

# **COMPORTAMIENTO HIDROQUÍMICO DEL RECURSO HÍDRICO DEL VALLE DE UCO – PROVINCIA DE MENDOZA**

**Amílcar A. Alvarez y Jorge A. Villalba**

**Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino**

**Belgrano 210 oeste, M5500FIF Mendoza. Tel. 0261 4286998/ Fax 0261 4288251**

**E-mail aalvarez@ina.gov.ar**

## **INTRODUCCIÓN**

El fuerte incremento en la demanda de agua subterránea por el aumento de la superficie cultivada a raíz de nuevos emprendimientos agrícolas que se desarrollan principalmente en el área de acuífero libre ubicada en el sector occidental del Valle, requiere seleccionar un plan adecuado de aprovechamiento que asegure una explotación equilibrada a largo plazo.

El recurso hídrico del Valle de Uco, globalmente esta formado por una red de cursos superficiales, entre los que se destaca el río Tunuyán y una cuenca de agua subterránea de considerable extensión en la que es relevante la buena calidad del agua para diversas aplicaciones útiles.

Ambos recursos, superficial y subterráneo, interactúan entre sí en forma natural de acuerdo a condicionamientos físicos y consecuentemente dinámicos relacionados. A su vez esta cuenca está vinculada a la cuenca hidrogeológica Mendoza Norte mediante el río Tunuyán en su tramo inferior. A la salida del Valle de Uco, este río podrá sufrir modificaciones inducidas por las distintas acciones antrópicas que se desarrollan sobre el agua superficial y subterránea. Por lo tanto, cualquier efecto no deseado sobre el recurso hídrico de esta cuenca, sobre aspectos cualitativos y/o cuantitativos, podrá incidir también en la cuenca Norte en el área de influencia del río Tunuyán Inferior.

Los acuíferos profundos de agua dulce que se explotan, son más vulnerables a la contaminación en la franja occidental en el área de acuíferos libres. En cambio en la zona oriental del Valle los acuíferos profundos están protegidos de cualquier comunicación vertical desde el acuífero superior freático por la existencia de capas de sedimentos poco permeables que delimitan verticalmente ambos acuíferos. Además, estas capas le dan al acuífero profundo características de confinamiento, manteniendo presiones hidráulicas positivas respecto al acuífero freático, lo que impide que entre ellos se produzcan flujos verticales descendentes.

El Departamento General de Irrigación (DGI) está abocado en la elaboración de una política de gestión de los recursos hídricos de este Valle. Para ello es necesario entre otras cosas tener presente el efecto que tendrá sobre la recarga, almacenamiento y descarga de la cuenca, la construcción de embalses superficiales y obras de impermeabilización de canales en zonas de acuífero libre, como así también toda acción que se desarrolle sobre el agua superficial y subterránea. A raíz de ello el DGI encargó al INA los estudios hidrogeológicos, a fin de tener los fundamentos técnicos que le permitan desarrollar una Política de Gestión optimizada del recurso hídrico global.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La obtención de información para la evaluación hidroquímica comienza con la extracción de muestras de agua subterránea durante la ejecución del censo de propiedades rurales, cultivos y perforaciones.

En las muestras de agua extraídas se efectuaron determinaciones “in situ” de conductividad eléctrica

específica (CEE) que representan una información muy completa de la salinidad del agua subterránea de los distintos horizontes de explotación actual.

En base a un programa preestablecido en función del conocimiento hidroquímico anterior, se seleccionaron en campaña 112 muestras de agua subterránea de perforaciones distribuidas en toda el área para realizar análisis químico de laboratorio.

## **RESULTADOS**

### **Evaluación de las características hidroquímicas generales del agua superficial y subterránea**

El informe original consta de numerosas láminas con figuras y gráficos ilustrativos de aspectos hidroquímicos relevantes empleados en la evaluación hidrogeológica, en este trabajo por razón de espacio se presentan solo 5 figuras.

#### **Agua superficial**

Existen en el área diferentes fuentes de agua superficial que ejercen un efecto hidroquímico importante sobre las características químicas del agua subterránea.

Estas fuentes de agua superficial, ríos y arroyos en su mayoría de régimen permanente, se originan al oeste de la cuenca en la cordillera Frontal y Principal debido a la fusión de hielo y nieve allí acumulada, como así también a las precipitaciones pluviales ocurridas en sus cuencas hidrográficas.

Entre los principales cursos de agua superficial pueden mencionarse los ríos Tunuyán y de Las Tunas, arroyos De La Carrera, Anchayuyo, Chupasangral, Villegas, Olmos, Grande, Manzano, Yaucha y Aguanda, que constituyen las fuentes de recarga más importantes de la cuenca subterránea. También existe información de afluentes de algunos de estos cursos, tales como los arroyos Negro, De Las Casas, Guevara, Cuevas, Santa Clara, Novillo Muerto, Pircas, Cepillo y Papagayos.

En la parte baja de la cuenca ubicada en la zona centro–este del Valle, se encuentran los cursos de agua colectores de drenaje subterráneo, de los cuales se posee información hidroquímica de los arroyos: La Estacada, Guiñazú, Claro, Salas Caroca y San Carlos.

En la figura 5 se muestra la ubicación de los puntos de agua superficial de los cuales se ha recopilado información hidroquímica.

#### **Río Tunuyán**

El río Tunuyán nace en la zona de la cordillera Principal y está formado por la unión de los ríos Palomares y Salinillas. Es, entre los recursos superficiales del área el que tiene mayor caudal, producto de los numerosos aportes que recibe a lo largo de su recorrido antes de ingresar a la cuenca de agua subterránea. Para el período 1942/2001 se determinó un derrame medio de  $929 \text{ Hm}^3$ , lo que implica un módulo de  $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Este río constituye el único egreso superficial de la cuenca, actuando en su tramo medio como colector de una serie de cursos de agua que nacen de la unión de dos o más arroyos cordilleranos o se forman con el caudal aportado por vertientes o por descarga natural de la cuenca subterránea.

Así, en las épocas en que no se deriva agua por la red de riego se han registrado mayores caudales del río Tunuyán a la salida de la cuenca, que al ingresar a la misma. Los cursos de agua colectores de drenaje subterráneo más importantes que descargan al río Tunuyán en su tramo medio son de norte a sur: La Estacada, Guñazú, Claro, Salas Caroca y San Carlos.

La composición química del río Tunuyán en el Dique Valle de Uco puede considerarse como la composición inercial a la entrada de la cuenca, a partir de allí comienza a notarse la incidencia de distintos aportes.

En este punto se obtuvieron 35 muestras durante el período 1968/2000. La salinidad registrada varía desde 810 a 1870  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el promedio es de 1259  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el período de muestreo considerado notándose una correlación curvilínea inversa de la salinidad con el caudal instantáneo y una leve variación del carácter hidroquímico desde sulfatada cálcica y cálcica sulfatada (predominante) a sulfatada cálcica sódica.

Al egreso de la cuenca se registran 37 análisis químicos obtenidos durante el período 1970/2000 en los que se observa que la salinidad varía desde 1009 a 1837  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que la composición química relativa varía desde cálcica sulfatada para los períodos de salinidades menores a sulfatada sódica cálcica para los de máxima salinidad.

En este punto de muestreo no existe correlación entre la salinidad y caudal según, lo cual se debe al comportamiento hidrológico del río en su tramo medio en que recibe aportes de los colectores y de descarga subterránea con una dinámica diferenciada de los aportes superficiales provenientes de la zona de aporte de la cordillera. La descarga subterránea responde al comportamiento de la superficie freática frente a las condiciones del balance global de la cuenca donde intervienen la ecuación de recarga descarga actual y la velocidad de desplazamiento de la onda de recarga.

### **Modificaciones hidroquímicas del río Tunuyán en su tramo medio**

Como se dijo anteriormente el Río Tunuyán en su tramo medio recibe importantes aportes de efluencias subterráneas directas en su lecho y a través de los colectores de drenaje. Aguas abajo del Dique Valle de Uco, luego de comportarse como influente, comienza a recibir estos aportes de 228,87  $\text{Hm}^3$  anuales, según promedios obtenidos de mediciones de caudal efectuadas en el período 1978/98, que compensan volumétricamente las derivaciones para riego y las pérdidas de su tramo influente, tal es así que los balances anuales del río muestran una ganancia de agua a la salida de la cuenca.

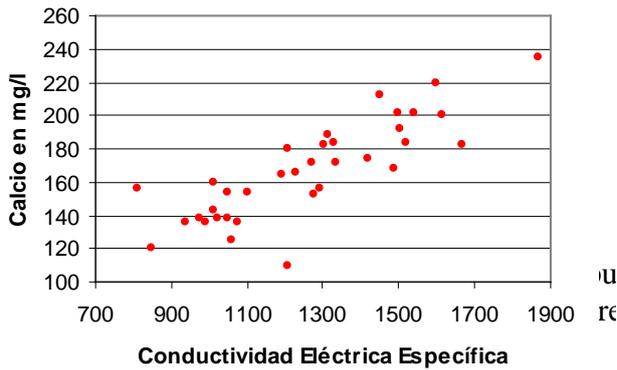
Los colectores tienen una incidencia directa de las modificaciones hidroquímicas que puede sufrir el acuífero mas superficial por actividades antrópicas, entre las que se destaca la actividad agrícola que tiene una marcada tendencia creciente en el Valle. Estas inciden por lo tanto en la composición química del río en la zona de aportes, incrementándose las concentraciones relativas de sulfato, sodio y bicarbonato y disminuyendo la de calcio y cloruro.

