla de aguas, susceptible de ensancharse rápidamente por la acción de bombeos y provocar la contaminación del A.P.

5. BIBLIOGRAFIA

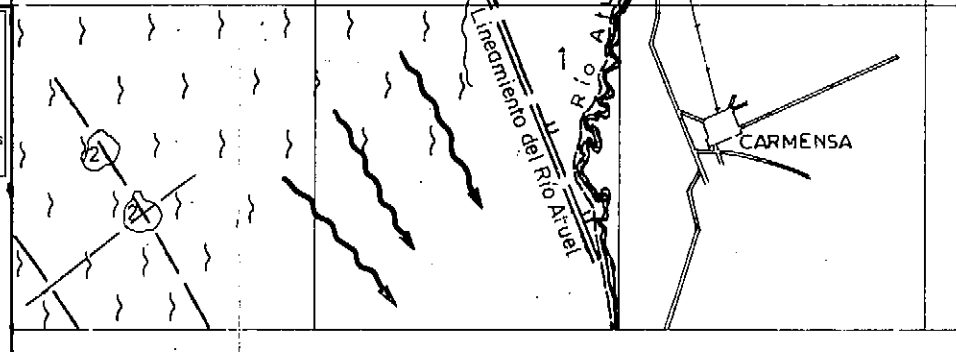
1. ALONSO ANTON, A. y MARTINIS, N. Estudio de las cuencas hidrográficas de los ríos Diamante y Atuel e Hidro geomorfología de la cuenca de agua / subterránea Diamante-Atuel. C.R.A.S. 1978 - P. 209.
2. CENTRO REGIONAL DE AGUA SUB-
TERRANEA Informe de resultados AÑO I. Proyecto C.F.I.-C.R.A.S. - Documento 13. / 1980.
3. CRIADO ROQUE, P. Subcuenca de Alvear (Prov. de Mendoza). Geología Regional Argentina - / Tomo I (pág. 811-835) - Academia Nacional de Ciencias - Córdoba, 1979.
4. CUSTODIO, E. y LLAMAS MADURGA, R. Hidrología Subterránea. Edit. Omega-Barcelona, España - 1975.
5. DESSANTI, R. Descripción geológica de la hoja 27c- Cerro Diamante (Prov. de Mendoza). Dirección Nacional de Minería. Boletín N° 85. 1956.
6. Fritsch, A. Resistivity Curve For Schlumberger / Configuration. C.R.A.S. 1969.
7. GOMEZ CENTURION, M. Estudio geológico de las cabeceras / del río seco de Las Tinajas. San Rafael (Mendoza). C.R.A.S. 1980 - Inédito.
8. GONZALEZ DIAZ, E. Rasgos geológicos y evolución geomorfológica de la Hoja 27 d (San Rafael) Zona Occidental - Asociación Geológica Argentina - 1964.
9. GONZALEZ DIAZ, E. Descripción geológica de la Hoja 27d San Rafael (Prov. de Mendoza). Servicio Nacional Minero Geológico. Boletín N° 132. 1972.



10. IAKUBOVSKII, V. y
LIAJOV, L. L. Exploración Eléctrica (Tercera Edición). Editorial Reverté - España, / 1980.
11. KALENOV, E. N. Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales. (Traducción 1974) - Ministerio de Obras Públicas, Madrid, España, 1957.
12. MOSCATELLI, G.N. Estudios de suelos del Sur mendocino. Bosquejo Geomorfológico. I.N.T.A. - 1979. Inédito.
13. NUÑEZ, E. Descripción geológica de la Hoja 28d- Estación Soitué (Prov. de Mendoza). / Servicio Nacional Minero Geológico. Boletín N° 166. 1979.
14. POBLETE, M y FERRE, J. Determinación del área correspondiente al acuífero libre en la cuenca // subterránea Diamante-Atuel. San Rafael (Mendoza). C.R.A.S. 1981 - P.229.
15. POLANSKI, J. Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza. / Asociación Geológica Argentina, Tomo XVII (3-4). 1962.
16. POLANSKI, J. Descripción geológica de la Hoja 26c- La Tosca (Prov. de Mendoza). Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín N° 101. 1964.



CUATERNARIO		PERM.-TRIAS.		Basado en: Dessanti (1956) Polanski (1964) González Díaz (1972) Nuñez (1979) C.R.A.S. (observaciones propias)
		PERMICO		
		CARBONICO		
		DEVONICO		
TERCIARIO				
TRIASICO				



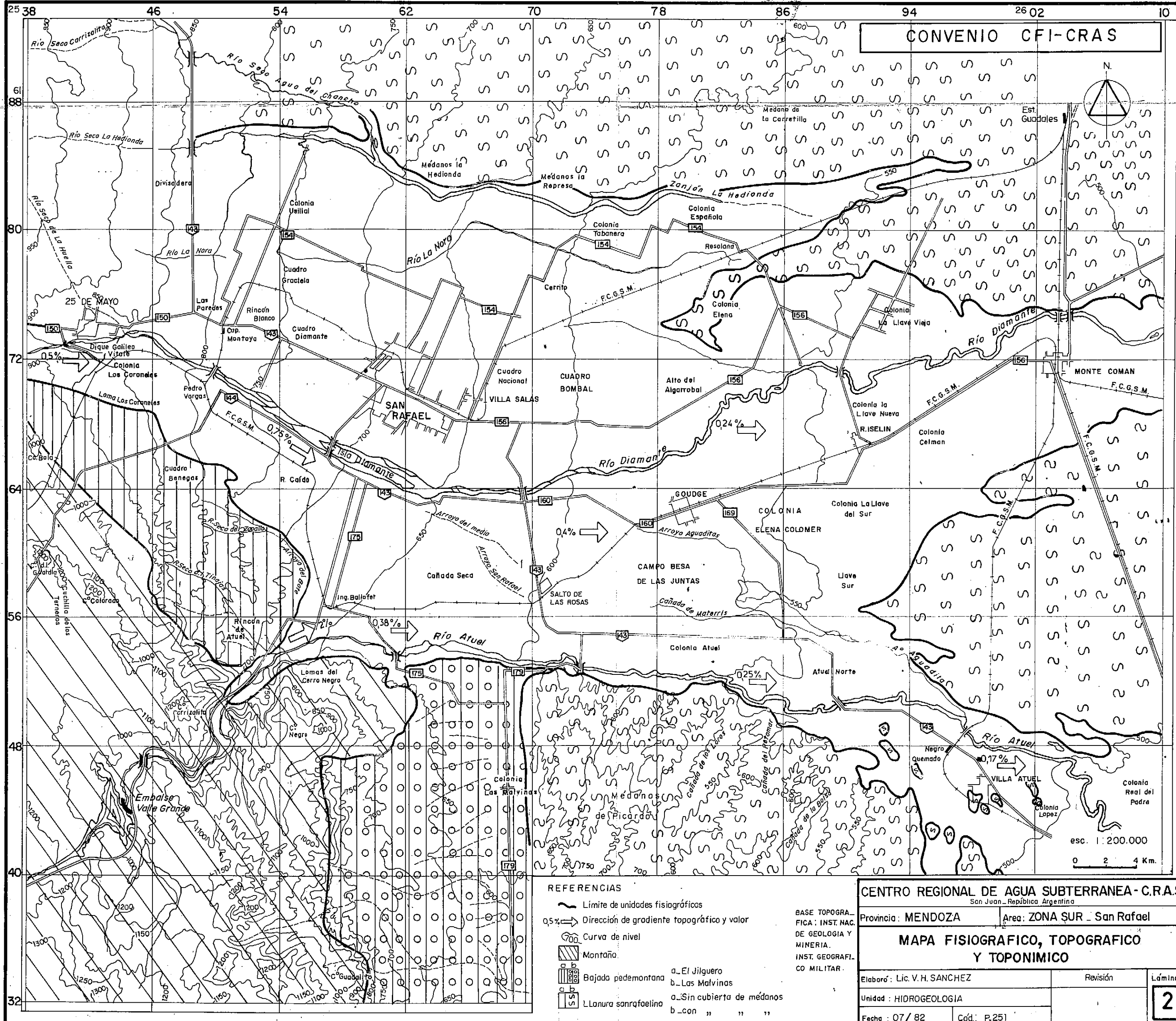
ESCALA 1:400 000
0 5 10 15 Km

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
Provincia: MENDOZA Area: SAN RAFAEL

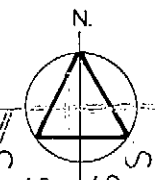
MAPA GEOLOGICO Y DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Elab. Lic. A. VACA Revisión Lámina
Unidad: HIDROGEOLOGIA
Fecha: 10-82 Cód.: MC-147

1



CONVENIO CFI-CRAS



esc. 1 : 200.000

0 2 4 Km.

REFERENCIAS

- ~ Limite de unidades fisiográficas
- 0.5% → Dirección de gradiente topográfico y valor
- 700 Curva de nivel
- Montaña
- Bajada pedemontana
- Llanura sanrafaelina
- a. El Jilguero
- b. Las Malvinas
- a. Sin cubierta de médanos
- b. con " " "

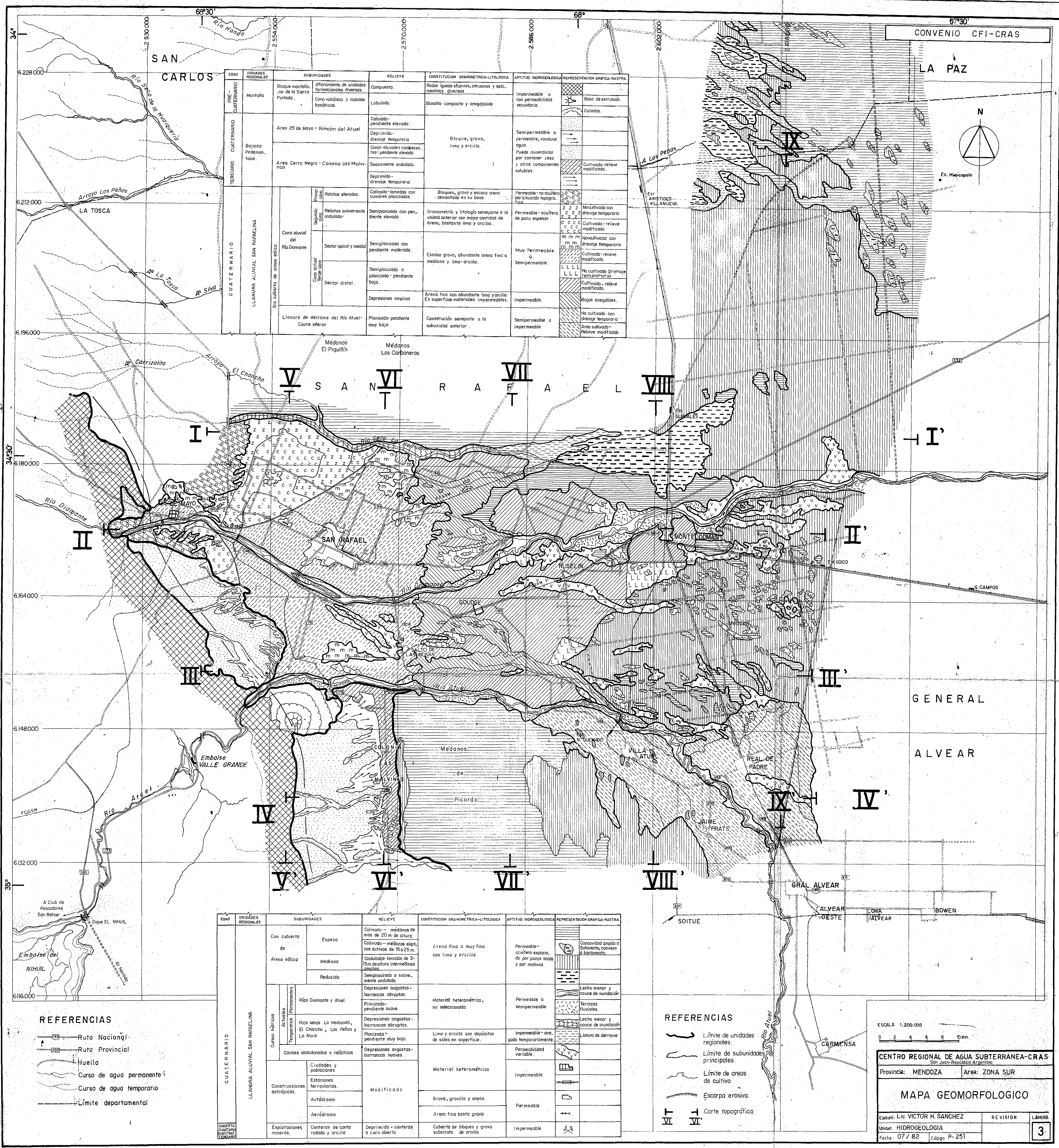
BASE TOPOGRÁFICA : INST. NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA. INST. GEOGRÁFICO MILITAR.



