

PARTICULARIDADES DE LAS CUENCAS HIDROGEOLÓGICAS EXPLORADAS CON FINES DE RIEGO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

Hernández, Jorge y Nicolás Martinis

**Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino. Belgrano oeste 210, piso 4, ciudad
Mendoza. Telefono: 0261-4288251. Email: hernandezji@hotmail.com**

RESUMEN

En este trabajo se destacan los aspectos más importantes de las principales cuencas hidrogeológicas de Mendoza, por cuanto en ellas se desarrollan las actividades económicas de mayor relevancia asociada a los oasis productivos.

La información que se detalla -hidrogeológica, hidrológica e hidroquímica- de las cuencas conocidas como: cuenca Norte ó de los ríos Mendoza y Tunuyán inferior, cuenca Centro, del río Tunuyán Superior ó del valle de Uco, cuenca Sur ó de los ríos Diamante y Atuel y cuenca de los ríos Atuel- Salado-Malargüe es el resultado, en general, de los estudios realizados durante los últimos 45 años por el ex-Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS) y por el Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino (INA-CRA).

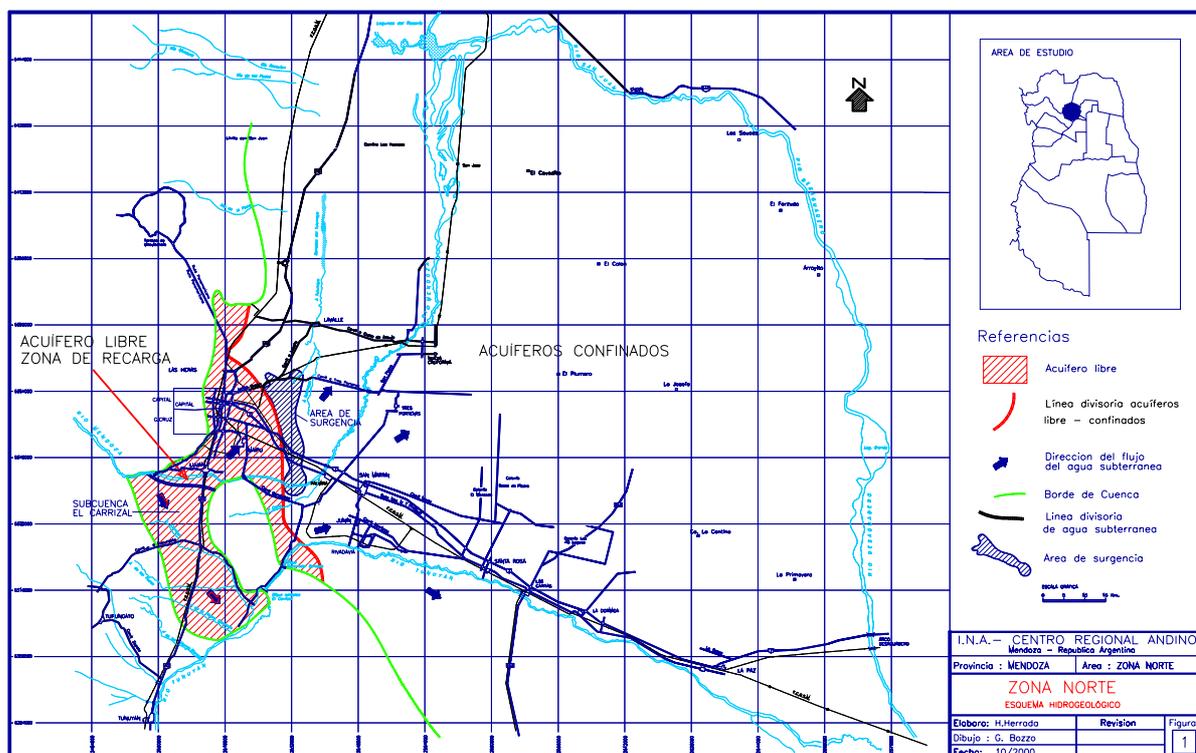
En cada caso, se describe su ubicación, extensión, formación y aspectos que se refieren a la recarga y descarga de los acuíferos, salinidad de las aguas subterráneas y balances hidrológicos.

En la bibliografía, figura el nombre de los investigadores que a través de sus trabajos han permitido alcanzar el conocimiento que se tiene de las cuencas de agua subterránea de Mendoza.

CUENCA NORTE (o de los ríos Mendoza y Tunuyán inferior)

La cuenca de agua subterránea Norte se encuentra ubicada, como su nombre lo indica, al norte de la provincia de Mendoza y recostada sobre la ladera este de la Cordillera de los Andes. Superficialmente abarca unos 22.800 km². Sus principales acuíferos se encuentran en una cubierta sedimentaria de edad neoterciaria, cuartaria y reciente. El sustrato está formado por sedimentos impermeables del terciario superior, sobre los que se acumulan depósitos aluviales y fluviales que fueron aportados por los ríos Mendoza y Tunuyán, éste en su tramo inferior. La sedimentación cuartaria dio origen a conos aluviales, en cuyos ápices se encuentran los ingresos de esos ríos a la cuenca, que se abren con forma de abanico hacia sus zonas distales a partir de las cuales se inicia una extensa llanura de inundación.