En términos generales las salinidades del conjunto de los colectores varían entre 737  $\mu\text{S}/\text{cm}$  medida en el arroyo Guñazú a 2560  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el arroyo Claro, mientras que los promedios se encuentran entre 1045 y 1736  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que indica que no existen diferencias sustanciales en el contenido salino entre estos y el río Tunuyán al ingreso a la cuenca.

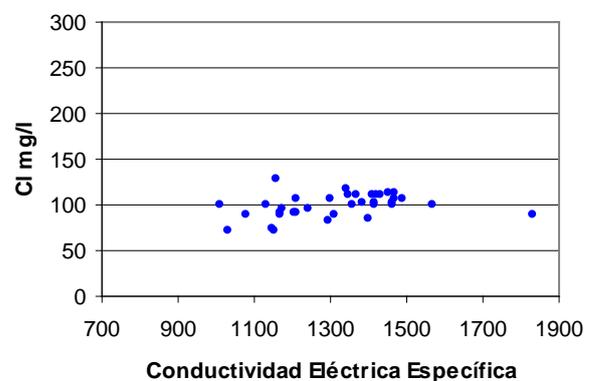
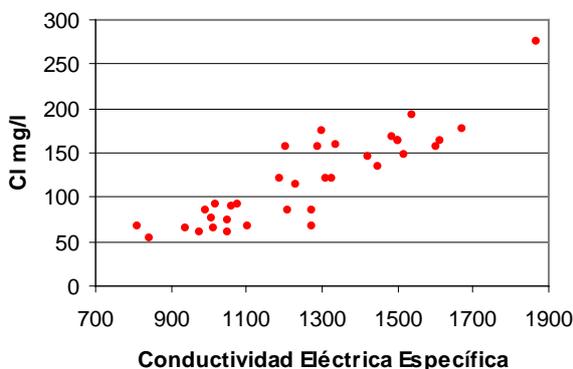
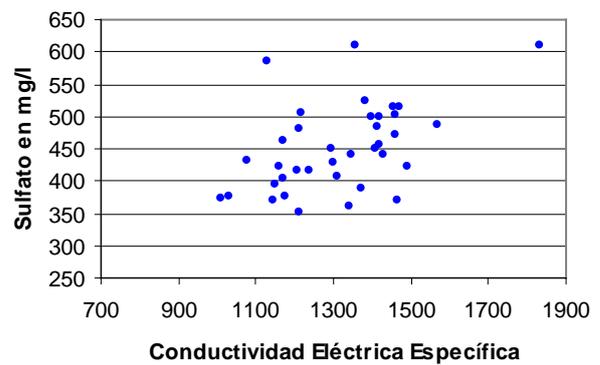
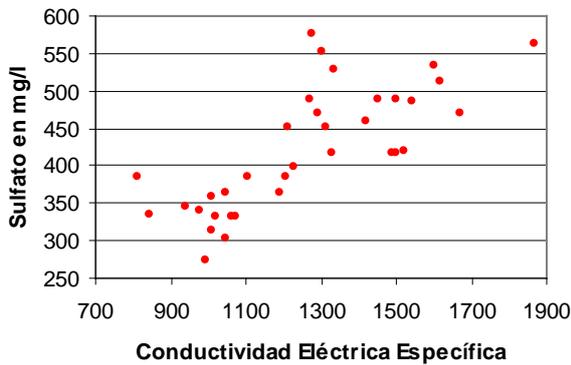
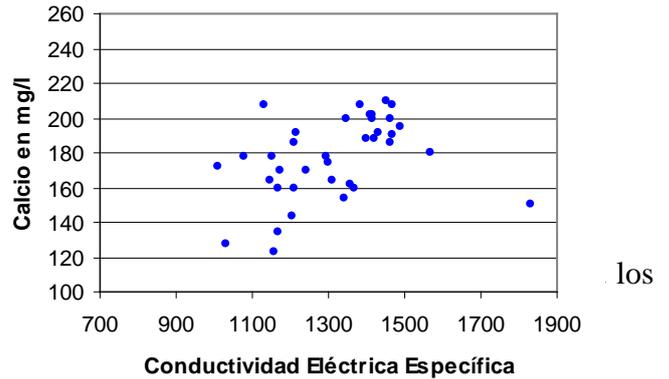
Para observar mejor los cambios químicos en los dos puntos de muestreo considerados con relación a la salinidad y comprender la influencia de los aportes de los colectores en el tramo medio del río se construyeron diagramas en coordenadas ortogonales que muestran la relación entre la salinidad y el contenido en mg/l de los iones calcio, sulfato y cloruro en dique Valle de Uco y Puente Furlotti.

### Río Tunuyán. Salinidad vs. Concentraciones iónicas en mg/l

Dique Valle de Uco



Puente Furlotti

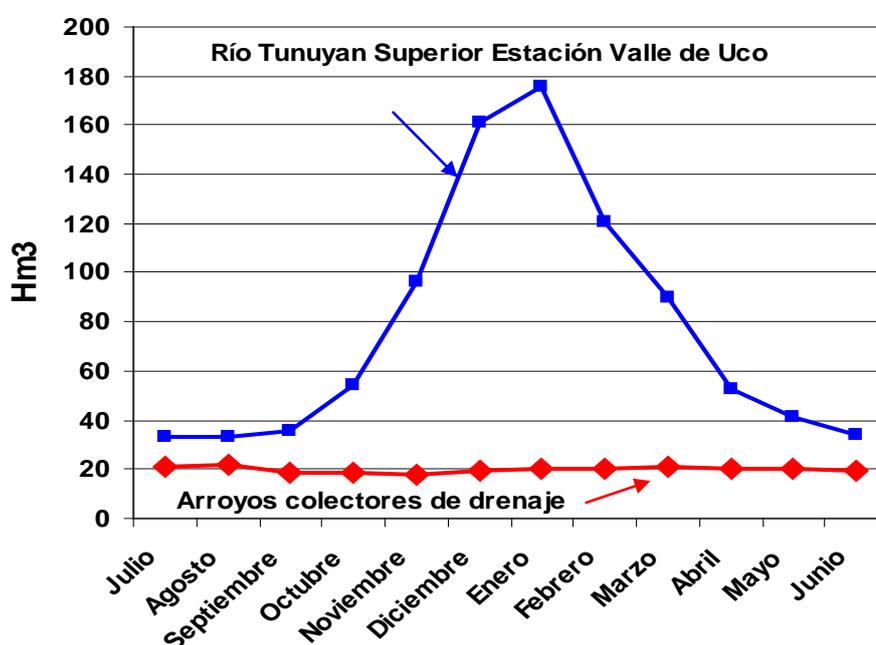


En el Dique Valle de Uco en que el río Tunuyán presenta condiciones que derivan de cambios naturales producto de ciclo hidrológico y de los aportes minerales de la cuenca imbrífera los iones cloruro, sodio, calcio y sulfato muestran un cierto grado de correlación con la salinidad. Las líneas de tendencia de regresión potencial para dichos parámetros definieron coeficientes de determinación que varían de entre  $R^2 = 0,59$  para sulfato y  $R^2 = 0,77$  para cloruro. Vale decir que existe una

tendencia que marca un aumento de la concentración de los iones considerados con el aumento de la salinidad.

En Puente Furlotti los coeficientes de determinación para los mismos parámetros varían entre  $R^2 = 0,14$  para el cloruro y  $R^2 = 0,40$  para el sodio, lo que indica que no existe una correlación que muestre una tendencia de variación de la concentración iónica con la variación de la salinidad.

En el siguiente gráfico se muestra la sumatoria del aporte mensual promedio de los colectores para un período de 19 años, con relación al derrame mensual promedio del río Tunuyán medido entre 1942 y 2001 en la Estación Valle de Uco, ubicada al ingreso de la cuenca de agua subterránea. En él se observan claramente los ciclos estacionales de variación de ingresos del río y la escasa modificación en los colectores.



En un análisis de los procesos de mezcla entre ambas fuentes se debe considerar los caudales pasantes del río Tunuyán en Dique Valle de Uco luego de las derivaciones para riego que allí se efectúen y las efluencias subterráneas directas al cauce del río en su tramo medio, las que poseen características químicas similares a los colectores.

### Arroyos Negro, De las Casas, Guevara y Cuevas

Los arroyos de este grupo se caracterizan por poseer aguas del tipo bicarbonatadas cálcicas predominantemente y en algunos casos bicarbonatadas cálcicas sulfatadas con excepción del Negro con aguas cálcicas sulfatadas. La salinidad es relativamente baja en el período de muestreo considerado, la cual en términos de conductividad eléctrica oscila entre 137 y 369  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Arroyos De La Carrera y Chupasangral

Las salinidades de éstos difieren en orden relativo ya que el arroyo Chupasangral posee salinidades que varían entre 413 y 785  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el período de muestreo considerado mientras que el arroyo De

La Carrera presenta baja concentración de sales con conductividades de 159 a 226  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ambos arroyos se caracterizan por tener aguas de tipo sulfatadas cálcicas aunque se destacan también las concentraciones relativas del magnesio y del bicarbonato que oscila entre 7,95 y 18,66 % me.