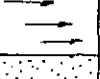
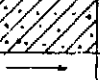
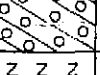
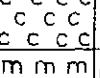
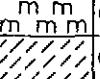
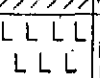

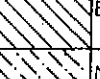
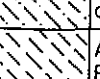
CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRÁNEA - C.R.A.S.
San Juan - República Argentina

Provincia : MENDOZA Área : ZONA SUR - San Rafael

MAPA FISIOGRAFICO, TOPOGRAFICO Y TOPONIMICO

Elaboró : Lic. V.H. SANCHEZ	Revisión	Lámina
Unidad : HIDROGEOLOGIA		2
Fecha : 07/ 82	Cód. : P.251	



EDAD	UNIDADES REGIONALES	SUBUNIDADES		RELIEVE	CONSTITUCION GRANOMETRICA-LITOLOGICA	APTITUD HIDROGEOLOGICA	REPRESENTACION GRAFICA-RASTRA	
PRE- CUATERNARIO	Montaña	Bloque montañoso de la Sierra Pintada.	Ahorramiento de unidades formacionales diversos.	Compuesto.	Rocas ígneas efusivas, intrusivas y sedimentitas diversas	Impermeable o con permeabilidad secundaria		Boca de extrusión
			Cono volcánico y caladas basálticas	Lobulada.	Basalto compacto y amigdaloides			Caladas.
TERCARIO	Bajada Pedemontana.	Area 25 de Mayo - Rincón del Atuel	Colinado-pendiente elevada.	Bloque, grava, limo y arcilla.	Semipermeable a permeable, conduce agua. Puede mineralizar por contener yeso y otros componentes solubles.		Cultivado relieve modificado	
			Deprimida-drenaje temporal					
Canos aluviales coalescentes-pendiente elevada	Suavemente ondulado.							
Deprimida-drenaje temporal.								
CUATERNARIO		LLANURA ALUVIAL SAN RAFAELINA	Cano aluvial del Río Diamante	Relictos elevados.	Colinado-lomadas con cumbres planizadas.	Bloques, grava y escasa arena cementada en su base.	Permeable-no acuífero por situación topográfica.	
	Relictos suavemente ondulados			Semiplanizado con pendiente elevada.	Granometría y litología semejante a la unidad anterior con mayor cantidad de arena, bastante limo y arcilla.	Permeable-acuífero de poco espesor.		
	Sector apical y medial			Semiplanizado con pendiente moderada.	Escasa grava, abundante arena fina a mediana y limo-arcilla.	Muy Permeable a Semipermeable.		
	Sector distal.			Semiplanizado a planizado-pendiente baja.	Arena fina con abundante limo y arcilla. En superficie materiales impermeables.	Impermeable.		
	Depresiones anópias			Planizado-pendiente muy baja.	Constitución semejante a la subunidad anterior.	Semipermeable a impermeable		
		Sin cubierta de arena edica.	Llanura de derrame del Río Atuel-Cauce inferior	Planizado-pendiente muy baja.	Constitución semejante a la subunidad anterior.	Semipermeable a impermeable		

- REFERENCIAS
- 143 Ruta Nacional
 - 222 Ruta Provincial
 - Huella
 - Curso de agua permanente
 - Curso de agua temporario
 - Límite departamental

- REFERENCIAS
- Límite de unidades regionales.
 - Límite de subunidades principales.
 - Límite de áreas de cultivo.
 - Escarpa erosiva.
 - Corte topográfico.

EDAD	UNIDADES REGIONALES	SUBUNIDADES	RELIEVE	CONSTITUCION GRANOMETRICA-LITOLOGICA	APTITUD HIDROGEOLOGICA	REPRESENTACION GRAFICA-RASTRA
QUATERNARIO	LLANURA ALUVIAL SAN RAFAELINA	Con cubierta de Arena edica	Espeza	Colinado - médanos de mas de 20 m de altura.	Arena fina a muy fina con limo y arcilla.	Permeable-acuífero explotado por pozos bala y por molinos.
			Mediana	Colinado - médanos elipticos activos de 15 a 25 m.		
			Reducida	Ondulado-lomadas de 3-15 m de altura. Intermédanos angulosos.		
		Cauces hidricos	Actuales	Depresiones angostas-barrancas abruptas.	Material heterométrico, no seleccionado.	Permeable a semipermeable.
			Permanentes	Planizado-pendiente suave.		
			Temporarias	Depresiones angostas-barrancas abruptas.		
		Construcciones antropicas	Actual	Planizado-pendiente muy baja.	Limo y arcilla con depósitos de sales en superficie.	Impermeable-aregado temporalmente.
			Antidromo	Depresiones angostas-barrancas suaves.		
			Aeródromo	Planizado-pendiente muy baja.		
		Explotaciones mineras.	Canteras de canto rodado y arcilla.	Deprimida - canteras a cielo abierto.	Cubierta de bloques y grava substrato de arcilla.	Impermeable.

ESCALA 1:200.000

0 2 4 6 8 10 Km.

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA-CRAS

Provincia: MENDOZA Area: ZONA SUR

MAPA GEOMORFOLOGICO

Elaboró: Lic. VICTOR H. SANCHEZ

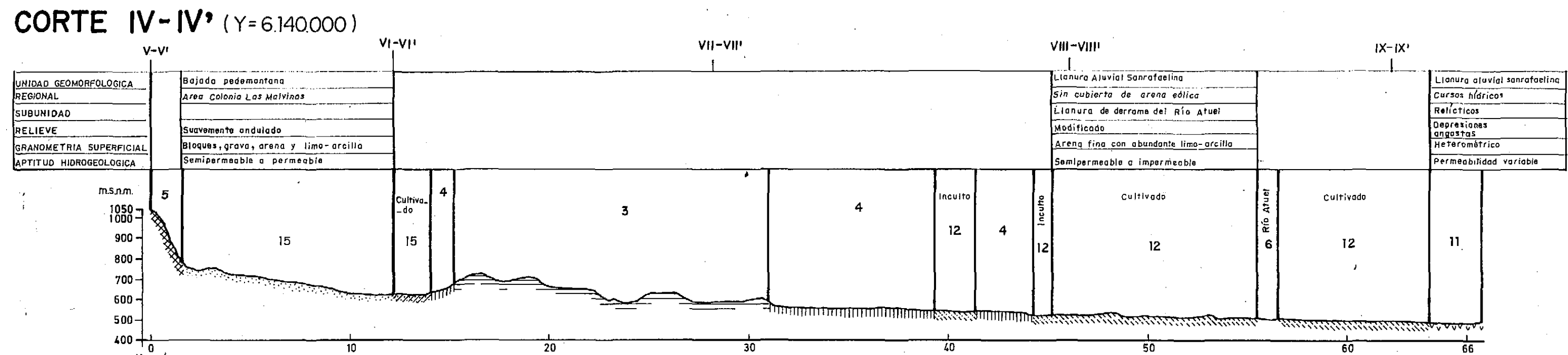
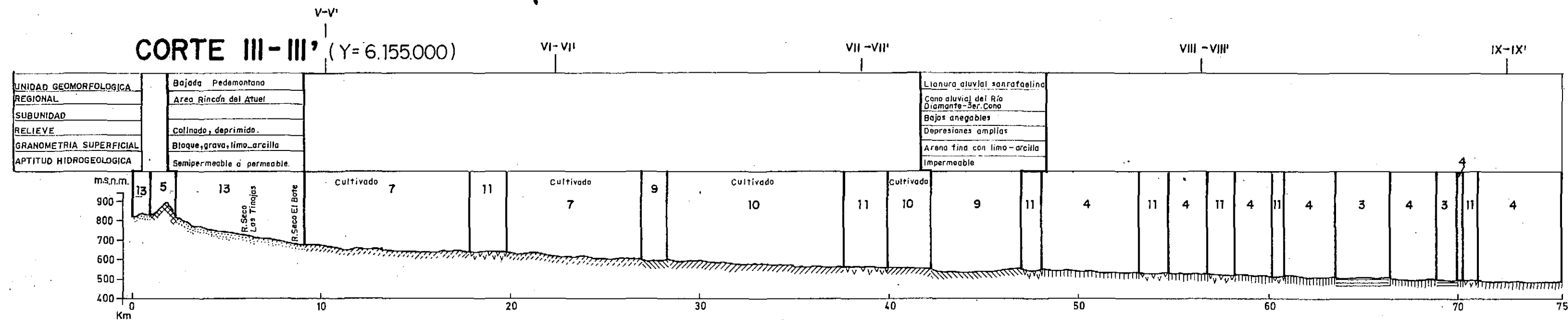
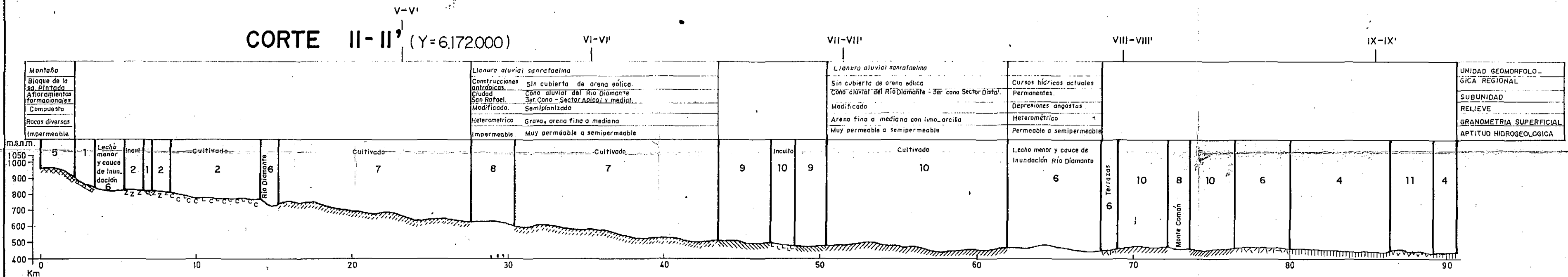
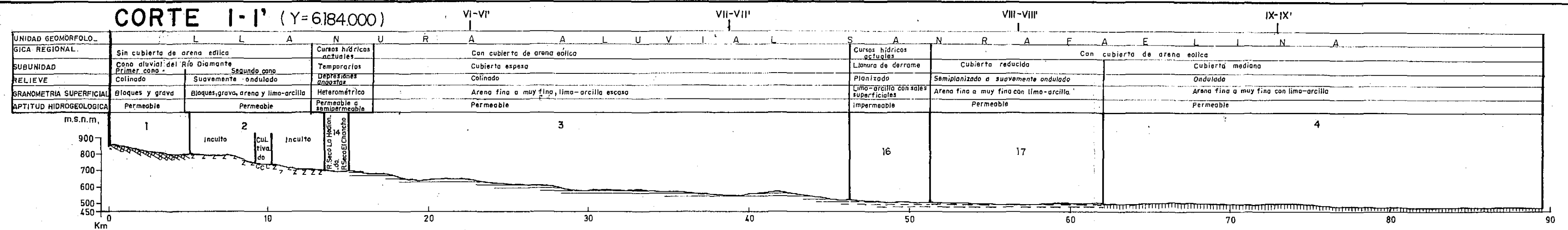
Unidad: HIDROGEOLOGIA