La variación del gradiente topográfico, decreciente de oeste a este, ha regulado la distribución y depositación clasificando el material transportado. Así, se encuentran sedimentos de grano grueso en todo el desarrollo vertical de los conos, conformando acuíferos que se comportan como libres. Esta zona constituye el área principal de recarga de la cuenca. La culminación de los conos coincide con un quiebre topográfico del terreno y disminución del gradiente dando origen a la disminución granométrica de los sedimentos. A partir de ese quiebre de pendiente, los depósitos de sedimentos mas finos dan origen a la existencia de formaciones menos permeables y a la aparición de un área de surgencia, cuyo eje mayor, de dirección noroeste sudeste, es transversal a la dirección de flujo del agua subterránea. Ésta es área de descarga natural más importante de la cuenca. Hacia el este, se continúa la planicie con disminución del tamaño de los sedimentos, manteniéndose un cierto predominio de arenas finas sobre los intervalos limo-arcillosos. Estas últimas le confieren a los acuíferos características de semiconfinamiento y en algunos casos confinamientos lenticulares locales.



Esquema hidrogeológico de la cuenca Norte ó de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior

Los ríos mencionados tienen sus cuencas imbríferas en la Cordillera de los Andes y los sedimentos que transportan y que han transportado y rellenado la cuenca tienen el mismo origen. Sus aguas son producto del derretimiento de las nieves precipitadas en la alta montaña y sus regímenes son de tipo nival: caudales crecientes desde la primavera al verano y decrecientes hacia el invierno.

El río Mendoza, cuyo módulo es de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, ingresa a la cuenca por el este, luego de abandonar las últimas estribaciones de la cordillera. Aporta a la misma el total de su caudal. A través de su lecho, desde su ingreso hasta el límite entre las zonas de acuífero libre y de acuíferos confinados, se produce la recarga natural de acuíferos más importante. Se estima que en ese tramo el río infiltra el 16% de su caudal. El resto es distribuido para riego y otros usos, todos ellos con derechos adquiridos a través de concesiones. Actualmente se riegan aproximadamente 63.000 hectáreas, de las cuales unas 22.300 se encuentran compensadas con agua subterránea. En área de influencia de este río existen, además unas 16.600 hectáreas cultivadas exclusivamente con agua subterránea. Es decir que, de un total de 79.600 hectáreas, el 51% es regado exclusivamente con agua superficial, el 21% con agua subterránea exclusiva y el 28% con ambas (uso conjunto).

El río Tunuyán, que se origina más al sur, ha contribuido a la formación de dos cuencas sedimentarias: la cuenca Centro o del Tunuyán Superior y la cuenca Norte. En la primera, parte de caudal es derivado para riego, parte se infiltra recargando acuíferos y el resto continúa su movimiento hacia la cuenca Norte. Este resto, en la zona baja de la misma cuenca Centro, colecta aguas del primer nivel acuífero que lo engrosan de tal forma que el caudal a la salida de la misma suele ser algo mayor que el que aporta desde la cordillera. En su recorrido hacia el norte, el río desemboca en el dique embalse El Carrizal, el que actúa como regulador de caudales para las áreas de regadío del Tunuyán Superior en la cuenca Centro y del Tunuyán Inferior en la cuenca Norte. Las erogaciones de El Carrizal y consecuentemente el ingreso a la cuenca Norte por el río Tunuyán, son del orden de los $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Aproximadamente el 6% se infiltra en zona de acuífero libre recargándolo. El resto se distribuye para riego y otros usos, también con derechos adquiridos a través de concesiones. Actualmente se riegan con ese resto aproximadamente 57.300 ha, de las cuales unas 24.000 se encuentran compensadas con agua subterránea. En área de influencia de este río existen, además, unas 28.600 ha cultivadas exclusivamente con agua subterránea. Es decir que, de un total de 85.900 ha, el 39% es regado exclusivamente con agua superficial, el 33% con agua subterránea exclusiva y el 28% con ambas (uso conjunto).

Si se sintetiza lo de ambos ríos, se tendría un total aproximado de 165.500 ha cultivadas en la cuenca, de las cuales el 45% se riega con agua superficial, el 25% con agua subterránea y el 30% con ambas en conjunto.