### **Arroyos Santa Clara, Novillo Muerto y río De Las Tunas**

El agua de estos arroyos se desvía a partir del dique de Las Tunas por el canal matriz Tupungato para su utilización como complemento de riego en una importante zona del Departamento de Tupungato. La salinidad de estas fuentes es relativamente baja, variable entre 167 y 643  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El más caudaloso de los arroyos es el Santa Clara con un derrame medio anual de 49,60  $\text{Hm}^3$ . A pesar de esa variación total del agua escurrida en un determinado instante, la salinidad total sólo cambió de 343 a 528  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El arroyo Las Tunas con un derrame medio anual de 39,18  $\text{Hm}^3$  presenta mayor variación en la salinidad del agua, con valores de conductividad eléctrica entre 258 y 643  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Las aguas de las dos fuentes superficiales más importantes del grupo están caracterizadas como sulfatadas cálcicas y cálcicas sulfatadas.

### **Arroyos Villegas, Olmos, Grande, Pircas y Manzano**

Estos arroyos, que se forman fundamentalmente de la fusión de hielo y nieve en la cordillera Frontal y de lluvias esporádicas, ingresan a la cuenca desde el oeste por la parte central de la misma, delimitada al norte por el río de Las Tunas y al sur por el río Tunuyán. La conductividad eléctrica, varía entre 87 y 288  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Una característica distintiva de este grupo de arroyos con respecto al conjunto de las fuentes de agua superficial del área de estudio, es la baja concentración absoluta de sodio, que de acuerdo a la información recopilada varía entre 0,6 y 11,5 mg/l, aunque el promedio en ninguno de los arroyos supera los 6,1 mg/l.

### **Arroyos Yaucha y Aguanda**

La conductividad eléctrica del agua varía entre 188 y 552  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el A° Gaucha y entre 370 y 781  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los iones predominantes son el calcio, el bicarbonato y el sulfato en los que se presenta en la mayoría de los casos concentraciones relativas que superan el 20%. Por lo que se encuentran aguas con tipologías químicas tales como cálcicas sulfatadas, cálcicas bicarbonatadas y cálcicas bicarbonatadas sulfatadas. En muy pocos casos se encuentran aguas del tipo sódicas.

### **Agua subterránea**

#### **Generalidades**

La cuenca hidrogeológica de la zona centro ha sido rellenada por sedimentos cuaternarios cuyas características granulométricas, mineralógicas y distribución areal dependen fundamentalmente de su origen. Estos sedimentos provienen principalmente del borde occidental de la cuenca, disminuyendo hacia el este su granulometría. Esta reducción granulométrica, como así también la influencia de barreras tectónicas y reducción de la pendiente topográfica determinan de oeste a este las siguientes zonas:

- ✓ Zona de infiltración, localizada en el área de piedemonte, extendiéndose en dirección norte-sur y caracterizada por sedimentos gruesos y sueltos (cantos rodados, gravas, arenas).

- ✓ Zona intermedia o de conducción y reservorio, ubicada al este de la zona de infiltración y con sedimentos de menor granulometría.
- ✓ Zona de descarga, al este de la precedente y caracterizada por la presencia de sedimentos de menor granulometría intercalados con sedimentos finos (limos) determinando zonas de confinamiento.

El esquema geomorfológico de la cuenca, determinante de las áreas de recarga y descarga, condiciona el movimiento general del agua subterránea que es radial, convergente hacia el ángulo nororiental de la cuenca (confluencia del arroyo La Estacada con el río Tunuyán).

Estudios hidrológicos, basados en mediciones de niveles estáticos de perforaciones, y geológicos, de perfiles litológicos de pozos, permiten determinar unidades acuíferas que presentan características de acuífero libre y otras con características de acuífero confinado. Estas últimas presentan surgencia a profundidades en general mayores de 80 metros, en una extensa área ubicada al oeste de la cuenca.

### **Evaluación de la salinidad del agua subterránea - Variaciones verticales y horizontales**

En las 4754 explotaciones rurales que se censaron en el área de estudio se registraron 2240 perforaciones. De aquellas perforaciones que estaban en condiciones de uso se obtuvieron muestras de agua, pero como la información de profundidad de explotación es imprescindible para la interpretación hidroquímica se efectuó una primera depuración que dio por resultado 942 muestras en las que se efectuaron determinaciones “in situ” de CEE y temperatura.

#### **Variación vertical de la salinidad**

Se logró reconocer la existencia de estratificación o zonación vertical de la salinidad en la cuenca de agua subterránea en dos niveles coincidentes con los definidos en evaluaciones anteriores. En general se observan mayores valores de salinidad del agua subterránea en los espesores acuíferos más superficiales. Estos niveles se designan como nivel acuífero superior y nivel acuífero inferior y entre ambos abarcan todo el espesor acuífero explotado actualmente.

*El nivel acuífero superior* se desarrolla en la totalidad del área de estudio y se caracteriza como acuífero libre en toda su extensión. Se extiende en toda la cuenca de agua subterránea con profundidades que varían según la zona debido principalmente al pronunciado gradiente topográfico y de la superficie piezométrica. Al este de la cuenca la máxima profundidad de explotación alcanza los 80 m, donde el substrato inferior constituido por materiales muy poco permeables forma un cierre hidráulico en sentido vertical con los acuíferos subyacentes, los que producen por acumulación de presión, surgencia natural. En la franja ubicada al oeste del área, fuera de la zona de surgencia, las profundidades de este nivel de explotación aumentan progresivamente debido a la mayor profundidad del espesor saturado, alcanzando los 150 m aproximadamente.

*El nivel acuífero inferior* comprende, al este de la cuenca, casi exclusivamente acuíferos confinados con surgencia natural, con profundidades de explotación que en general superan los 80 m, aunque en algunos sectores la surgencia comienza a menor profundidad.

Pudo establecerse en general, que a estas profundidades de explotación el agua subterránea es menos mineralizada y más uniforme en su salinidad que la del primer nivel de explotación o acuífero superior.

## **Variación horizontal de la salinidad**

La evaluación de la variación horizontal de la salinidad se efectuó para cada nivel de explotación utilizando los mapas con curvas de isosalinidad que se muestran en las figuras 6 y 7.

### **Nivel acuífero superior**

La salinidad en el sentido horizontal varía entre 224 y 2.650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estas variaciones no responde a un comportamiento de evolución natural en el sentido del movimiento regional del agua en el acuífero desde las áreas de recarga debido a la influencia de factores locales proveniente de la infiltración de excedentes de riego y lixiviado de las sales del suelo. Las variaciones de nivel y los efectos hidrodinámicos de la explotación y efectos de convección y difusión salina son también factores que producen con mayor rapidez la salinización vertical del nivel de explotación superior.

### **Nivel acuífero inferior**

Este nivel se destaca por el bajo grado de mineralización.

La CEE varía para toda la cuenca entre 205  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tunuyán) y 969  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tupungato). Si bien se observan CEE del orden de los 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el promedio que es de 396  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se acerca a los valores mínimos.

El agua subterránea de esta cuenca está caracterizada por el reservorio de agua dulce de mejor calidad en la provincia de Mendoza. Esto se manifiesta en mayor grado en el nivel acuífero inferior y principalmente en la zona central descrita anteriormente. En dicha zona existe una influencia hidroquímica muy marcada por la recarga de los arroyos cordilleranos que escurren de oeste a este, ubicados entre el río De Las Tunas y el arroyo Manzano, que son de muy bajo nivel de mineralización.

## **Evaluación hidroquímica del agua subterránea**

En el Valle de Uco se han sacado muestras de agua subterránea de perforaciones para realizar análisis químicos de laboratorio desde el año 1974, pero esta tarea no ha tenido continuidad y la densidad de muestreo en cada oportunidad no ha sido totalmente representativa del sistema hídrico subterráneo.

Las condiciones hidroquímicas se han interpretado mediante la aplicación de diferentes procedimientos de evaluación utilizándose planos de isosalinidad, isodureza, clasificación de agua, de igual relación iónica, igual contenido de algunos elementos disueltos en el agua, como asimismo los diagramas multivariantes de Piper.

El análisis del comportamiento hidroquímico del agua subterránea se lo hace teniendo en cuenta los dos niveles acuíferos definidos en el área de estudio dadas sus características particulares e interpretando la influencia hidroquímica que ejercen sobre el agua subterránea las fuentes de agua superficial que ingresan a la cuenca por su sector occidental.

A fin de facilitar la comprensión de la interpretación hidroquímica efectuada, el área de estudio se la divide en diferentes zonas para cada nivel acuífero. Esta división se ha realizado teniendo en cuenta, fundamentalmente, la influencia de los recursos superficiales sobre el agua subterránea y el

comportamiento hidroquímico particular para cada uno de ellos.

A continuación se describen para los dos niveles de explotación las características químicas de estas zonas, la relación con el agua superficial y los efectos modificadores de su composición detectados o inferidos según el análisis hidroquímico efectuado en esta oportunidad.