Fecha: 07 / 82 Código: P-251

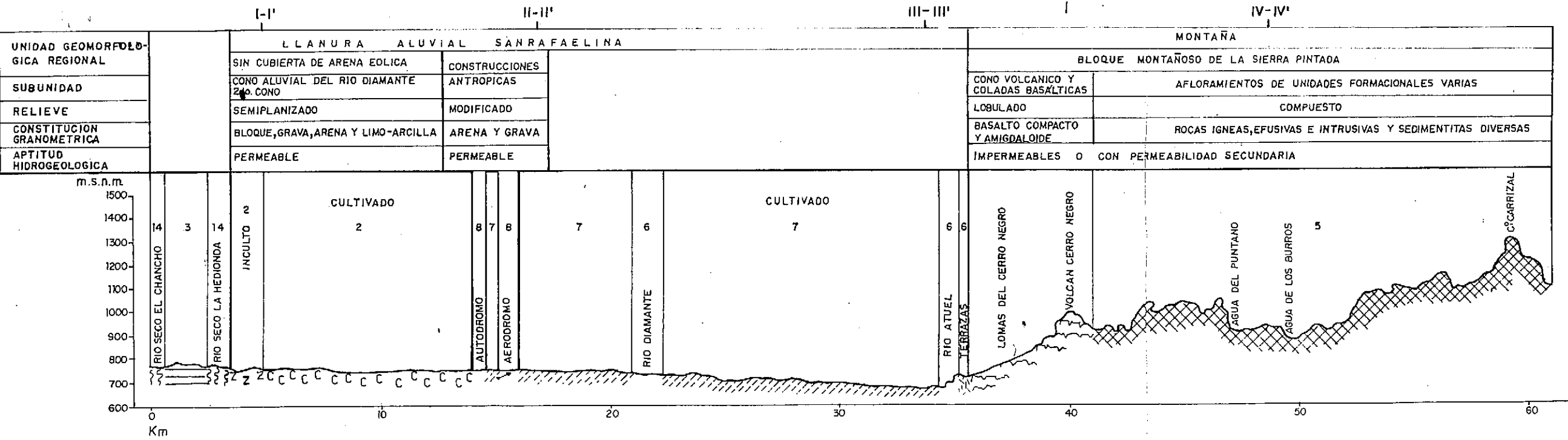
REVISION

LAMINA

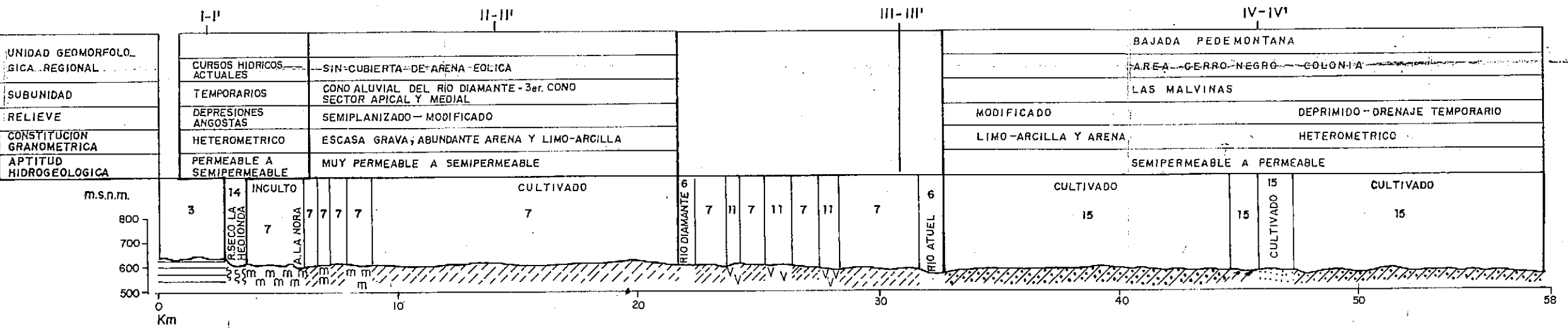
3



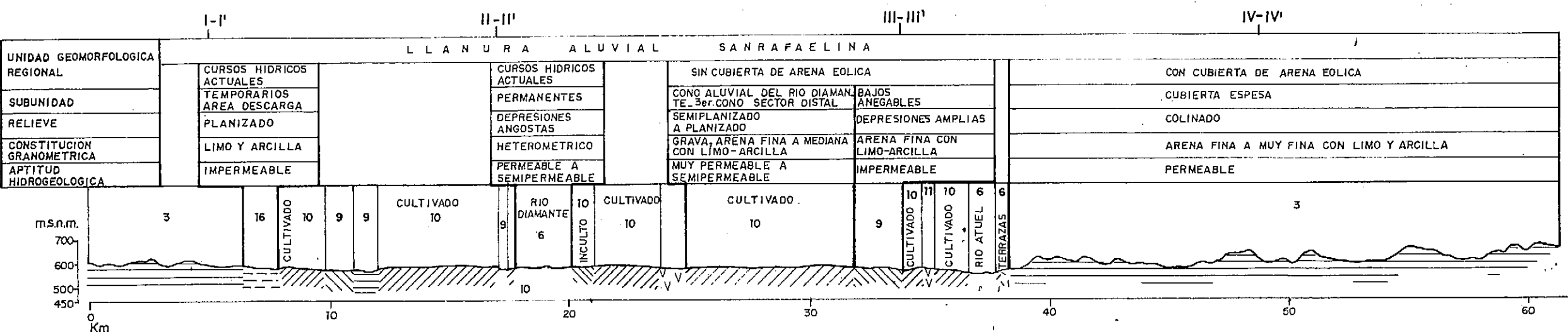
CORTE V-V' (Y= 2.556.000)



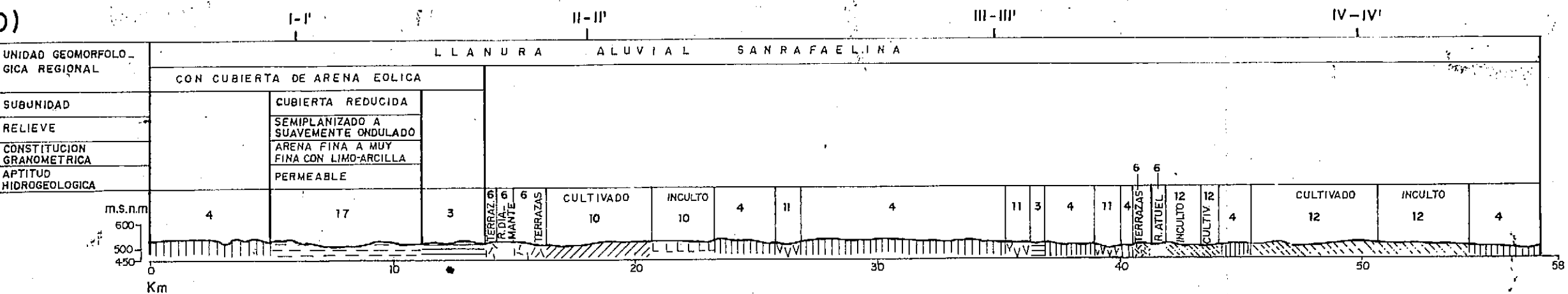
CORTE VI-VI' (Y= 2.568.000)



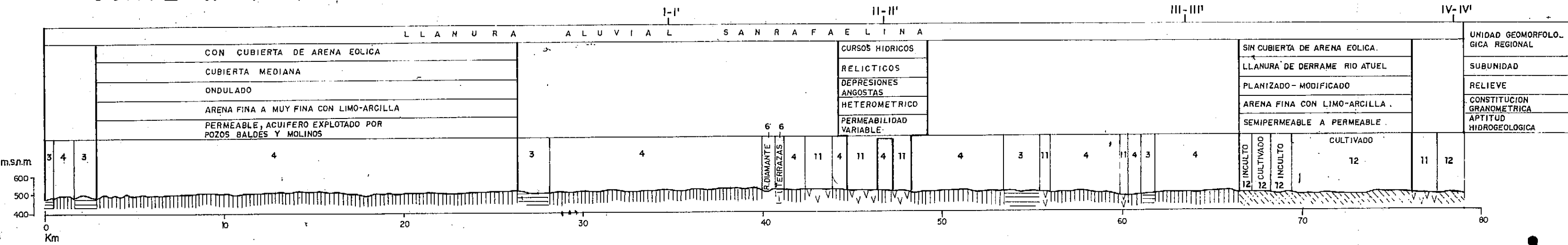
CORTE VII-VII' (Y= 2.584.000)

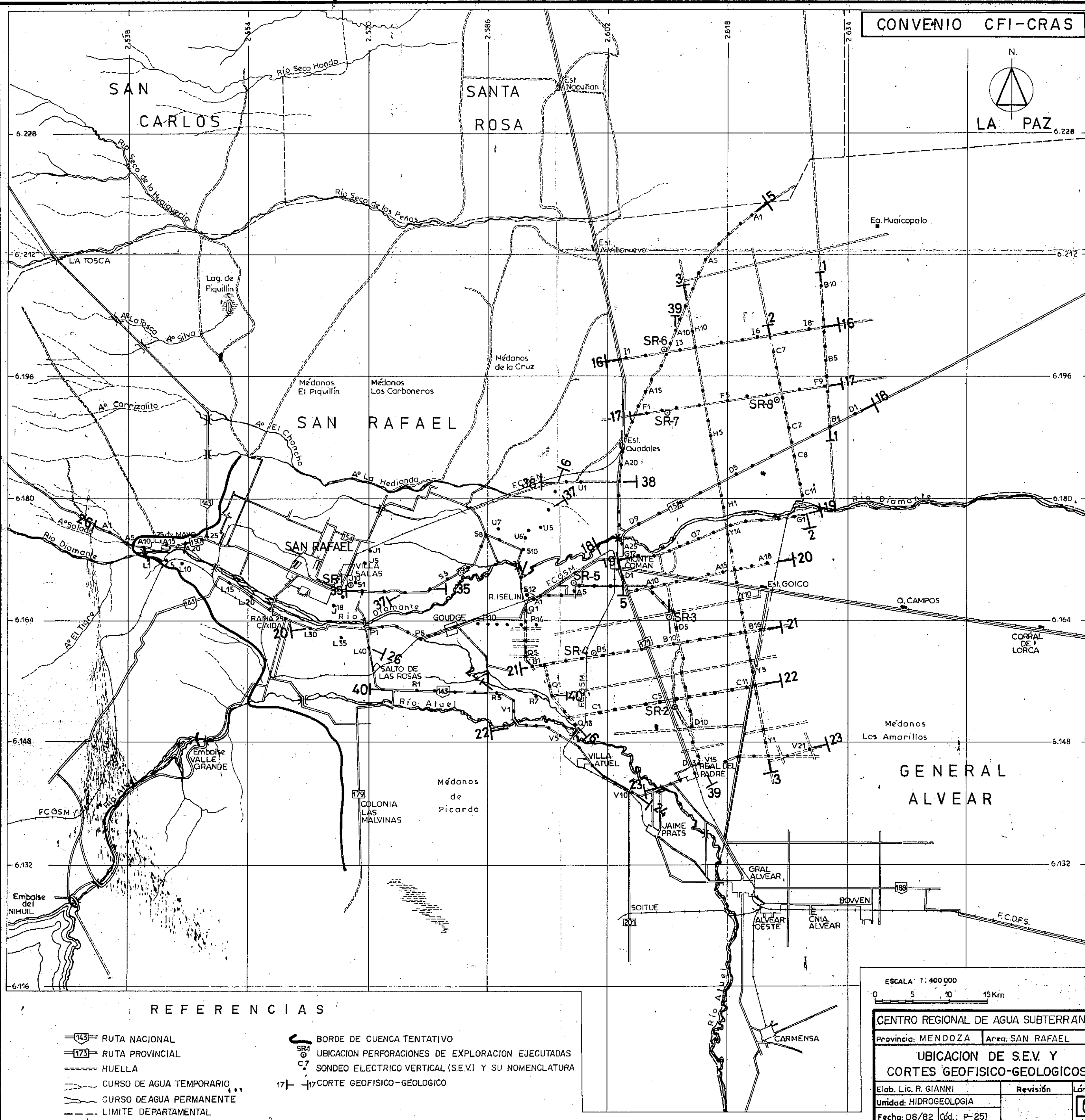


CORTE VIII-VIII' (Y= 2.602.000)