El agua subterránea almacenada en la cuenca, bajo la extensión ya mencionada y calculada para un espesor saturado de 150 m, es del orden de los 275.000 hm³. Su recarga anual producida por todo concepto (ríos, canales, retornos de riego, lluvia) en zona de acuífero libre ronda los 700 hm³. El sentido de flujo del agua subterránea se verifica desde el oeste en forma radial hacia el sur (subcuenca El Carrizal), este y norte en el caso del área de influencia del río Mendoza, y de sur a norte y este en el caso del Tunuyán Inferior. La cuenca tendría como descargas naturales a las lagunas de Guanacache al norte y al río Desaguadero al este pero, dada el uso intensivo del agua que se realiza en el oasis, las mismas permanecen sin agua largos períodos de tiempo.

Hoy, aproximadamente 8.000 perforaciones, especialmente orientadas a la extracción de agua subterránea para riego, explotan los acuíferos. Lo hacen tanto en la zona de acuíferos libres, en la zona de surgencia como en la zona de acuíferos confinados. En la zona de acuíferos libres los pozos exploran profundidades entre los 100 y 200 m. En la zona de surgencia, superando profundidades de 80 m se suele obtener agua que está expuesta a presiones y cuyo nivel se eleva a más de 5 m por sobre el terreno. En la zona de acuíferos confinados, el primer acuífero o acuífero freático se encuentra próximo a la superficie, aunque en la actualidad prácticamente se ha abandonado su explotación; hacia abajo se presentan acuíferos con diferentes grados de confinamiento y en virtud de estudios hidroquímicos se definieron netamente otros dos niveles de explotación; uno que va desde los 100 hasta los 180 m de profundidad y otro que supera los 200 m; ambos, dado su artesianismo presentan niveles estáticos cercanos a la superficie (10-15 m).

Las recargas que producen los ríos Mendoza y Tunuyán son determinantes de la tipología hidroquímica del agua subterránea en esas zonas, que es cálcica-sódica predominantemente. A partir de las áreas de mayor recarga, la composición química del agua subterránea evoluciona en su movimiento horizontal sufriendo una mineralización natural progresiva en la dirección del flujo principal, variable para los distintos niveles de explotación y con distinto grado de afectación por acciones antrópicas. En las zonas de acuíferos libres ese proceso muestra cambio en los valores de CEE de 1000 a 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, desde su sector proximal al distal. En la zona de acuíferos confinados, el acuífero freático varía su salinidad de 2.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a valores superiores a 5.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en zonas de intensa actividad agrícola. En general, este nivel no se explota actualmente debido a su elevado tenor de salinidad originado por la intensa actividad agrícola bajo riego que se desarrolla en superficie, causa por la cual la mayoría de las perforaciones de esta profundidad se han abandonando y reemplazado por otras que explotan los niveles más profundos.

En el segundo nivel de explotación, los tenores más bajos de salinidad, variables entre unos 700 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se encuentran en casi todo el sector de influencia del río Mendoza; hacia el este de la cuenca, ya en área de influencia del río Tunuyán Inferior, la salinidad aumenta progresivamente hasta alcanzar valores de 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; las salinidades elevadas que se presentan en este nivel en algunos sectores de la cuenca se deben principalmente a contaminación salina inducida desde el primer nivel por efectos derivados de la sobreexplotación de acuíferos, mala construcción de perforaciones y roturas de perforaciones por corrosión en cañerías de entubación. El tercer nivel de explotación, es el más profundo y es el que estaría menos expuesto a procesos de contaminación de origen exógeno. La salinidad del agua en este nivel varía entre unos 700 a 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero en el área de influencia del río Mendoza no supera los 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

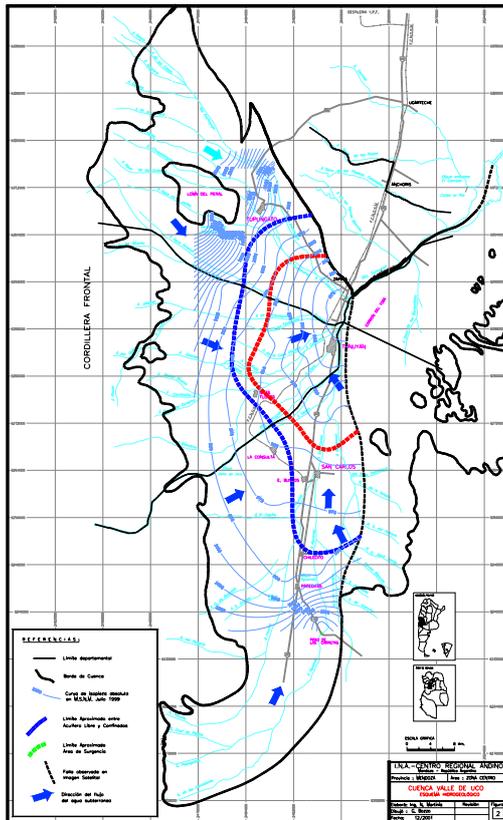
El bombeo total anual estimado para distintos años a través de la realización de balances hidrológicos varía entre los 250 y 600 hm³, según se trate de años pobres o ricos desde el punto de vista hídrico. Especial incidencia tiene, sin dudas, el área de uso conjunto en la cual gran parte de los agricultores utiliza agua subterránea para suplir los déficits de agua superficial. Es decir, el almacenamiento de agua subterránea ha sido hasta hoy el verdadero regulador de caudales para la agricultura y otros usos. Pronto, el embalse Potrerillos deberá comenzar a cumplir esa función.