### **Nivel acuífero superior**

Este nivel acuífero, como se dijo anteriormente, se comporta como libre en toda su extensión y a su vez es el más próximo a la superficie del terreno. Esto significa que no tiene protección natural a las percolaciones que se producen desde la superficie siendo muy vulnerable a modificaciones hidroquímicas inducidas por efectos exógenos provenientes de acciones antrópicas y endógenos por cambios hidrológicos significativos.

El conjunto de estos aspectos hace que el comportamiento hidroquímico del primer nivel acuífero esté más influenciado por los factores locales o zonales que las modificaciones hidroquímicas regionales que se producen debido a la interacción del agua con los materiales que conforman el acuífero en su movimiento horizontal desde las áreas principales de recarga.

De esta manera los mapas hidroquímicos de este nivel de explotación generalmente solo reflejan condiciones locales que solo permiten definir las características químicas sectoriales, las que no muestran un comportamiento vinculado a la dinámica hídrica regional. No obstante en algunas zonas es posible determinar el grado de asociación hidroquímico del agua subterránea con la recarga proveniente de las distintas fuentes superficiales.

Los aspectos mencionados pueden analizarse a través de los mapas hidroquímicos que se adjuntan tales como los de curvas isotenos de salinidad, dureza total, sulfato, bicarbonato y sodio; las relaciones iónicas: sulfato/ bicarbonato y calcio/ sodio, las zonas que muestran la caracterización hidroquímica y los diagramas de Piper donde además se graficó la composición química relativa de las fuentes superficiales.

### **Zona Norte y Noroeste del departamento Tupungato**

El agua subterránea del nivel acuífero superior, de la zona de referencia, está representada por dos grupos hidroquímicos netamente diferenciados entre sí, identificados como I y II. El grupo I se caracteriza por poseer concentraciones de bicarbonato variables entre 18 y 31 % me y de sulfato entre 15 y 27 % me y el grupo II por poseer concentraciones de bicarbonato variables entre 5 y 14 % me y de sulfato entre 27 y 40 % me. . Por lo tanto en el grupo I predominan las aguas del tipo cálcicas bicarbonatadas y en el grupo II sulfatadas cálcicas. La salinidad también está diferenciada en ambos grupos ya que en el grupo I varía desde 300 a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en el grupo II entre 730 y 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El grupo I es representativo del sector ubicado al norte, delimitada al nordeste por el borde hidrogeológico de la cuenca y al sur por Loma del Peral, que actúa también como cierre hidrogeológico al menos para las formaciones acuíferas cuaternarias. El grupo II representa un sector que abarca la Villa de Tupungato, limitando el noreste con el borde de cuenca, al oeste con la Loma del Peral y al sur con el carril Los Álamos.

En el diagrama de Piper también se graficó la composición química del arroyo Cuevas que ingresa a

la cuenca por su sector noroeste con los arroyos Negro, De las Casas y Guevara, por ser representativo del conjunto y del arroyo Santa Clara y río De Las Tunas.

La influencia hidroquímica del agua superficial sobre el agua subterránea del grupo I está claramente definida ya que la caracterización hidroquímica del arroyo Cuevas se correlaciona con la del grupo I en el diagrama. Además al considerar la relación  $\text{SO}_4^{=}/\text{HCO}_3^-$ , se ve que ésta toma valores entre 0,5 y 2,6 lo que indica la presencia de aguas de carácter bicarbonatadas y sulfatadas. Analizando las fuentes superficiales que ingresan a la cuenca en este sector se puede definir que esto se debe a la influencia de la recarga de los arroyos Negro, De las Casas, Guevara y Cuevas, que para mayores caudales conducen aguas de características netamente bicarbonatadas con relación  $\text{SO}_4^{=}/\text{HCO}_3^- < 1,0$ .

Al analizar el comportamiento de distintos parámetros hidroquímicos se observa que la salinidad y las concentraciones absolutas de sulfato, calcio y sodio aumentan en el sentido del flujo subterráneo. Al interpretar las variaciones en el campo aniónico se deducen diferentes procesos en el acuífero. Los efectos modificadores en la composición del agua se producen en la dirección del flujo subterráneo que tiene una componente principal noroeste-sureste en este sector.

El agua subterránea representada por el grupo II se caracteriza por ser la más salina del departamento de Tupungato. La mayor parte del sector está delimitado por la curva de isoconductividad eléctrica de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aunque al sur de la Villa Tupungato se observa una zona definida entre 1500 y 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a partir de donde disminuye la salinidad hasta el sureste, en el sentido del flujo hasta llegar a valores próximos a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Comparando estas características con las de los recursos superficiales de la zona puede inferirse que las características del agua subterránea de este sector, estaría asociada con: la recarga principal proveniente del oeste a través del arroyo Santa Clara y río De Las Tunas distribuidas en la zona de riego mediante el canal matriz Tupungato. Esto último se observa claramente al comparar las características químicas generales del agua subterránea representada por el grupo II, coincidentes con la de dichas fuentes superficiales.

También es posible la influencia hidroquímica de la recarga proveniente de los arroyos de La Carrera y Chupasangral que tienen agua de características netamente sulfatadas cálcicas y de recargas esporádicas provenientes del borde de cuenca influenciadas por la presencia de materiales terciario del anticlinal de Tupungato, próximo a la zona, que podría tener incidencia en la mayor concentración de sodio respecto a los arroyos que provienen de la cordillera frontal. Esta zona está fuertemente afectada por tectonismo por lo que para una mejor comprensión de los fenómenos producidos en ella se hace necesario estudios hidrogeológicos de mayor detalle.

### **Zona Sureste del departamento Tupungato**

Esta zona se localiza en el extremo sureste del departamento de Tupungato, limitada al sur y noreste por el arroyo Guiñazú y el borde de cuenca hidrogeológico respectivamente. En la figura, donde se han trazado las curvas de isosalinidad del nivel acuífero superior se observa que para esta zona la salinidad total varía entre 700 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero estas variaciones no representan una tendencia de mineralización en dirección del flujo, debido a la incidencia de factores modificadores locales.

Los puntos que representan las principales características químicas del agua subterránea de esta zona están identificados en el campo de los cationes por poseer un contenido relativo de sodio entre 8 y 27 % me y una concentración relativa de calcio, entre 19 y 35 % me. En cuanto a los aniones,

estas aguas tienen un contenido relativo de sulfato entre 30 y 40 % me, de bicarbonato entre 5 y 15 % me y de cloruro inferior al 14% me.

Las mayores concentraciones de sodio de esta zona se encuentran al nordeste, en proximidades al anticlinal de Tupungato, que hace de borde de cuenca, donde la relación calcio/ sodio tiene valores inferiores a 1,0 lo que indica la presencia de aguas sódicas influenciadas por aguas provenientes de acuíferos en formaciones terciarias caracterizadas como sulfatadas sódicas.

### **Zona Oeste departamento Tunuyán y Suroeste departamento Tupungato**

El agua del subsuelo en esta zona se caracteriza por su baja concentración salina, la que varía entre 350 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Se extiende de norte a sur desde la margen izquierda del río De Las Tunas hasta el arroyo La Rioja.

La composición química de esta agua está representada por el grupo I del diagrama de Piper de la figura 25 que se adjunta. Se caracteriza por tener un mayor contenido relativo de calcio, variable entre 28 y 41 % me, de bicarbonato entre 20 y 33 % me y de sulfato entre 15 y 25 % me, mientras que el tenor de sodio se mantiene por debajo del 11 % me y el cloruro por debajo de 5 % me.

La evaluación de la información obtenida demuestra la influencia hidroquímica ejercida por los arroyos Villegas y Grande que participan en una alícuota importante de la recarga de la cuenca de agua subterránea.

En los mapas con curvas isotenores elaborados se nota la semejanza entre el agua subterránea de la zona y la de los arroyos mencionados anteriormente y permiten inferir que la mineralización del agua en este sector se produce hacia el este, en el sentido del flujo de agua subterránea, como un proceso de evolución hidroquímica natural, sin notarse hasta la fecha anomalías provocadas por causas exógenas propias de las actividades antrópicas como el riego, que generalmente se producen en las formaciones acuíferas libres mas superficiales.

En esta zona, existe una creciente explotación del agua subterránea debido a la importante expansión de la superficie cultivada dado la conjunción de factores favorables para el desarrollo agrícola. Es posible que esto genere a mediano plazo una modificación de las condiciones hidroquímicas actuales, aumentando la concentración de sólidos disueltos en el agua subterránea. La dinámica de dichos cambios dependerá de la magnitud de la explotación y de la renovación natural del almacenamiento de la cuenca.

El sodio es uno de los elementos que caracterizan a la zona y que ayudan a definir la influencia de los arroyos mencionados determinando una franja que se extiende de norte a sur al oeste de la zona con concentraciones de sodio inferiores a 10 mg/l. Estos arroyos tienen concentraciones de sodio que varían entre 1,2 y 11,5 mg/l. Ambos valores se han determinado para el arroyo Grande con un promedio de 5,1 mg/l de sodio.

La relación  $\text{Ca}^{++} / \text{Na}^{+}$  disminuye con el aumento de salinidad desde 6,0 a 4,0 aproximadamente lo que indica un mayor incremento de la concentración de sodio respecto al calcio en la dirección del flujo, por lo que existe mayor posibilidad hacia el oeste de extraer agua subterránea con contenidos de sodio ideales para el consumo humano, disminuyendo así la dosis de sodio en dietas especiales.