CORTE IX-IX' (Y= 2.618.000)





REFERENCIAS CORTES GEOFISICO-GEOLÓGICOS

PERFILES DE VARIACION



SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (S.E.V.) EN PROYECCION HORIZONTAL Y SU IDENTIFICACION

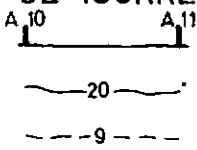
ABSCISA ($\frac{AB}{2}$) DEL PUNTO MAXIMO FINAL. (METROS)

ORDENADA (P_a) DEL PUNTO MAXIMO FINAL (OHM.METRO)

ABSCISA ($\frac{AB}{2}$) DEL PUNTO MINIMO FINAL. (METROS)

ORDENADA (P_a) DEL PUNTO MINIMO FINAL (OHM.METRO)

CORTE DE ISORRESISTIVIDAD APARENTE

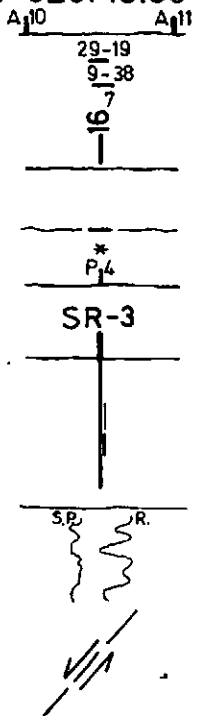


SUPERFICIE TOPOGRAFICA ACOTADA, S.E.V. Y SU IDENTIFICACION

LINEA DE ISORRESISTIVIDAD APARENTE (OHM.METRO)

LINEA DE ISORRESISTIVIDAD APARENTE INFERIDA (OHM.METRO)

CORTE GEOFISICO - GEOLOGICO



INTERVALOS ELECTRICOS. RESISTIVIDAD (29) EN OHM.M Y PROFUNDIDAD DE LA BASE DEL INTERVALO (19) EN METROS

CRUCE DE PERFILES

SEPARACION ENTRE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

S.E.V. DEFECTUOSO O DE REDUCIDA APERTURA ELECTRODICA.

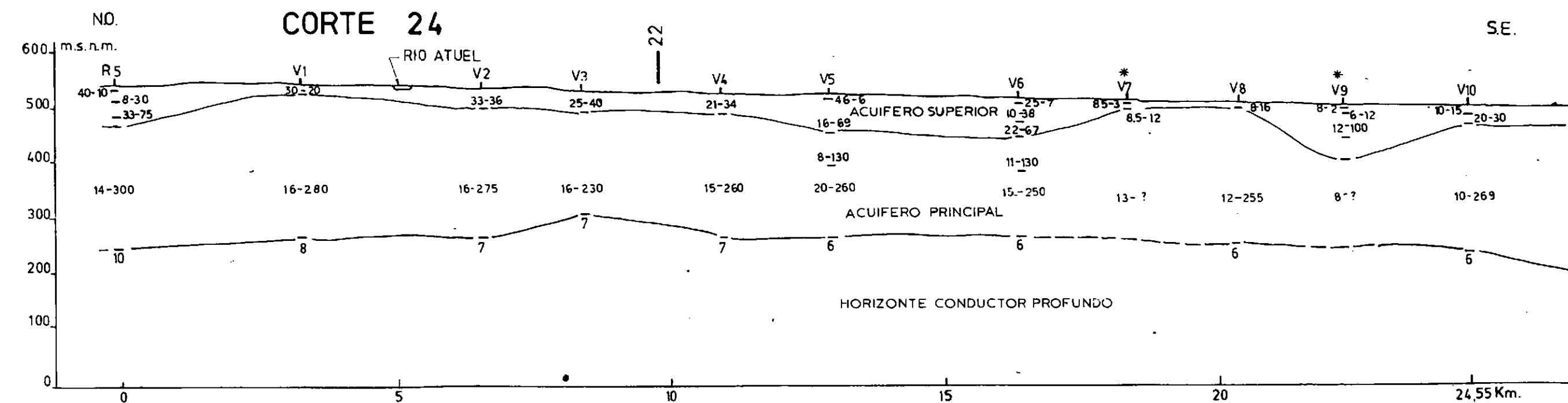
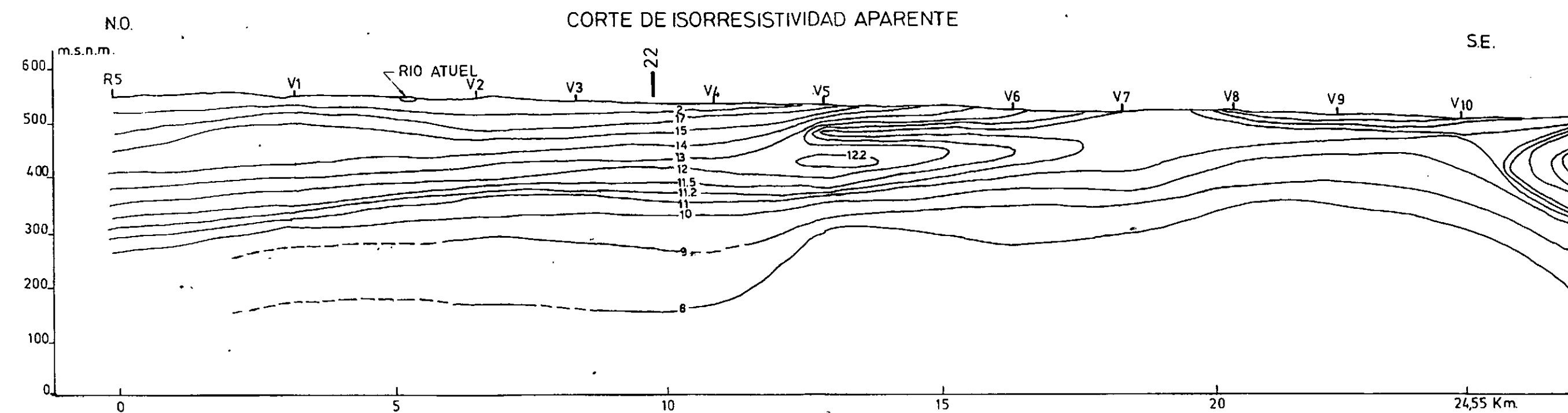
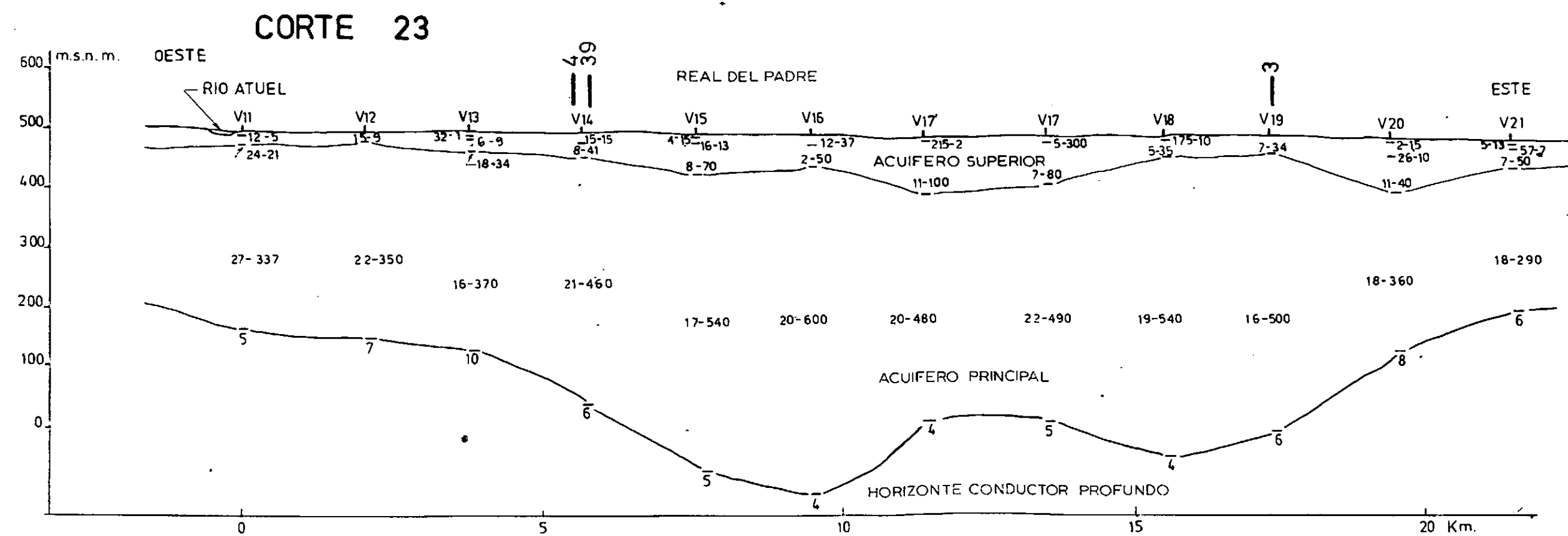
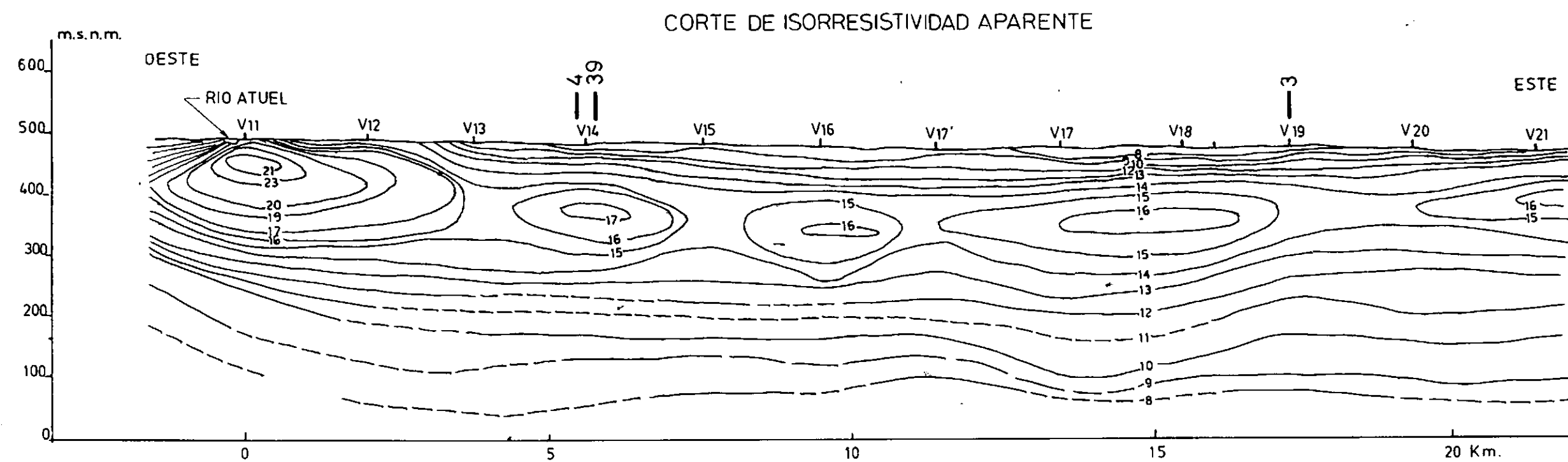
POZO DE EXPLORACION C.F.I.-C.R.A.S.