Los balances hidrológicos no parecen mostrar una tendencia negativa en el almacenamiento del agua subterránea, exceptuando a la subcuenca El Carrizal, que además se encuentra amenazada por la contaminación petrolera. Salvo los faltantes estacionales, principalmente en primavera y comienzos del verano en algunos años, no se puede asegurar que la cuenca Norte se encuentre deficitaria de agua. Los mayores problemas

vinculados al agua están vinculados a la ya mencionada contaminación petrolera, a la salinización de acuíferos en la zona este de la cuenca y a los posibles impactos negativos que resulten del manejo de las aguas sin sedimentos que serán erogadas por el dique Potrerillos. Tanto el Gobierno de la Provincia como el Departamento General de Irrigación han encarado estudios vinculados a los temas mencionados.

CUENCA CENTRO (del río Tunuyán Superior ó del valle de Uco)

La cuenca de agua subterránea Centro se encuentra ubicada al centro-oeste de la Provincia de Mendoza. Superficialmente abarca unos 3.180 km². Tiene una forma alargada de norte a sur y se extiende adosada al este de la Cordillera de los Andes por unos 140 km. Sus principales acuíferos se encuentran en una cubierta sedimentaria de edad neoterciaria, cuartaria y reciente. El sustrato está formado por sedimentos impermeables del terciario superior, sobre los que se acumulan depósitos aluviales y fluviales que fueron aportados por el río Tunuyán, el río La Tunas y otros 19 arroyos de caudales permanentes. La sedimentación cuartaria dio origen a otros tantos conos aluviales alineados de norte a sur y adosados a la cordillera que se interdigitan; en sus ápices se encuentran los ingresos de esos cauces a la cuenca, que se abren con forma de abanico hacia sus zonas distales a partir de las cuales se inicia una escasamente desarrollada llanura aluvial. Al oeste de ésta afloran los sedimentos precuarterios que constituyen el sustrato o basamento impermeable originando el cierre oriental de la cuenca. En la zona occidental, el elevado gradiente topográfico, da origen a sedimentos de grano grueso en todo su desarrollo vertical, conformando acuíferos que se comportan como libres. Es el área principal de recarga de la cuenca. Hacia el este, la disminución del gradiente, de la velocidad y pérdida de capacidad de transporte fluvial, generan una disminución granulométrica de los sedimentos y determinan que la parte oriental del área sea zona de descarga de agua subterránea, dando origen además, a la existencia de acuíferos confinados y una importante área de surgencia. En la zona occidental, el elevado gradiente topográfico, da origen a sedimentos de grano grueso en todo su desarrollo vertical, conformando acuíferos que se comportan como libres. Es el área principal de recarga de la cuenca. Hacia el este, la disminución del gradiente y de la velocidad de escorrentía, con la consecuente pérdida de capacidad de transporte fluvial, genera una disminución granulométrica de los sedimentos y determinan en la parte oriental del área la existencia de acuíferos confinados y la aparición de una importante área de surgencia, constituyéndola en la zona de descarga de agua subterránea.



Esquema hidrogeológico de la cuenca Centro, del río Tunuyán Superior ó del valle de Uco

Los ríos y arroyos mencionados, son producto del derretimiento de las nieves precipitadas en la alta montaña. Aportan sus aguas a la cuenca desde el oeste y sus regímenes son de tipo nival: caudales crecientes desde la primavera al verano y decrecientes hacia el invierno. Todos, excepto el río Tunuyán que tiene su origen en la Cordillera Principal, tienen sus áreas de recolección o recepción de sus aguas (cuencas altas) en la Cordillera Frontal. También todos poseen caudales permanentes al ingresar a la cuenca sedimentaria; sin embargo, el único que mantiene un flujo superficial continuo en todo su recorrido dentro de ella es el río Tunuyán. Parte de ellos insume la totalidad de sus caudales a poca distancia de su punto de ingreso al infiltrarse sus aguas a través de formaciones del material altamente poroso y permeable; los restantes son afectados a diferentes usos, especialmente riego agrícola. Sin embargo, todos contribuyen con las infiltraciones en sus lechos a recargar los acuíferos subterráneos.

El río Tunuyán, cuyo módulo es de $28,5 \text{ m}^3/\text{s}$, es el más caudaloso. El tramo del río Tunuyán cuyo cauce está trazado sobre la cuenca Centro, también conocida como Valle de Uco, y cuyas aguas aportan a la misma, se denomina Tunuyán Superior, en contraste con otro tramo del río, conocido como Tunuyán Inferior, que se encuentra aguas abajo y que aporta en conjunto con el río Mendoza a la cuenca hidrogeológica Norte. Este río se encuentra regulado merced a las acciones del dique embalse El Carrizal, el que físicamente se encuentra emplazado entre ambas cuencas.