### **Zona Vista Flores, río Tunuyán y La Consulta.**

Esta zona se extiende en forma de cuña hacia el este a ambos márgenes del río Tunuyán y de norte a sur, en su parte más amplia, desde el margen derecha del arroyo Grande hasta el margen izquierda del arroyo El Cepillo y abarca la localidad de Vista Flores del departamento Tunuyán y la localidad del La Consulta del departamento San Carlos.

La salinidad de esta zona varía entre 700 y 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aproximadamente con un valor promedio del orden de los 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , más próximo a los mayores tenores. Las curvas de salinidad muestran que esta disminuye radialmente desde el oeste en forma divergente.

La elevada salinidad, relativa al área de estudio, está asociada con la del río Tunuyán (conductividad eléctrica entre 810 y 1.870  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), que es la principal fuente de recarga del área de estudio.

La influencia del río Tunuyán sobre las características químicas del agua subterránea puede comprobarse al analizar la composición iónica del agua subterránea y superficial de la zona, las que están caracterizadas por lo siguiente: elevada concentración relativa de sulfato (entre 30 y 36% me) y bajo contenido relativo de bicarbonato (entre 4 y 11% me) y cloruro (entre 5 y 14% me). En cuanto a los cationes, se caracterizan por su baja concentración relativa de magnesio (menor del 7% me) y un contenido de calcio y sodio que muestran una dispersión en un rango muy amplio, entre 21 y 34 % me para el primero y entre el 9 y 21 % me para el segundo. Similares conclusiones se obtienen si se analizan las curvas isotenos e igual relaciones. Todas ellas marcan la influencia hidroquímica de la recarga del río Tunuyán en el agua subterránea de esta zona con pequeñas diferencias en la relación  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$  que se debería a una disolución de  $\text{CaCO}_3$  durante la infiltración, favorecida por la actividad del anhídrido carbónico del suelo.

Las particulares condiciones hidroquímicas de esta zona determinan la existencia del agua de inferior aptitud para diversos usos de la cuenca.

Ambas zonas están delimitadas químicamente a través de una estrecha interfase donde el equilibrio piezométrico evita que estas se mezclen manteniendo así sus características propias otorgadas por las fuentes de recarga y la dinámica química particular en el movimiento horizontal en el acuífero.

### **Zona Centro y Sur del departamento San Carlos**

Esta zona abarca la mayor parte del área cultivada del departamento San Carlos y presenta la menor salinidad en la parte sur suroeste, experimentando una progresiva mineralización en la dirección del flujo subterráneo, que en la zona tiene una dirección principal sur – norte y suroeste - noreste. En general la salinidad varía entre 400 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un valor promedio de 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aproximadamente. Una franja longitudinal al arroyo Aguanda posee salinidades que oscilan entre 400 y 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta las proximidades de la localidad de San Carlos.

La composición química relativa del agua subterránea de la zona y de los arroyos Yaucha y Aguanda que contribuyen a la recarga de acuíferos a partir de infiltraciones que se producen en sus cauces al ingresar desde el sur a la cuenca hidrogeológica se volcó en diagrama de Piper.

Al analizar estos cambios hidroquímicos del agua subterránea de la zona en función del aumento general de salinidad se observa que aumenta la concentración relativa de sulfato respecto al bicarbonato y de calcio respecto al sodio, lo que estaría indicando, para este sector, un proceso de disolución de sulfatos y calcio en su circulación regional.

Lo dicho anteriormente se verifica también con las curvas de igual relación  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$  y

$\text{Ca}^{++}/\text{Na}^+$  que varían desde 1 a 4 y desde 3 a 4 respectivamente.

Desde el punto de vista de la tipología química del agua subterránea, existe un área ubicada al sur de la localidad de Pareditas que posee aguas predominantemente sulfatadas sódicas. Probablemente los pozos muestreados en ese lugar de la cuenca estén explotando acuíferos de formaciones de edad terciaria. El resto de los pozos del grupo extraen aguas predominantemente bicarbonatadas cálcicas y cálcicas bicarbonatadas sulfatadas.

En el sector oeste de la zona, influenciado por la recarga del arroyo Aguanda, el agua subterránea es del tipo sulfatada cálcica y cálcica sulfatada.

### **Nivel acuífero inferior**

El nivel acuífero inferior comprende, al este de la cuenca, casi exclusivamente acuíferos confinados con surgencia natural, con profundidades de explotación que en general superan los 80 m, aunque en algunos sectores la surgencia comienza a menor profundidad.

Una particularidad importante de este nivel de explotación es que se encuentra más protegido naturalmente a los procesos de degradación inducidos provenientes de la recarga vertical de efluentes generados en actividades antrópicas, de percolaciones del riego. En la zona con espesores acuíferos confinados que presentan surgencia natural es aun menos vulnerable a la contaminación a partir de los niveles suprayacentes de mayor mineralización dado que la diferencia de presión hidráulica entre ambos acuíferos, de producirse comunicaciones inducidas entre ellos, provocaría flujos ascendentes.

De la interpretación puede establecerse que en general, a esta profundidad, el agua subterránea es menos mineralizada y más uniforme en su salinidad que la explotada en el nivel acuífero superior (primer nivel de explotación).

La conductividad eléctrica del agua varía entre 205  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tunuyán) y 969  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tupungato), no obstante el promedio que es de 396  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se acerca a los valores mínimos. La zona de menor salinidad se localiza en la parte central de la cuenca, con valores de conductividad eléctrica inferiores a los 400. Se definen también zonas relativamente pequeñas de mayor salinidad, del orden de los 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , las que se encuentran al este y sureste de la Loma del Peral, sureste del departamento Tupungato, noreste de La Consulta en la margen derecha del río Tunuyán y al este de la villa de San Carlos.

Otro aspecto importante de este nivel acuífero es que en general los cambios en la dirección del flujo subterráneo de la salinidad y de todos los parámetros hidroquímicos considerados se corresponden con el proceso de evolución natural del agua en su movimiento regional a través de las formaciones acuíferas desde las áreas de recarga.

Tal como se describe en este informe las salinidades del agua subterránea poseen tenores que caracterizan a esta cuenca como uno de los reservorios de agua dulce de mejor calidad en la provincia de Mendoza. Esto se manifiesta en mayor grado en el nivel acuífero inferior y principalmente en la zona central donde existe una influencia hidroquímica muy marcada por la recarga de los arroyos cordilleranos que escurren de oeste a este, ubicados entre el río De Las Tunas y el arroyo Manzano, son de muy bajo nivel de mineralización.

El comportamiento hidroquímico del agua en este nivel permite diferenciar, a grandes rasgos, tres

zonas cuyas características se transcriben a continuación:

### **Zona Norte**

Esta zona está delimitada al nordeste por el borde de cuenca y al sur por el río de Las Tunas. La salinidad varía entre 350 - 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la margen izquierda del río De Las Tunas y 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  al sur de la Loma del Peral. El contenido de sodio y de sulfato aumenta y el bicarbonato disminuye en el sentido de flujo.

Al analizar la evolución hidroquímica espacial del agua subterránea de la zona, se puede inferirse que tiene su origen en recargas provenientes del oeste a través de las mismas fuentes superficiales que alimentan el nivel superior, principalmente del arroyo Santa Clara y río De Las Tunas. A partir de allí, se va modificando en su recorrido a través de las formaciones acuíferas, de bicarbonatadas cálcicas a cálcicas bicarbonatadas sulfatadas y cálcicas sulfatadas.

### **Zona Central**

Esta zona está ubicada en la parte centro de la cuenca y está limitada al norte por el río de Las Tunas y al sur-sureste por el río Tunuyán. La salinidad total del agua subterránea en esta zona es la menor de cuenca. La conductividad eléctrica de laboratorio para los pozos con análisis químicos varía entre 224 y 424  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un promedio de 329  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Aunque existen algunos registros de conductividad de campo menores de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hacia el oeste en acuíferos libres. Se observa que el incremento de la salinidad se produce según la dirección del flujo subterráneo.

Las curvas de igual concentración de sodio obtenidas con esa información definen dos sectores de influencias hidroquímicas diferenciadas.

El sector norte que abarca la mayor parte de la zona central de la cuenca posee tenores muy bajos de este elemento, variables en general entre 10 y 20 mg/l, pero existen dentro de él dos áreas en forma de cuña con concentraciones por debajo de 10 y de 5 mg/l. Estas bajas concentraciones de sodio como así también la baja mineralización general de la zona se debe a la influencia hidroquímica de los arroyos Villegas, Olmos, Pircas, Grande y Manzano, principalmente del Villegas y Grande cuya recarga definiría las menores concentraciones de sodio de la zona, inferiores a 10 mg/l.

Estas reservas de agua subterránea son muy importantes por su calidad química para diversos usos. El área de influencia del arroyo Grande se caracteriza por su bajo tenor de sodio, ya que las concentraciones de este elemento menores de 5,0 mg/l la ubica entre las de mayor demanda en el mercado internacional de agua mineral para consumo humano.

El sector sur de la zona abarca un área comprendida entre el norte de la localidad de Vista Flores hasta el río Tunuyán. Se caracteriza por poseer concentraciones de sodio variables entre 20 y 80 mg/l aproximadamente, debido a la influencia hidroquímica del río Tunuyán.