FILTROS

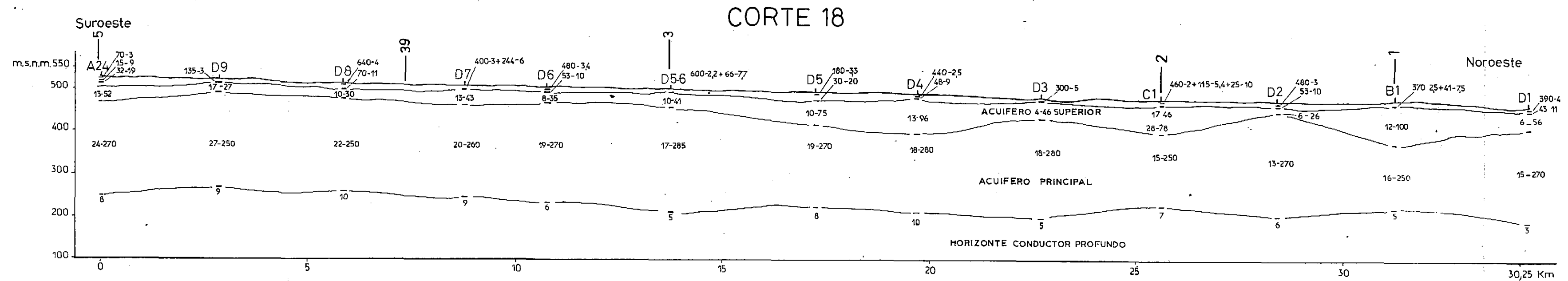
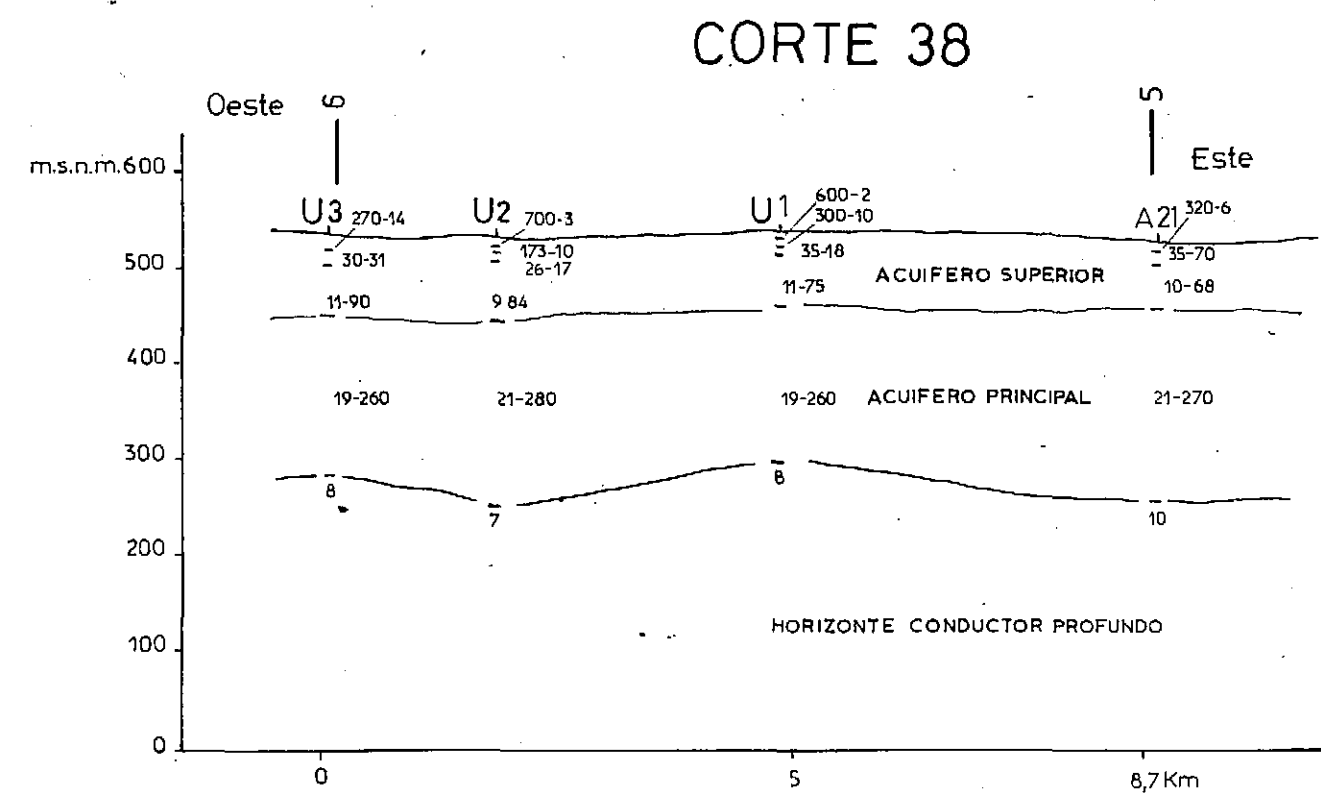
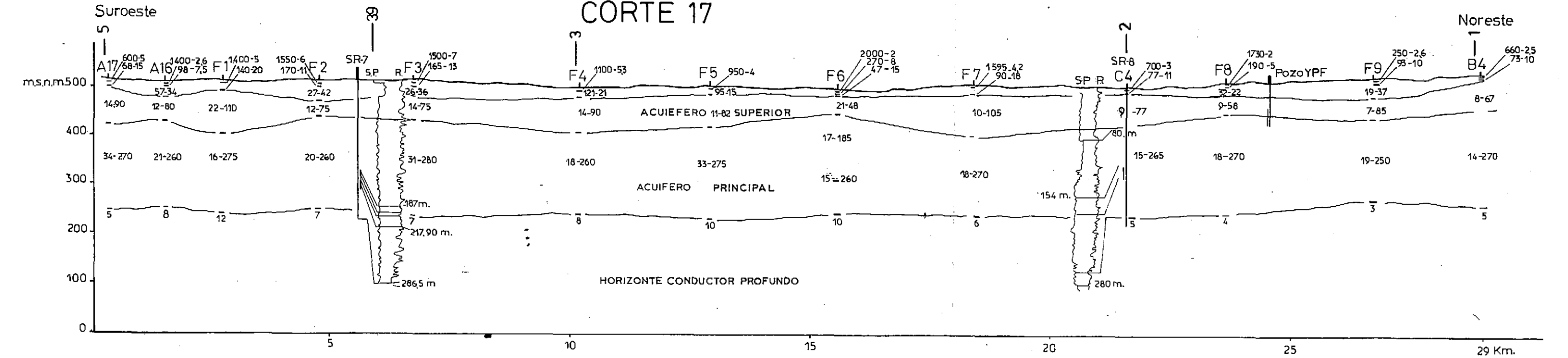
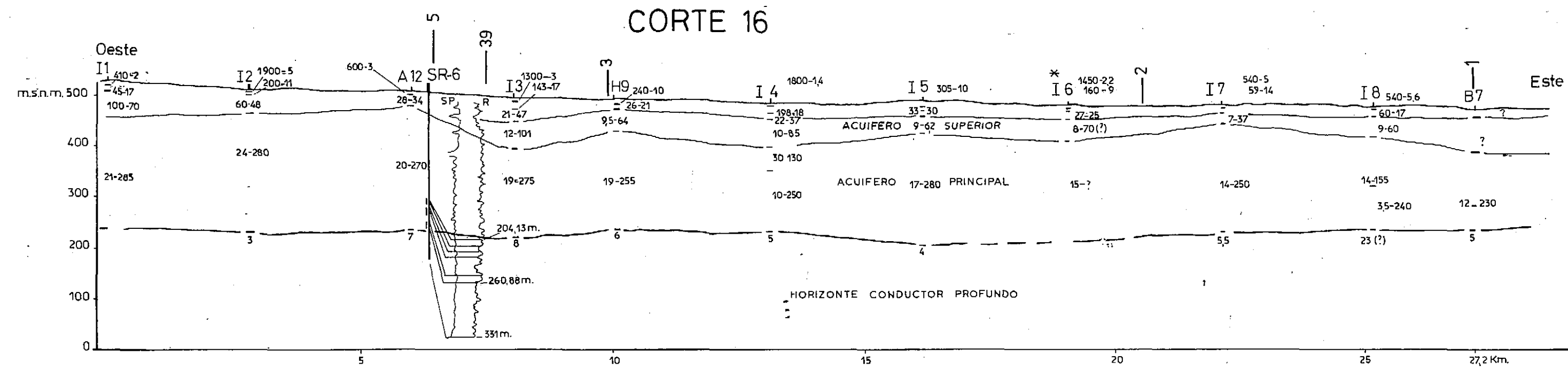
PERFILAJE ELECTRICO REDUCIDO

FALLA PROBABLE

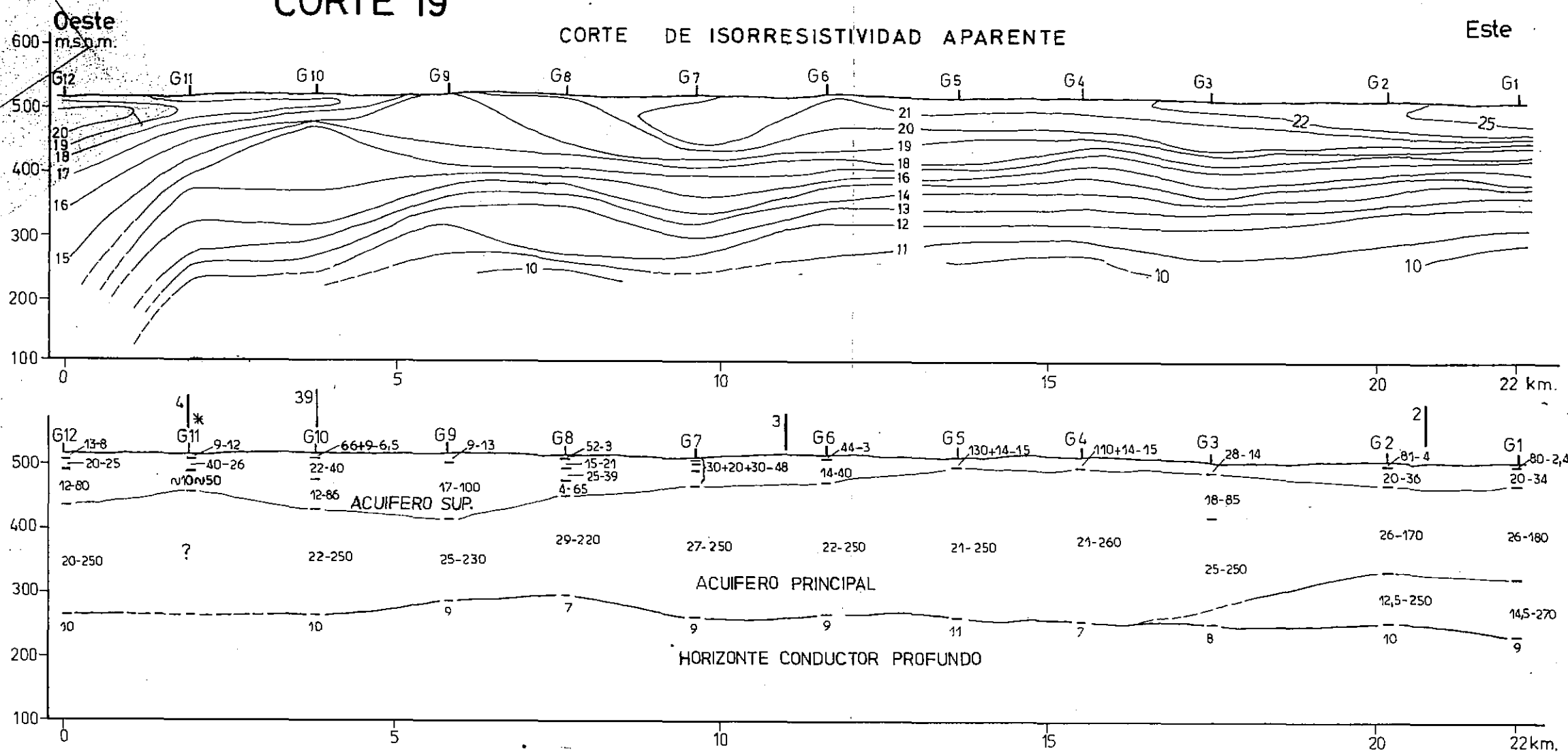
ESTRATIGRAFIA	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	LITOLOGIA Y GRANULOMETRIA (PARCIALMENTE INFERIDA)	COMPORTAMIENTO HIDROGEOLOGICO
CUATERNARIO	ACUIFERO SUPERIOR (A.S.)	EN LA ZONA DE ESTUDIO, POSEE UNA CUBIERTA NORMALMENTE ARENOSA Y SUBORDINADAMENTE ARCILLO-LIMOSA. EL RESTO SE COMPONE DE GRAVAS, GRAVILLAS Y ARENAS DE ORIGEN VARIADO Y MATERIAL PELITICO. SUBORDINADO	ALTA PERMEABILIDAD. PUEDE ACTUAR COMO AREA DE INFILTRACION. POSEE AGUA SALINIZADA. ES ACUIFERO LIBRE Y PROGRADA SU SEMI-CONFINAMIENTO CON LA PROFUNDIDAD
	ACUIFERO PRINCIPAL (A.P.)	PREDOMINIO DE LA FACIES ARENOSA NUMEROSAS INTERCALACIONES LENTICULARES DE GRAVAS, PRODUCIDAS POR PALEOCURSOS DIVAGANTES. HACIA EL N-NE. Y SE. AUMENTAN LAS PROPORCIONES DE LIMO-ARCILLA Y SIGUE PREDOMINANDO LA FRACCION ARENA (DE MEDIANA A MUY FINA)	ACUIFERO DE MEJORES PERSPECTIVAS. LA SALINIDAD DISMINUYE EN SUS NIVELES INFERIORES.
TERCIARIO SENSU-LATO (?)	HORIZONTE CONDUCTOR PROFUNDO (H.C.P)	SU LITOLOGIA ES MUY VARIADA NORMALMENTE SE COMPONE DE ARCILLAS Y LIMOS PARDO -ROJIZOS CON DIFERENTES GRADOS DE CONSOLIDACION. POSEE OCASIONALES LENTES DE GRAVILLAS.	SE LO CONSIDERA COMO BASE TECNICO-ECONOMICA DE EXPLOTACION. SU BAJA RESISTIVIDAD PRESUPONE QUE SUS NIVELES PERMEABLES, SI ESTAN SATURADOS, POSEEN AGUA ALTAMENTE SALINIZADA.