En el valle se encuentra el área de regadío del Tunuyán Superior, donde existen variados aprovechamientos (riego agrícola, industria, consumo poblacional), todos ellos sin derechos adquiridos a través de concesiones. A causa de éstos, en el dique derivador

cabecera de ese sistema, también llamado Valle de Uco, se dotan canales hacia ambos márgenes que conducen y distribuyen una alícuota de su caudal total. Es decir, se produce una reducción de su caudal. El resto del agua está destinada a los aprovechamientos en el área de influencia del Tunuyán Inferior. Desde su ingreso a la cuenca Centro, en un tramo de su cauce de aproximadamente 18 km, el río infiltra parte del agua que ingresa (aprox. el 14%) y recarga a los acuíferos subterráneos. En ese tramo recorre zona de acuífero libre. Al pasar a zona de acuíferos confinados, cambia su función y comienza a actuar como dren de la napa freática y a recibir aportes de varios arroyos que actúan de igual forma. A su salida de esta cuenca a partir de la localidad de Zapata, su caudal es algo mayor que a su ingreso, aunque ha sufrido un pequeño deterioro en su calidad, consecuencia de la colección de agua freática. Cabe aclarar que el río constituye prácticamente la única efluencia de la cuenca (no existiría flujo subterráneo saliente). y el total que conduce se dirige al dique embalse El Carrizal. A partir de éste, hacia el norte y este se desarrolla el sistema del río Tunuyán Inferior de la cuenca Norte.

El río Las Tunas y el resto de los arroyos que ingresan por el oeste suman un caudal promedio de aproximadamente $17 \text{ m}^3/\text{s}$, del cual se estima que se infiltra en zona de acuífero libre el 56%.

Al Este de la cuenca, fuera de ella, originados por precipitaciones en las formaciones que limitan al este de la cuenca, existen varios arroyos secos (de cursos temporarios) que aportan esporádicamente sus crecidas, aunque su magnitud es despreciable en relación con los arroyos del oeste. En realidad, podría considerarse que no contribuyen a la cuenca dado que sus colectores se encuentran actuando como drenes de la misma en los lugares donde los reciben.

Finalmente, completando la hidrografía del área, al este y surcando la cuenca en los sentidos oeste-este y norte-sur, partiendo desde la zona límite de acuífero libre y acuíferos confinados, se encuentra una serie de cursos de agua que se alimentan básicamente de los niveles freáticos. En algunos casos y periódicamente, reciben desagües de riego y de lluvia. A todos ellos se los considera egresos de la cuenca, ya que sus aguas vuelcan al cauce del río Tunuyán en su tramo terminal dentro del Valle de Uco, donde él también actúa como dren. Vía río Tunuyán salen de la cuenca, como producto de la colección de agua subterránea desde el nivel freático, unos $17 \text{ m}^3/\text{s}$.

Actualmente, en la cuenca Centro, se riegan aproximadamente 39.500 ha con agua superficial, de las cuales unas 14.600 ha se encuentran compensadas con agua subterránea. Existen, además, unas 19.500 ha regadas exclusivamente con agua subterránea. Es decir que, de un total de 54.000 ha cultivadas, el 37% es regado exclusivamente con agua superficial, el 36% con agua subterránea exclusiva y el 27% con ambas (uso conjunto).

Los acuíferos funcionan como embalse natural regulador estacional e interanual. El volumen de agua total almacenada se estima en 95.000 hm^3 . Se considera tanto al acuífero libre como a los semiconfinados y confinados en toda su extensión. Su recarga anual producida por todo concepto (ríos, canales, retornos de riego, lluvia) ronda los 845 hm^3 . En esta cuenca, la discriminación de la recarga en zonas de acuífero libre o de acuíferos confinados no se realiza por cuanto no existe un deterioro sustancial de la calidad de la misma en ninguno de los casos. Las direcciones dominantes del flujo subterráneo, son en general radiales y convergentes desde el oeste hacia el ángulo nororiental de la cuenca, en la confluencia del arroyo La Estacada y el río Tunuyán, donde este último abandona la cuenca.