El límite entre ambas zonas, definidas respecto al contenido de sodio es una franja longitudinal al flujo subterráneo zonal donde se produce una marcada interfase con tenores de sodio variables entre 10 y 80 mg/l con influencias de la recarga de los arroyos del oeste y la del río Tunuyán.

### **Zona Sur**

Esta zona se localiza al sur del río Tunuyán extendiéndose hacia el sur hasta el límite actual del área

cultivada que se encuentra al sur de la localidad de Pareditas. La salinidad del agua varía entre 400 y 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aunque la mayor parte de la zona tiene valores que oscilan entre 400 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las salinidades cercanas a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se encuentran circunscriptas principalmente sobre la margen derecha del río Tunuyán.

Se observa claramente para esta zona la influencia hidroquímica de los arroyos Yaucha y Aguanda, tal como sucede en el nivel acuífero superficial. No obstante, a diferencia de este último, aquí no se observa la influencia de la recarga del río Tunuyán.

## **CONCLUSIONES**

### **Generales**

1. Ambos recursos, superficial y subterráneo, interactúan entre sí en forma natural de acuerdo a condicionamientos físicos y consecuentemente dinámicos, como hidrológicos y químicos relacionados. A su vez esta cuenca está vinculada a la cuenca hidrogeológica Mendoza Norte mediante el río Tunuyán en su tramo inferior. A la salida del Valle de Uco, este río podrá sufrir modificaciones inducidas por las distintas acciones antrópicas que se desarrollan sobre el agua superficial y subterránea. Por lo tanto, cualquier efecto no deseado sobre el recurso hídrico de esta cuenca, sobre aspectos cualitativos y/o cuantitativos, podrá incidir también en la cuenca Norte en el área de influencia del río Tunuyán Inferior.
2. La evaluación hidroquímica permitió reconocer la existencia de estratificación o zonación vertical de la salinidad en la cuenca de agua subterránea en dos niveles que se designan como nivel acuífero superior y nivel acuífero inferior y entre ambos abarcan todo el espesor acuífero explotado actualmente.
3. La cuenca de agua subterránea del Valle de Uco, debido a la salinidad del agua subterránea, se la puede caracterizar como uno de los reservorios de agua dulce de mejor calidad en la provincia de Mendoza. Esto se manifiesta en mayor grado en el nivel acuífero inferior y principalmente en la zona central donde existe una influencia hidroquímica muy marcada por la recarga de los arroyos cordilleranos ubicados entre el río De Las Tunas y el arroyo Manzano.
4. El fuerte incremento en la demanda de agua subterránea por el aumento de la superficie cultivada, a raíz de nuevos emprendimientos agrícolas que se desarrollan principalmente en el área de acuífero libre ubicada en el sector Occidental del Valle, requerirá seleccionar un plan adecuado de aprovechamiento hídrico que asegure una explotación equilibrada a largo plazo.

### **Agua subterránea. Nivel acuífero superior**

5. El nivel acuífero superior se extiende en toda la cuenca de agua subterránea y se caracteriza como acuífero libre en toda su extensión. Al este de la cuenca la máxima profundidad de explotación alcanza los 80 m, al oeste aumentan progresivamente debido a la mayor profundidad del espesor saturado, alcanzando los 150 m aproximadamente.
6. En general se observan mayores valores de salinidad del agua subterránea en los espesores acuíferos más superficiales.
7. En el nivel acuífero superior se observa que existe una marcada diferenciación de la salinidad en el sentido horizontal, entre 224 y 2.650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que en general no responde a un

comportamiento de evolución natural.

8. La hidroquímica del primer nivel no muestra un comportamiento vinculado a la dinámica hídrica regional. En general este comportamiento refleja condiciones locales que solo permiten definir las características químicas sectoriales. No obstante, en algunas zonas fue posible determinar el grado de asociación hidroquímico del agua subterránea con la recarga proveniente de las distintas fuentes superficiales.
9. La zona de influencia hidroquímica del río Tunuyán se extiende en forma de cuña hacia el este a ambos márgenes del río. De norte a sur, en su parte más amplia, se extiende desde el margen derecho del arroyo Grande hasta el margen izquierdo del arroyo El Cepillo y abarca las localidades Vista Flores y La Consulta. La salinidad de esta zona varía entre 700 y 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aproximadamente (asociada con la del río Tunuyán entre 810 y 1.870  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y disminuye hacia el este en forma radial divergente.

### **Agua subterránea. Nivel acuífero inferior**

10. El nivel acuífero inferior comprende, al este de la cuenca, casi exclusivamente acuíferos confinados con surgencia natural, con profundidades de explotación que en general superan los 80 m, al oeste aumenta gradualmente la profundidad de techo de explotación, subyacente al nivel acuífero superior, sin poder precisarse su límite inferior.
11. Pudo establecerse que el agua subterránea del nivel acuífero inferior es menos mineralizada y más uniforme en su salinidad que la del primer nivel de explotación o acuífero superior.
12. En el nivel acuífero inferior los cambios hidroquímicos en la dirección del flujo subterráneo, en general, se corresponden con el proceso de evolución natural del agua en su movimiento regional a través de las formaciones acuíferas desde las áreas de recarga.
13. En la zona Norte, tiene incidencia hidroquímica el arroyo Santa Clara y río De Las Tunas.
14. La zona central limitada al norte por el río de Las Tunas y al sur-sureste por el río Tunuyán el agua subterránea del nivel acuífero inferior es similar a las fuentes superficiales que recargan desde el oeste (arroyos Olmos, Grande y Manzano).
15. El área de influencia del arroyo Grande se caracteriza por su bajo tenor de sodio, ya que las concentraciones de este elemento menores de 5,0 mg/l la ubica entre las de mayor demanda en el mercado internacional de agua mineral para consumo humano.
16. El sector sur de la zona Central abarca un área comprendida entre el norte de la localidad de Vista Flores hasta el río Tunuyán. Se caracteriza por poseer concentraciones de sodio variables entre 20 y 80 mg/l aproximadamente, debido a la influencia hidroquímica del río Tunuyán.
17. El límite entre ambos sectores, definidos respecto al contenido de sodio, es una franja longitudinal al flujo subterráneo zonal donde se produce una marcada y estrecha interfase con tenores de sodio variables entre 10 y 80 mg/l con influencias de la recarga de los arroyos del oeste al norte y la del río Tunuyán al sur.

### **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

**Alvarez, Amilcar (1983)** - "Evaluación hidroquímica de los recursos hídricos del Valle de Uco". P- 266 – Publicación CRAS - Sede San Juan, 1983.

**Alvarez, Amilcar (1984)** - "Avance en el conocimiento de la Cuenca Centro". DI - 141 - CRAS - Publicación CRAS - Sede San Juan, 1983.

**Alvarez, Amilcar (1998)** - "Control de la salinidad de la Cuenca del Valle de Uco". DI - 304 - Publicación CRAS - Sede San Juan, 1998.

**Alvarez, Amilcar – Villalba Jorge (2001)** - "Evaluación de la salinidad del agua subterránea en la Cuenca del Valle de Uco". IT N°6– Publicación INA-CRA. Mendoza, marzo 2001.

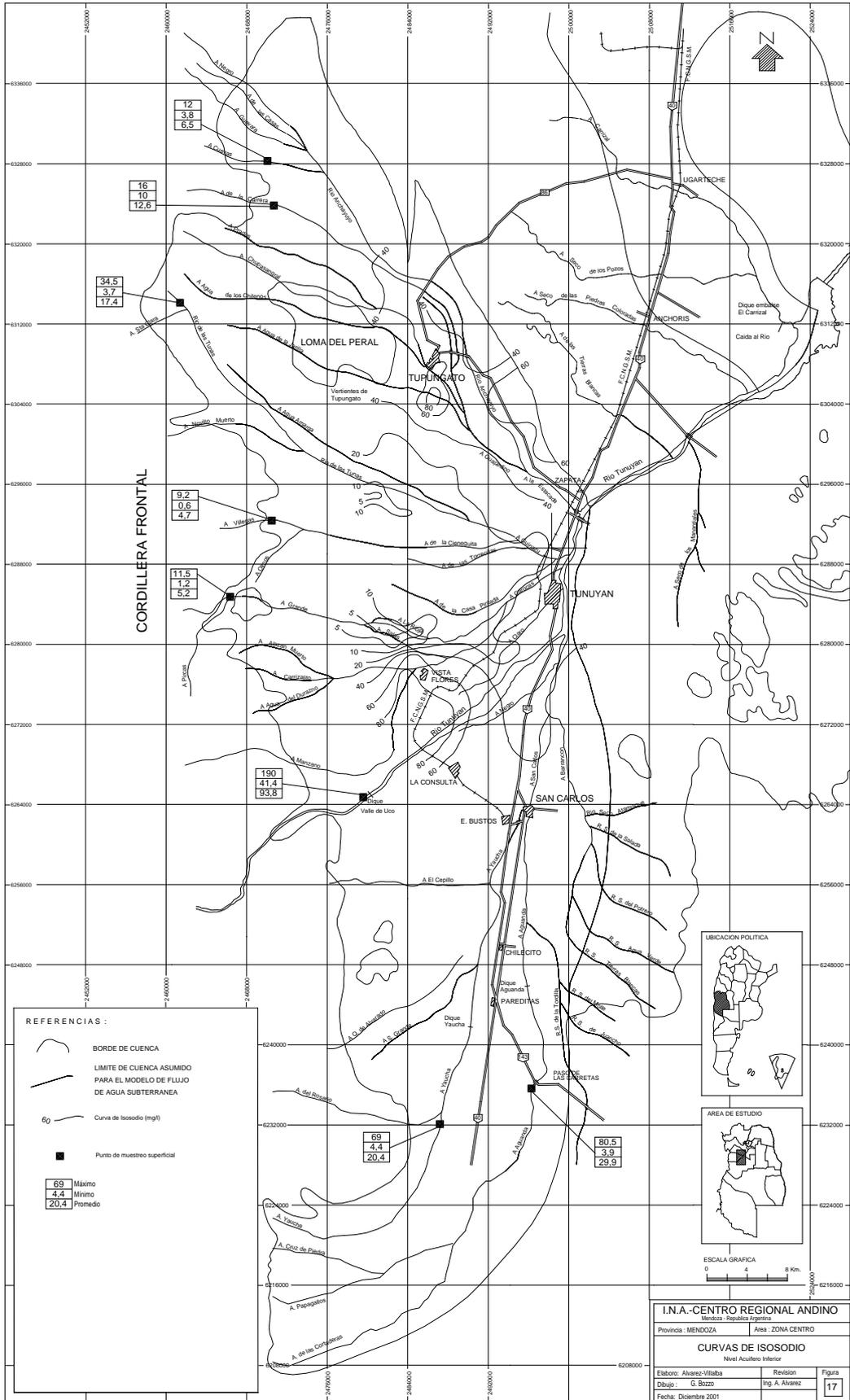
**Bessone, José (2001).** “Estudio de bordes de cuenca en el Valle de Uco-Provincia de Mendoza”. IT N°8-CRA. Publicación INA-CRA. Mendoza, abril del 2001.