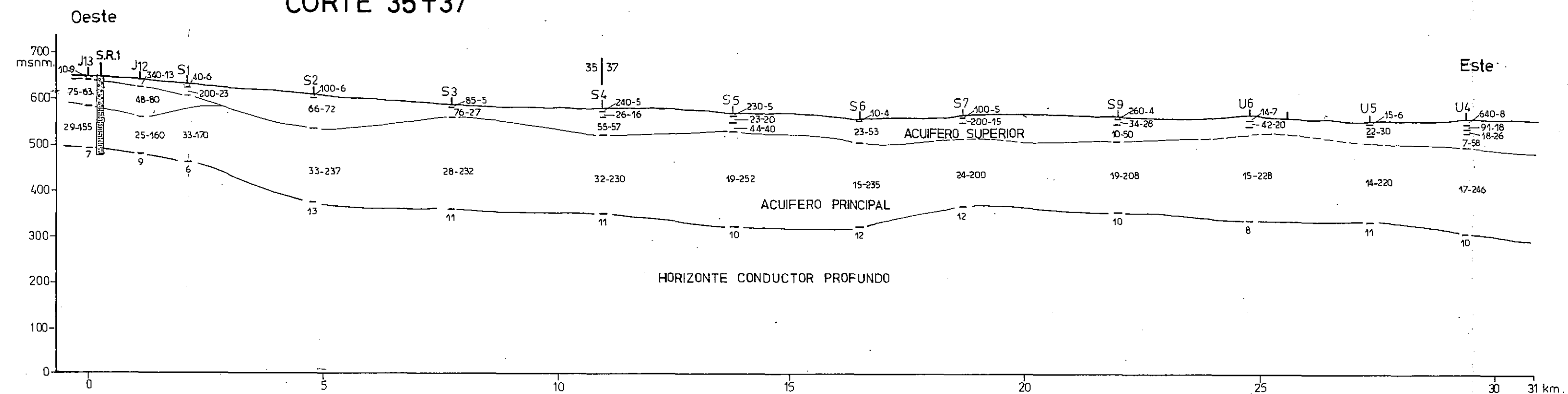
CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA		
San Juan-República Argentina		
Provincia: MENDOZA		Area: SAN RAFAEL
INTERPRETACION GEOFISICO-GEOLÓGICA		
CORTES 23 y 24		
Elaboró: Lic. R. GIANNI		Revisión
Unidad: HIDROGEOLOGIA		Lámina
Fecha: 09/82		Cód. P-251
		7



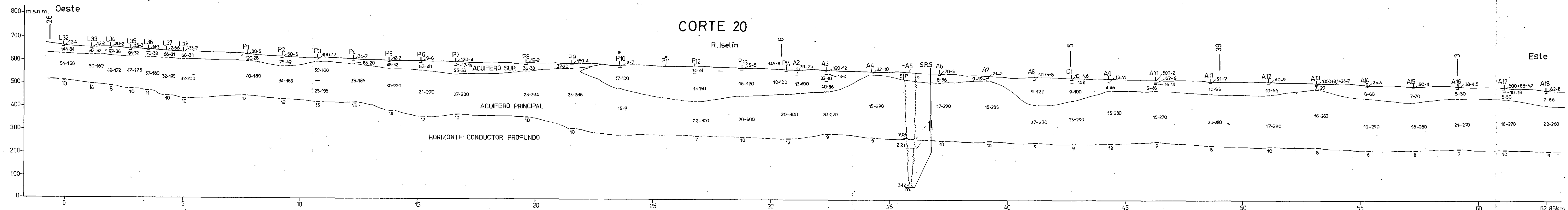
CORTE 19



CORTE 35+37



CORTE 20

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan, República Argentina

Provincia: MENDOZA Area: SAN RAFAEL

INTERPRETACION GEOFISICO-GEOLÓGICA
CORTES 19-37 y 20

Elaboró: Lic. R. GIANNI

Revisión

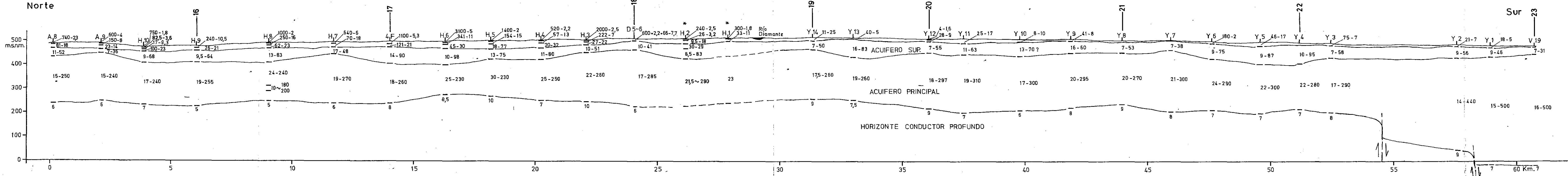
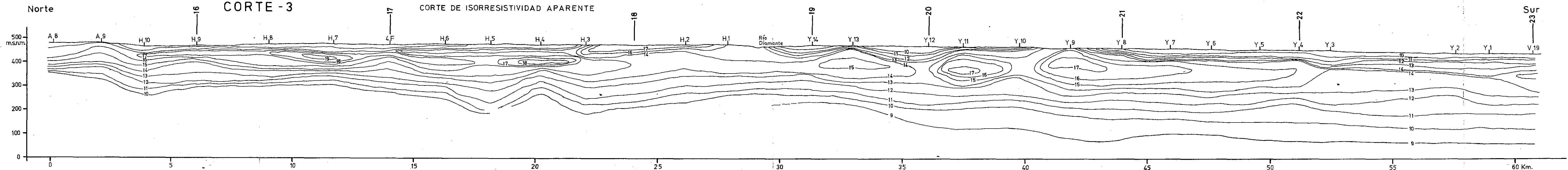
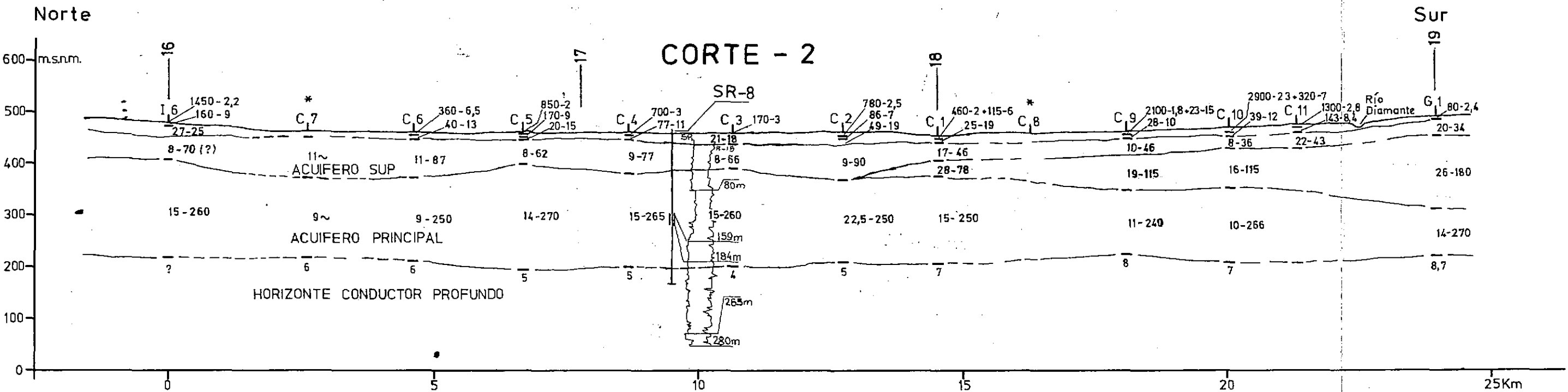
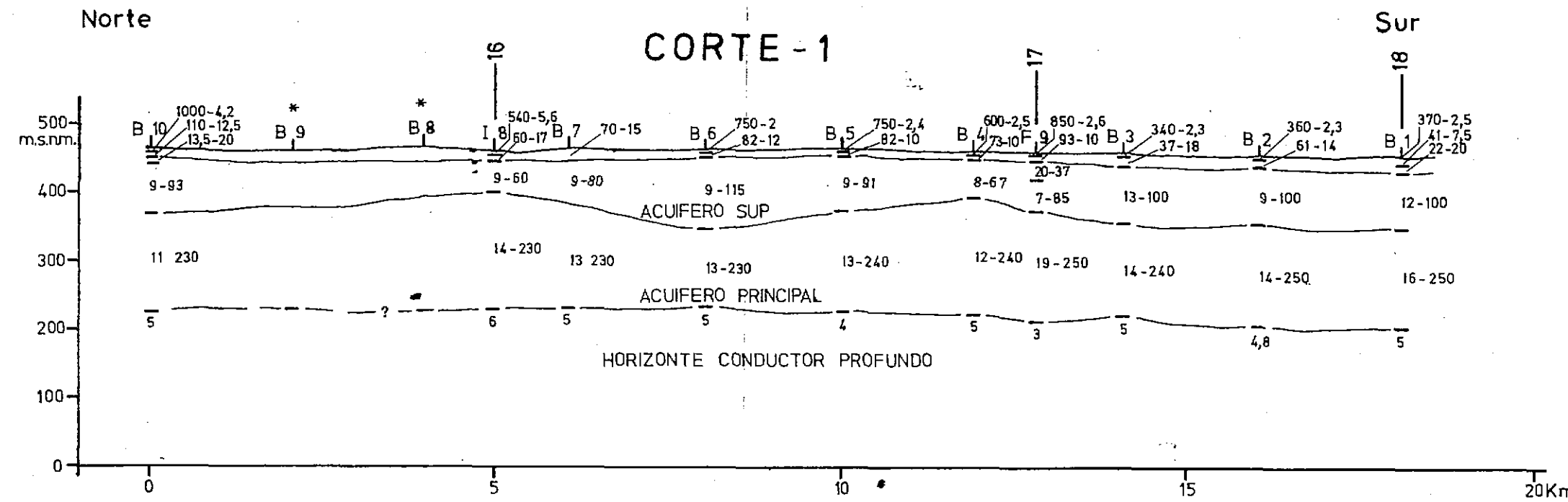
Lámina