Hoy, aproximadamente 1670 perforaciones, especialmente orientadas a la extracción de agua subterránea para riego, explotan los acuíferos. Lo hacen tanto en la

zona de acuíferos libres, en la zona de surgencia como en la zona de acuíferos confinados. En la zona de acuíferos libres los pozos exploran profundidades entre los 70 y 250 m. En el área de confinamiento se bombea agua desde dos paquetes hidráulicos: el primero se desarrolla aproximadamente hasta los 80 metros de profundidad y se caracteriza por ser libre. El segundo comienza desde los 85 metros y alcanza los 250 metros, es confinado y genera una amplia zona de surgencia con niveles estáticos promedio de +15 m. Se han registrado en zona de surgencia perforaciones con que explotan profundidades mayores a los 250 metros con surgencias tan elevadas, que en algunos casos superan los +40 metros, lo que permite inferir en profundidad la existencia de otros acuíferos con grandes presiones. Los caudales que se obtienen de estos acuíferos son muy importantes. Las perforaciones realizadas en el acuífero libre sobrepasan los 150 m³/h de caudal promedio, aumentando en la zona confinada a valores superiores a los 300 m³/h.

Como ya se ha visto, la cuenca es provista por diferentes fuentes de agua superficial, tantas como ríos y arroyos ingresan y cada una de ellas ejerce un efecto hidroquímico distinto sobre las características del agua subterránea en su área de influencia. En general, se puede asegurar que el agua bombeada en cualquier punto de la cuenca es de muy buena a buena calidad para la agricultura e incluso para el consumo humano.

Desde el punto de vista hidroquímico se ha verificado una estratificación vertical de las sales que ha permitido establecer dos niveles de explotación bien definidos y que coinciden con el esquema hidrogeológico mencionado.

Las características hidroquímicas del nivel acuífero superior están dadas por las curvas de igual salinidad del agua subterránea en términos de conductividad eléctrica específica (CEE) y que para este nivel en general varía entre 300 y 2.000 µS/cm. La zona que presenta menor mineralización es la parte central de la cuenca, donde el agua que se extrae tiene una salinidad comprendida entre 350 y 400 µS/cm. En cuanto al nivel acuífero inferior, los pozos que en general lo explotan no se encuentran distribuidos uniformemente en la cuenca y se localizan en el sector este de la misma en el área de acuífero confinado y presentan la mayoría de ellos niveles estáticos positivos. Puede establecerse que, a ésta profundidad, el agua subterránea es menos mineralizada y más uniforme en su salinidad que la explotada primer nivel de explotación. En ella la conductividad eléctrica del agua varía entre 300 y 700 µS/cm. La zona de menor salinidad se localiza también en la parte central de la cuenca, con valores de conductividad eléctrica inferiores a los 300 µS/cm. En general puede establecerse que la salinidad del agua subterránea de este nivel aumenta en la dirección del flujo.

El bombeo total anual estimado para distintos años a través de la realización de balances hidrológicos varía entre los 120 y 200 hm³, según se trate de años pobres o ricos desde el punto de vista hídrico. Especial incidencia tiene, sin dudas, el área de uso conjunto en la cual parte de los agricultores utiliza agua subterránea para suplir los déficits de agua superficial. A pesar de que el río tiene en el embalse El Carrizal su regulador de caudales, es evidente que el almacenamiento de agua subterránea sigue contribuyendo a esa función.

Los balances hidrológicos no parecen mostrar una tendencia negativa en el almacenamiento del agua subterránea. Más bien puede asegurarse que se trata de una cuenca globalmente abundante en agua. Tampoco pareciera estar expuesta hoy a acciones que tiendan a reflejar un notable grado de su deterioro. Se trata de una cuenca con agua en calidad y cantidad suficientes para los usos actuales, a lo que contribuye sin dudas la regulación del embalse El Carrizal. Podría decirse que se trata de una cuenca que está en equilibrio. En virtud de que parte de las aguas que ingresan a ella están comprometidas

para el uso en la cuenca Norte, todo desarrollo en riego y otros usos debería realizarse a base de una mejoría en la eficiencia de uso actual, incorporando tecnología de avanzada y adecuando el manejo, siempre teniendo en cuenta los conceptos de preservación y conservación.

CUENCA SUR (ó de los ríos Diamante y Atuel)

La cuenca de agua subterránea Sur o de los ríos Atuel y Diamante se encuentra ubicada al sur de la Provincia de Mendoza, aunque no en el extremo sur. Esta denominación la obtuvo como consecuencia de su posición relativa a las cuencas Norte y Centro. En realidad, en el extremo sur se encuentra la cuenca de los ríos Atuel – Salado y Malargüe. Superficialmente abarca unos 8.000 km² y se extiende desde las últimas estribaciones de la cordillera de los Andes al oeste hasta el límite con la provincia de San Luis. Ese límite está representado físicamente por el río Desaguadero-Salado, el que actúa como dren de la cuenca. Sus principales acuíferos se encuentran en una cubierta sedimentaria de edad neoterciaria, cuartaria y reciente. El sustrato está formado por sedimentos impermeables del terciario superior, sobre los que se acumulan depósitos aluviales y fluviales que fueron aportados por los ríos Atuel y Diamante. La sedimentación cuartaria dio origen a dos conos aluviales: uno principal de materiales gruesos pertenecientes al río Diamante y otro secundario, de formación posterior y de materiales finos, perteneciente al río Atuel. En sus ápices se encuentran los ingresos de esos cauces a la cuenca, que se abren con forma de abanico hacia sus zonas distales a partir de las cuales se inicia la extensa llanura aluvial Sanrafaelina que en su parte distal se encuentra cubierta por arenas de origen eólico. En la zona occidental, el elevado gradiente topográfico, da origen a sedimentos de grano grueso en todo su desarrollo vertical, conformando acuíferos que se comportan como libres.