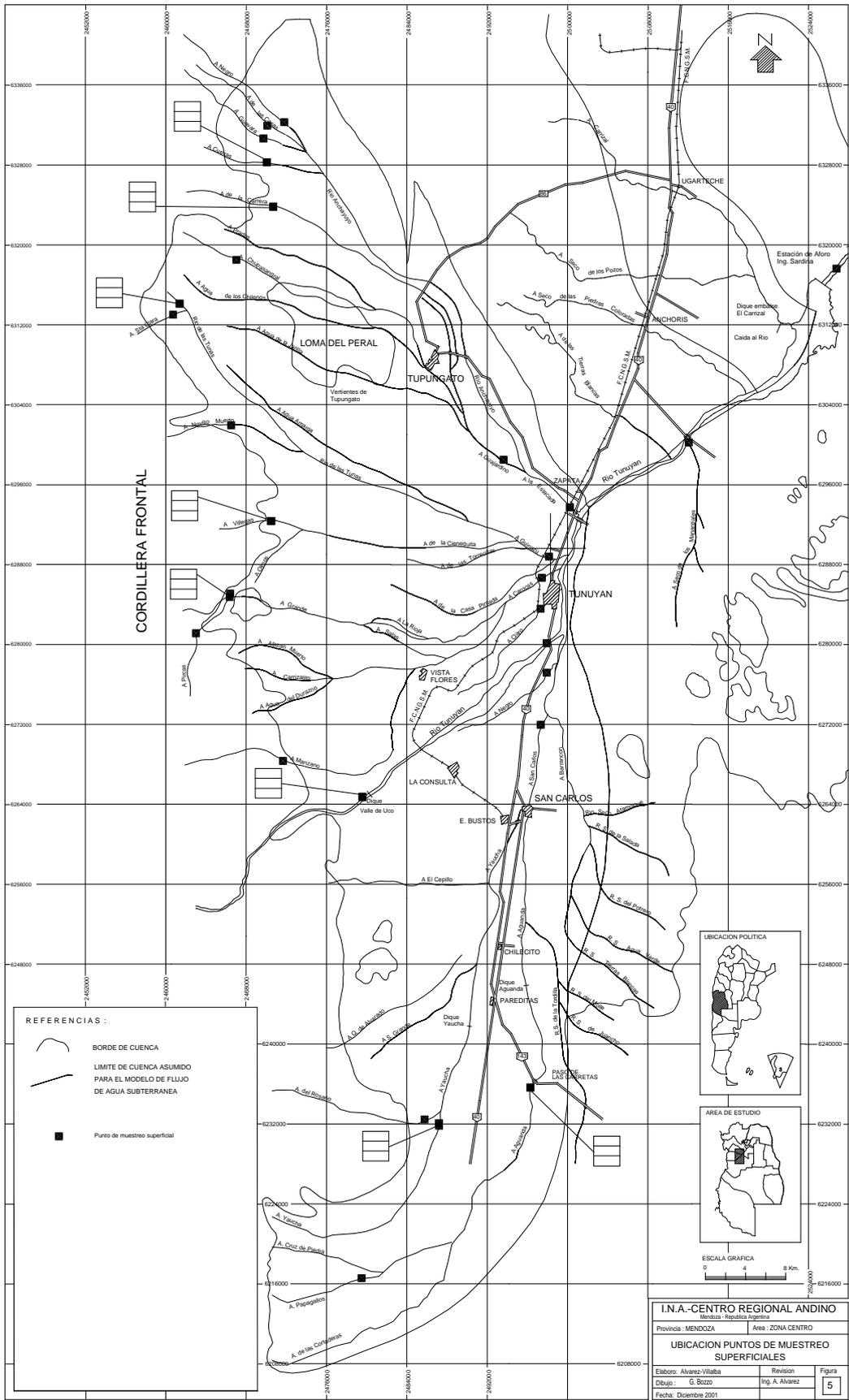
**Hernández, Jorge (1998).** “Aspectos hidrológicos del Valle de Uco-Provincia de Mendoza”. DI-291. Publicación INA. San Juan, julio 1998.

**Hernández, Jorge (1998).** “Balances agua-suelo-vegetación en el Valle de Uco-Provincia de Mendoza”. DI-292. Publicación INA. San Juan, julio 1998.

**Bessone, José y Robles, José (1995).** “Investigación hidrogeológica del Valle de Uco-Departamentos Tunuyán, Tupungato y San Carlos-Provincia de Mendoza”. CRAS, DI-244. San Juan, mayo de 1995.

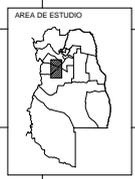
**Hernández, Jorge y Fornero, Luis (2000).** “Recopilación y procesamiento de información del Valle de Uco-Informe preliminar”. INA, julio 2000.