Unidad: HIDROGEOLOGIA

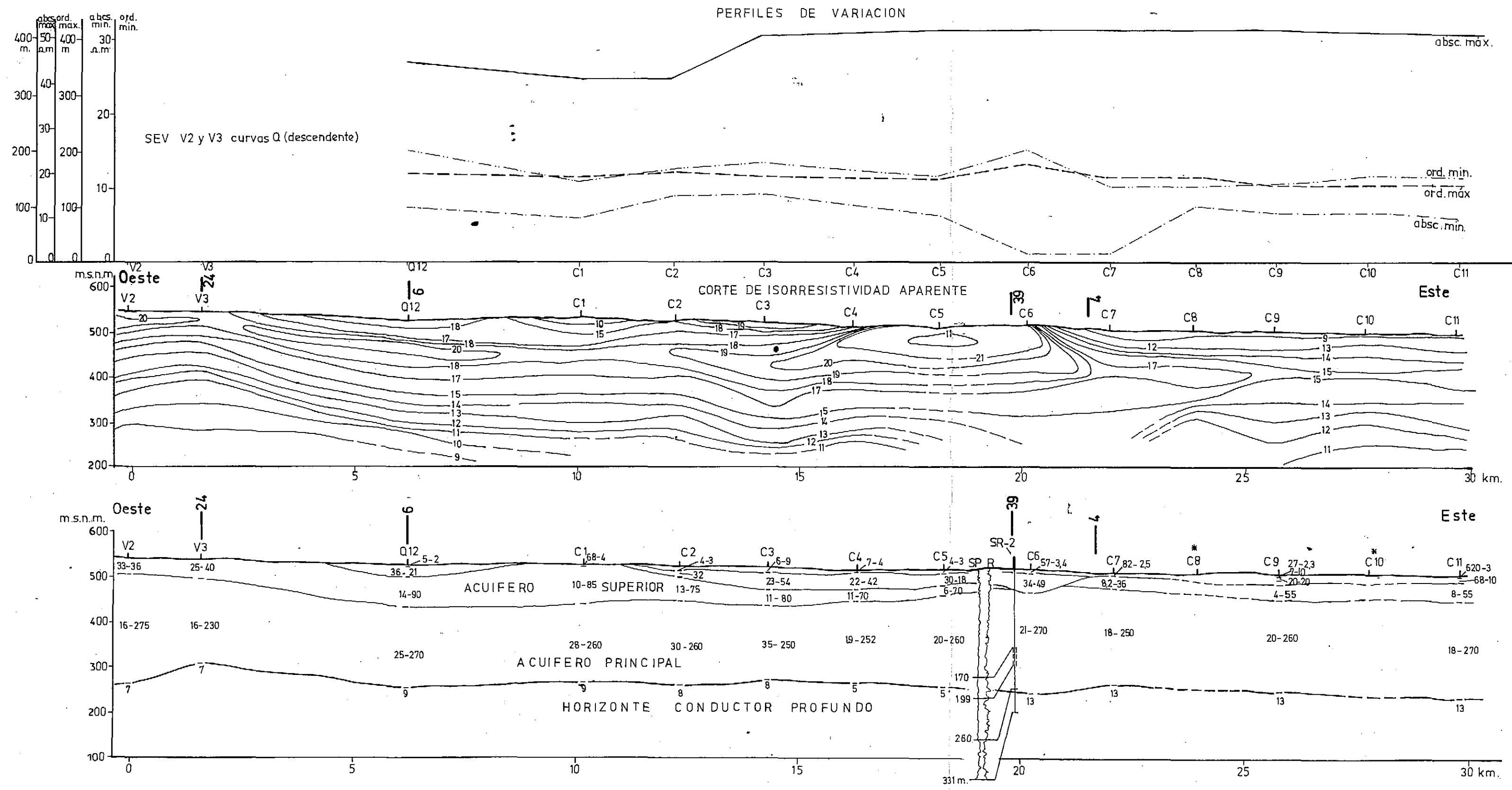
Fecha: 08-82

Cód.: P-251

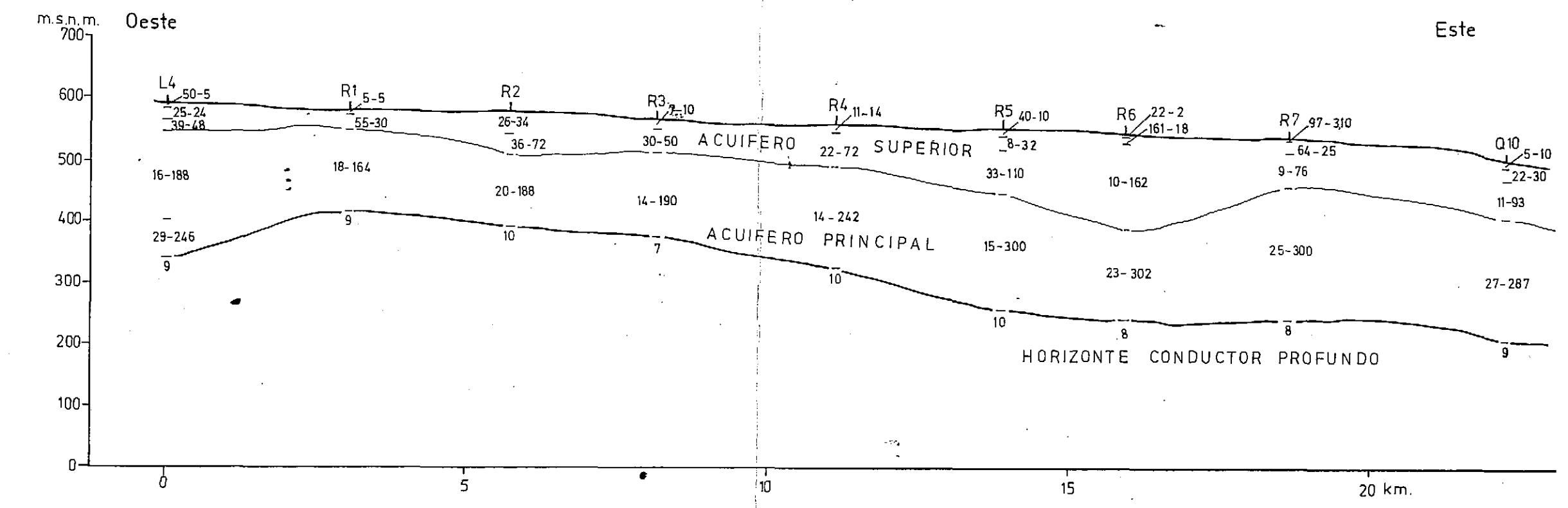
9



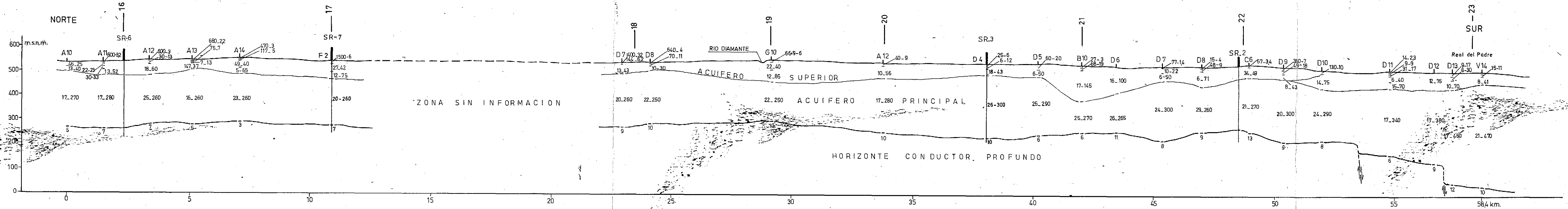
CORTE 22



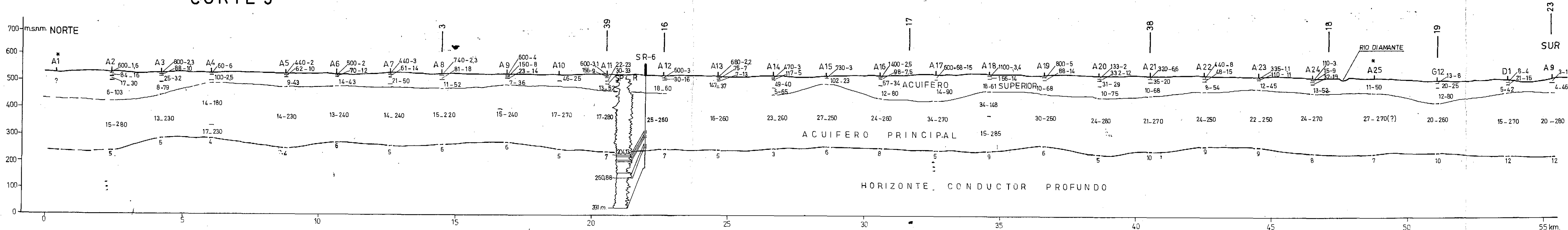
CORTE - 40



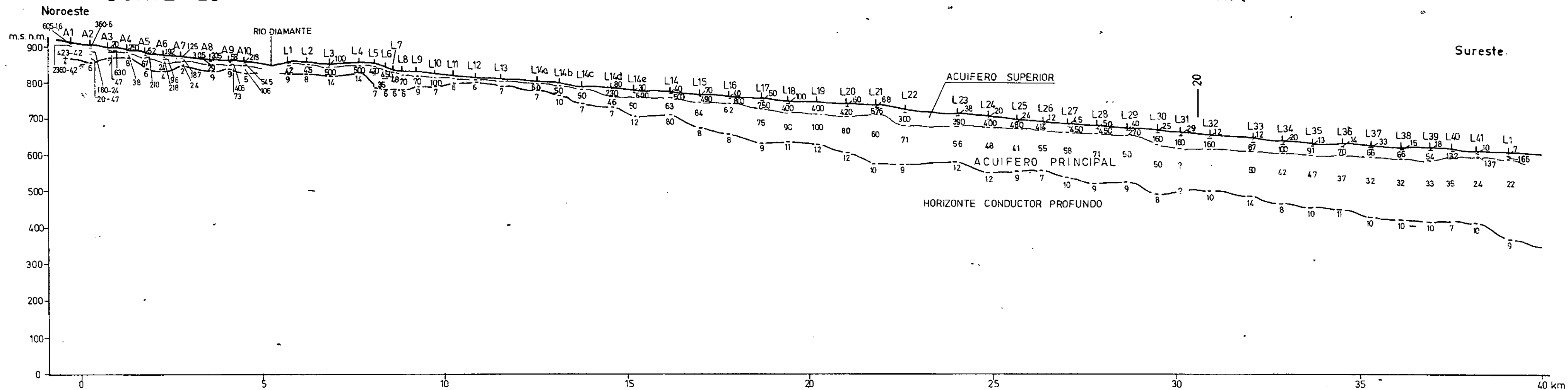
CORTE 39



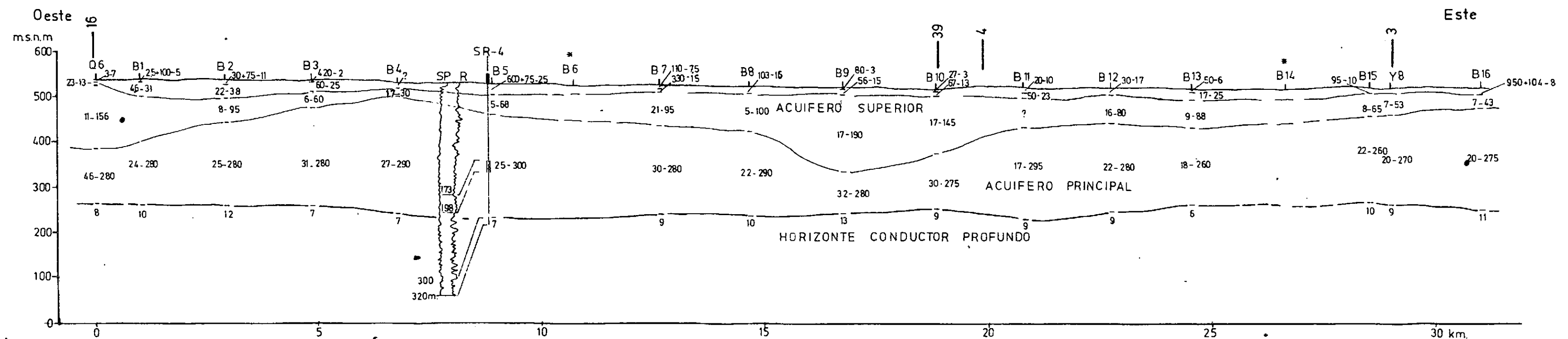
CORTE 5



CORTE - 26



CORTE 21



CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA
San Juan-República Argentina