Prácticamente toda la zona cubierta por el cono actual presenta características de alta permeabilidad, destacándose el área cercana a isla Diamante como la de máxima capacidad de infiltración. Es el área principal de recarga de la cuenca. Hacia el este, la disminución del gradiente y de la velocidad y la pérdida de capacidad de transporte fluvial, generan una disminución granulométrica de los sedimentos y determinan que la parte oriental del área sea zona de descarga de agua subterránea, dando origen además, a la existencia de acuíferos confinados y semiconfinados. Los espesores sedimentarios oscilan desde los 25 metros al oeste y van aumentando paulatinamente hacia el este, hasta llega a tener más de 400 metros de potencia en el centro de la cuenca. En la llanura Sanrafaelina 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. Desde ellas agua escurre lentamente hacia los ríos Diamante y Atuel, adonde se vuelcan caudales variables con salinidad alta. En estos sectores, 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.

extensión. Su recarga anual producida por todo concepto (ríos, canales, retornos de riego, lluvia) en toda la cuenca ronda los 1.600 hm³. En esta cuenca, la discriminación de la recarga en zonas de acuífero libre o de acuíferos confinados no se realiza por cuanto los balances consultados no tenían esa información. Las direcciones dominantes del flujo subterráneo, son en general radiales y divergentes desde el oeste hacia el noreste, este y sudeste de la cuenca.

Hay, aproximadamente 800 perforaciones, especialmente orientadas a la extracción de agua subterránea para riego, explotan los acuíferos. Lo hacen tanto en la zona de acuíferos libres como en la zona de acuíferos confinados. En la zona de acuíferos libres los pozos exploran profundidades entre los 30 y 60 m. En el área de confinamiento se bombea agua desde dos paquetes hidráulicos: el primero se desarrolla aproximadamente hasta los 60 metros de profundidad y se caracteriza por ser libre. El segundo, confinado o semiconfinado, comienza desde los 60 metros y alcanza los 250 metros. Los caudales que se obtienen de estos acuíferos son muy importantes. Los rendimientos específicos más altos se encuentran en la parte correspondiente al acuífero libre (zona oeste del área) y superan los 40 m³/h x m. En el área confinada (este de la cuenca) se hallan en el orden de 20 m³/h x m.

La deposición alternada de materiales finos y gruesos ha establecido diferentes niveles acuíferos que si bien proceden del mismo origen, varían verticalmente en sus características químicas y calidad. En zona de acuífero libre esta zona es de aceptable aptitud para riego; la conductividad eléctrica es del orden de los 1000-2000 µS/cm. Aumenta al continuarse en el acuífero freático o somero de la zona de confinamiento a más de 5000 µS/cm hacia este. El agua es utilizada para riego, aunque en muchos casos debe mezclarse con el agua superficial para no exceder los rangos tolerados de salinidad. En el acuífero inferior de la zona de confinamiento, el aumento de salinidad se produce, como en la generalidad de los casos, en dirección oeste-este. Varía desde los 1000-2000 en el sector donde limitan las zonas de acuífero libre y de acuíferos confinados hasta los 4000 µS/cm en extensión hacia el este en profundidades de hasta 160m. Su calidad es considerablemente mejor que la de los niveles suprayacentes, siendo explotada para riego con mejores resultados. A mayores profundidades que los 160 m mencionados se observan conductividades eléctricas que oscilan entre los 2000-2500 µS/cm; este rango de explotación es el que experimenta menor variabilidad por ser menos vulnerable a factores externos y representan el rango de mayor calidad y estabilidad de aguas de riego.

El bombeo total anual estimado para distintos años a través de la realización de balances hidrológicos se estima 120 hm³, y varía según se trate de años pobres o ricos desde el punto de vista hídrico. Especial incidencia tiene, sin dudas, el área de uso conjunto en la cual parte de los agricultores utiliza agua subterránea para suplir los déficits de agua superficial. A pesar de que el río tiene en el embalse El Carrizal su regulador de caudales, es evidente que el almacenamiento de agua subterránea sigue contribuyendo a esa función.