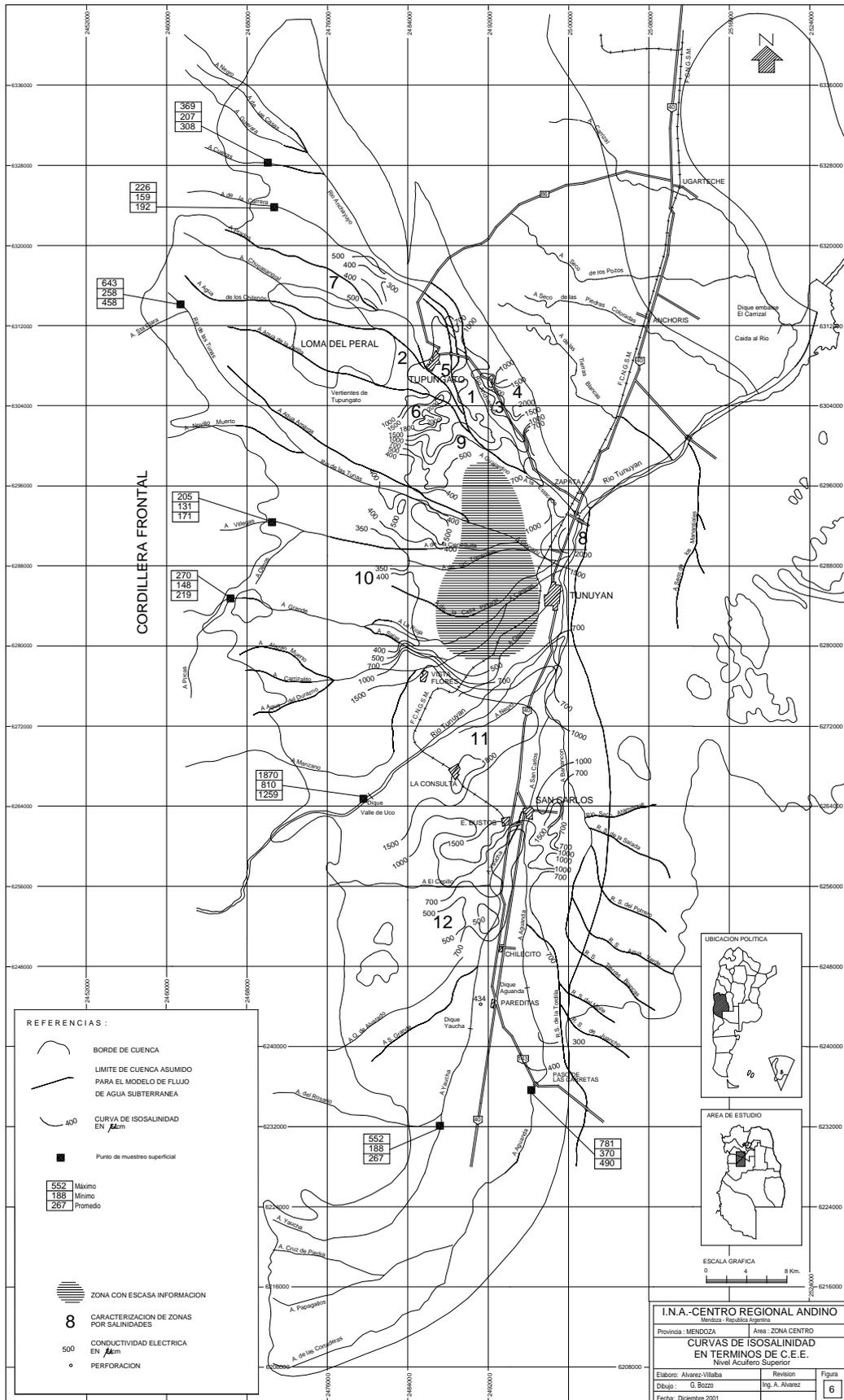


**REFERENCIAS :**

- BORDE DE CUENCA
- LIMITE DE CUENCA ASUMIDO PARA EL MODELO DE FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA
- Punto de muestreo superficial

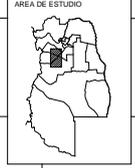


<b>I.N.A.-CENTRO REGIONAL ANDINO</b>	
Mendoza - Republica Argentina	
Provincia : MENDOZA	Area : ZONA CENTRO
<b>UBICACION PUNTOS DE MUESTREO SUPERFICIALES</b>	
Elaboro : Alvarez-Villalba	Revision
Dbujo : G. Bozzo	Ing. A. Alvarez
Fecha: Diciembre 2001	Figura <b>5</b>



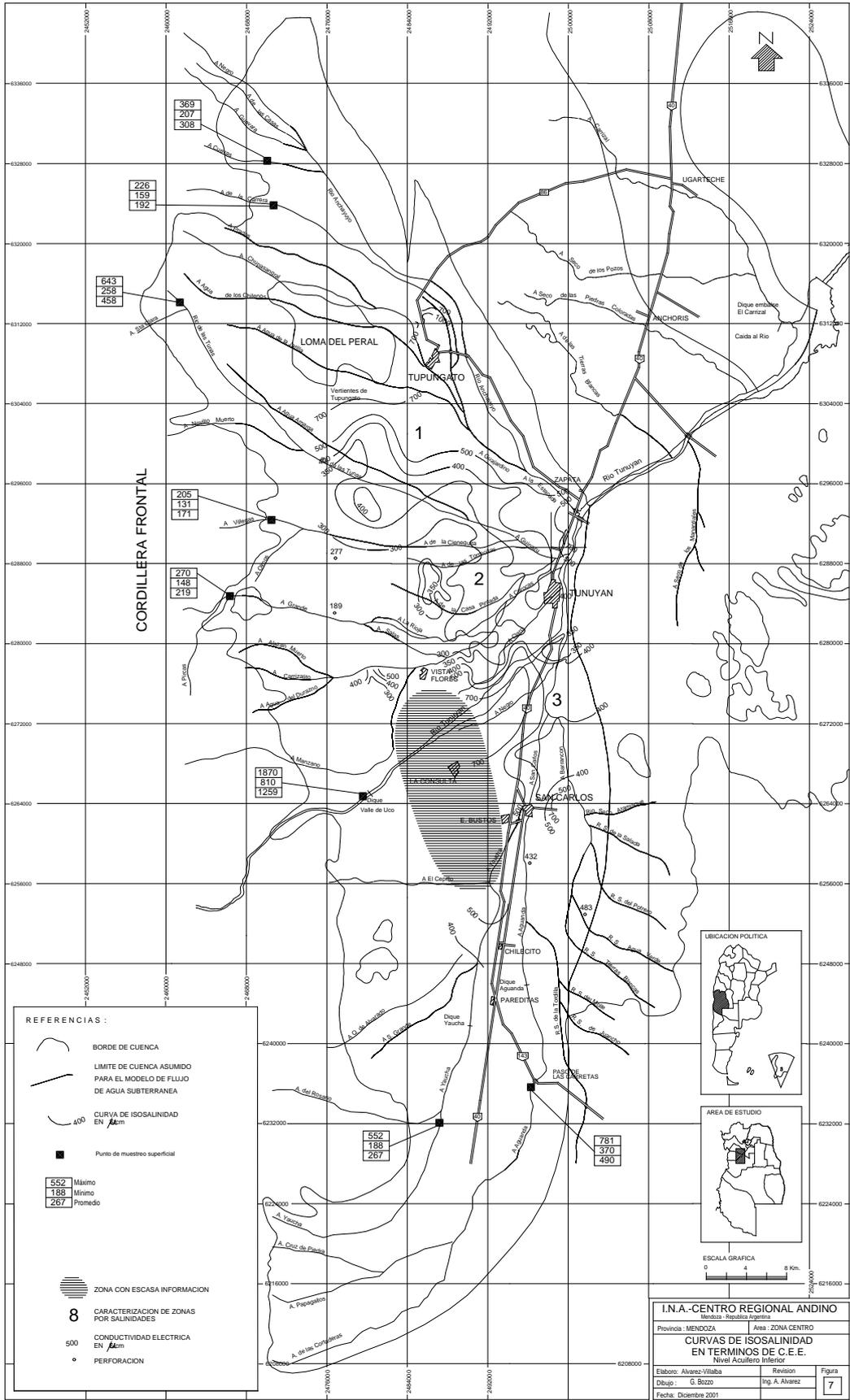
**REFERENCIAS :**

- BORDE DE CUENCA
- LIMITE DE CUENCA ASUMIDO PARA EL MODELO DE FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA
- CURVA DE ISOSALINIDAD EN Mm
- Punto de muestreo superficial
- |     |          |
|-----|----------|
| 552 | Máximo   |
| 188 | Mínimo   |
| 287 | Promedio |
- ZONA CON ESCASA INFORMACION
- CARACTERIZACION DE ZONAS POR SALINIDADES
- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN Mm
- PERFORACION



ESCALA GRAFICA  
0 4 8 Km

<b>I.N.A.-CENTRO REGIONAL ANDINO</b>	
Mendoza - Republica Argentina	
Provincia : MENDOZA	Area : ZONA CENTRO
<b>CURVAS DE ISOSALINIDAD EN TERMINOS DE C.E.E.</b>	
Nivel Acuífero Superior	
Elaboro : Alvarez-Vilalba	Revisión
Dibujo : G. Bozzo	Ing. A. Alvarez
Fecha : Diciembre 2001	Figura
	<b>6</b>



# DIAGRAMA DE PIPER

Modificado para concentraciones  
de iones expresadas segun :

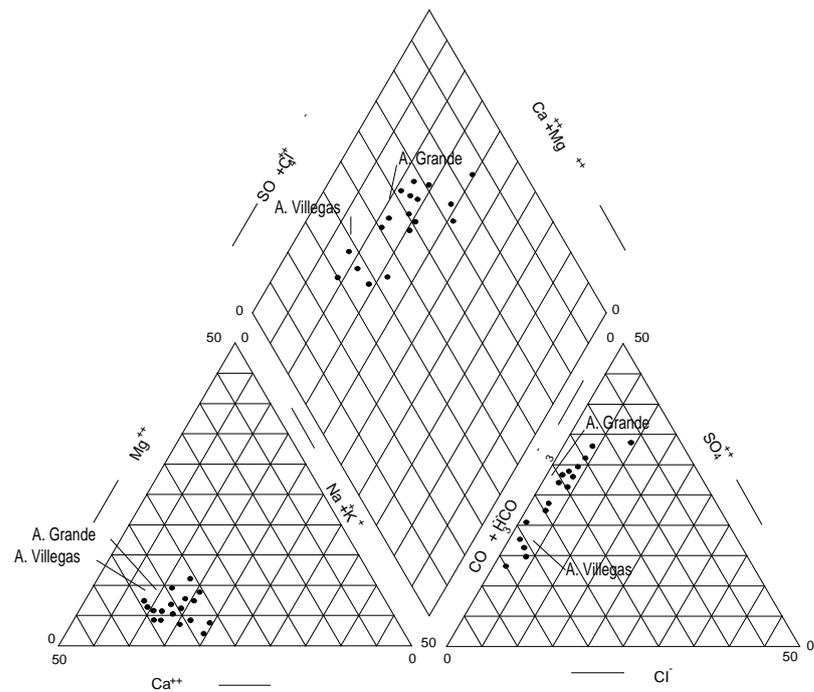
$$\% me = \frac{X^+}{\sum X^+ + \sum X^-} \cdot 100$$

$X^+$  = Cationes principales (me/l)

$X^-$  = Aniones principales (me/l)

## Características Químicas

Nivel Acuífero Inferior  
Zona Central Departamento Tunuyan



### Referencias :

- Agua Subterránea
- Agua Superficial