Provincia: MENDOZA

Area: SAN RAFAEL

INTERPRETACION GEOFISICO GEOLOGICA
CORTES 26 y 21

Elaboró: Lic. R.N. Gianni

Revisión

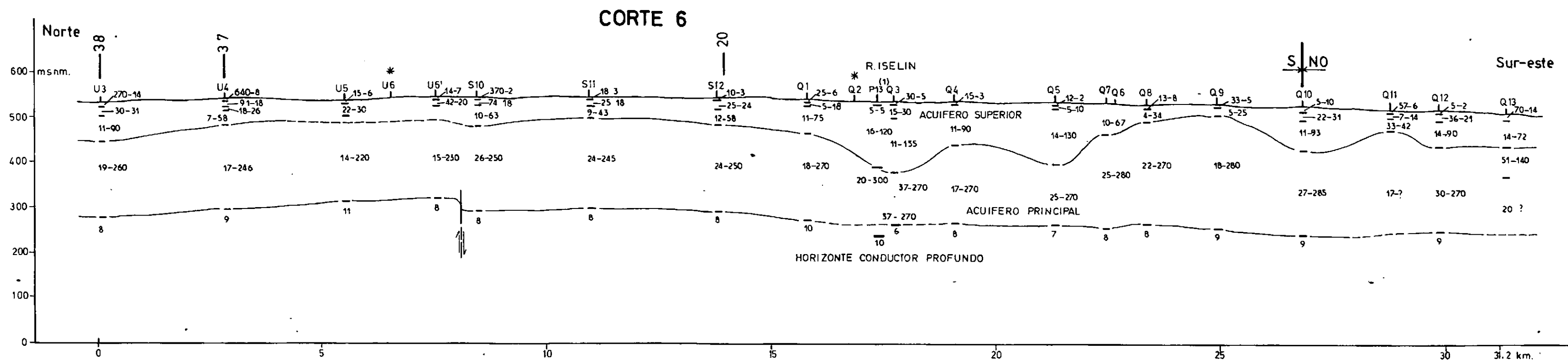
Lámina

Unidad: Hidrogeología

Fecha: 08-82

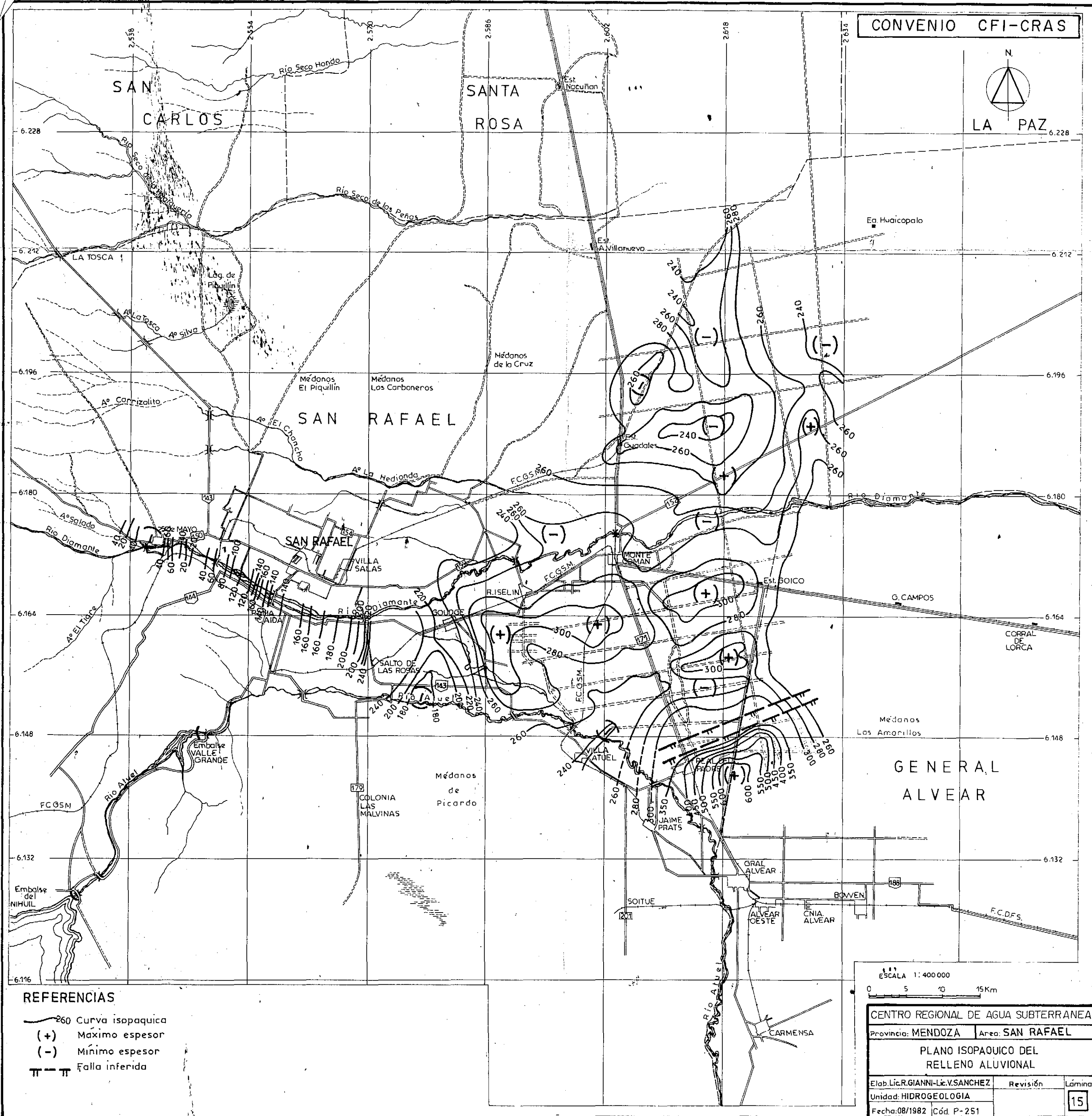
Cód.: P-251

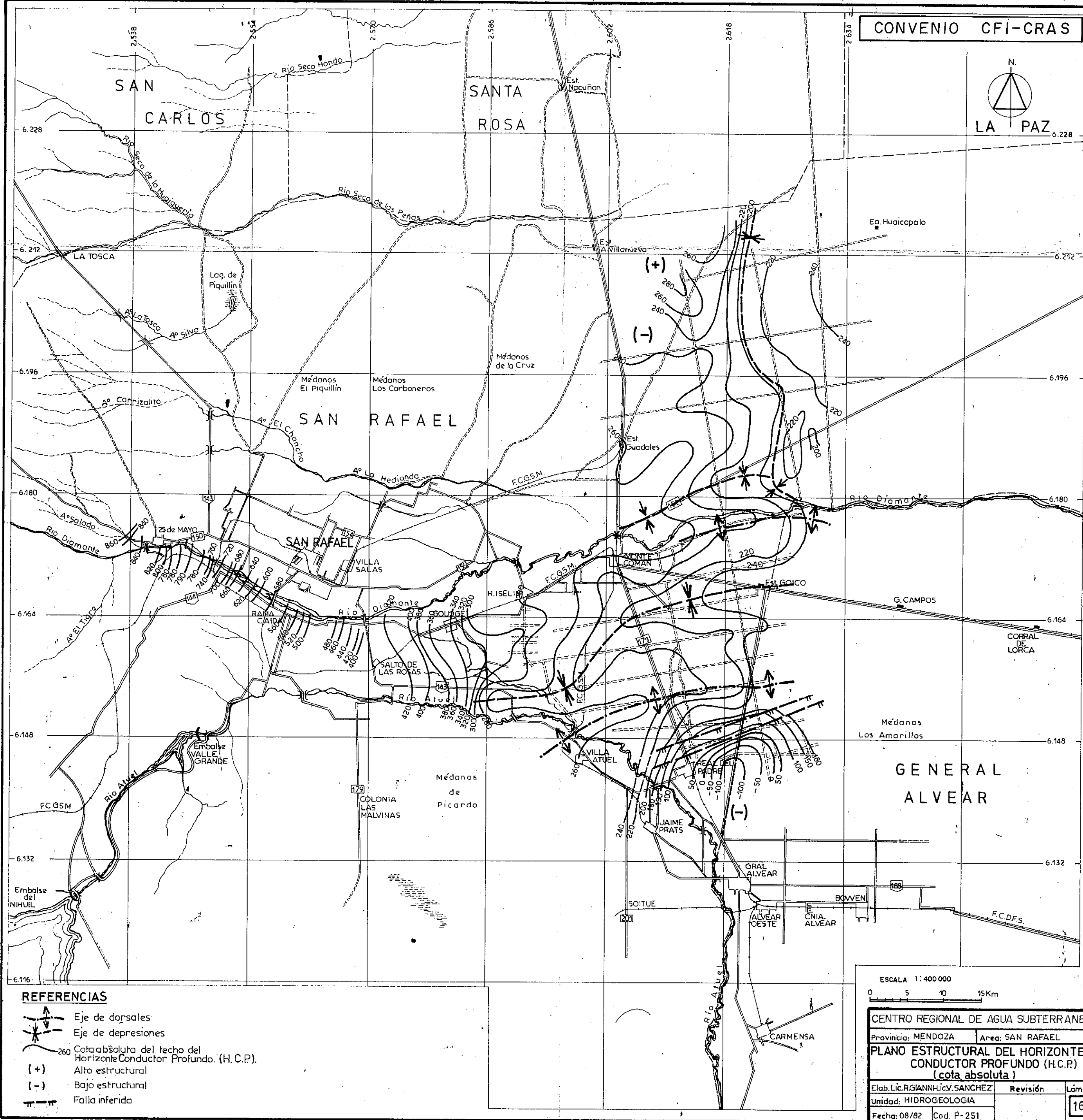
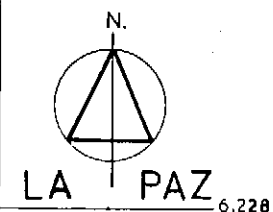
13



Nota: P13⁽¹⁾
 Los SEV. Q1 y Q3 se realizaron con línea de emisión transversal al S.E.V. P13 de ahí las diferentes profundidades obtenidas para el H.C.P.

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA		
San Juan-República Argentina		
Provincia MENDOZA	Área: SAN RAFAEL	
INTERPRETACION GEOFISICO-GEOLOGICA		
CORTE 6		
Elaboró: Lic. R.N. GIANNI	Revisión	Lámina
Unidad: HIDROGEOLOGIA		14
Fecha: 08/82		





REFERENCIAS

- Eje de dorsales
- Eje de depresiones
- Cota absoluta del techo del Horizonte Conductor Profundo. (H.C.P.)
- Alto estructural
- Bajo estructural
- Falla inferida

ESCALA 1:400 000

0 5 10 15 Km

CENTRO REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Provincia: MENDOZA

Area: SAN RAFAEL

PLANO ESTRUCTURAL DEL HORIZONTE CONDUCTOR PROFUNDO (H.C.P.)
(cota absoluta)

Elab. Lic. R. GIANNI Lic. V. SANCHEZ

Revisión

Lámina

Unidad: HIDROGEOLOGIA

Fecha: 08/82 Cod. P-251

16