Los balances realizados para el agua subterránea muestran la existencia de un gran exceso de agua; el flujo subterráneo saliente, calculado para un frente radial de 90 km que se extiende al este del área con cultivos (perpendiculares a las líneas de flujo) y para un espesor saturado de 250 m, indicaría una evidente insuficiencia para transportar toda el agua que ingresa a los acuíferos; tal es así que las cantidades más importantes salen superficialmente del área regada por los cursos drenantes de los ríos y de los colectores, dando origen a extensos bañados donde la transpiración de freatófitas y la evaporación desde superficies libres toman grandes dimensiones. Esta situación, en la que la cuenca se encuentra saturada hasta muy poca distancia de la superficie del terreno se ha visto

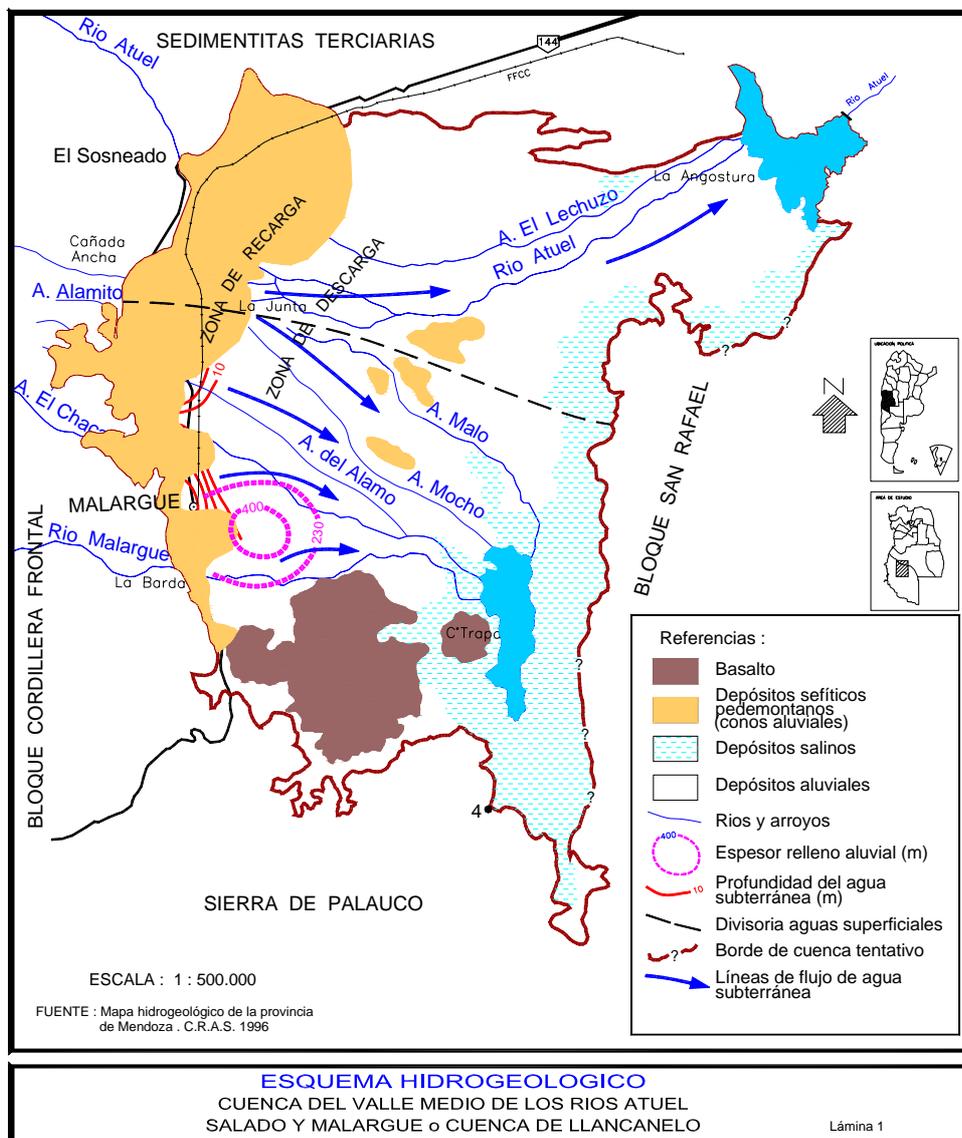
reflejada en la agricultura, donde se encuentran cerca de 25.000 ha afectadas por los ascensos de la napa freática. y ha dado origen también a intensos procesos de evaporación desde el suelo y transpiración de los vegetales en áreas cultivadas e incultas, dentro y fuera del oasis. Salvo años muy ricos, las aguas superficiales no llegan al río Desaguadero-Salado, y todo se evapora y evapotranspira en la misma cuenca.

En realidad, la agricultura de esta cuenca ha sufrido las consecuencias de acciones perjudiciales tanto de origen climático como antrópico, razón por la cual existe un alto porcentaje de abandono de explotaciones rurales. Históricamente, ha sido afectada por intensas granizadas y heladas; a ello se sumaron sin dudas políticas nacionales que afectaron las economías regionales y otras que tuvieron que ver con el manejo de las “aguas claras” a partir de la habilitación de los grandes diques. Desde el punto de vista exclusivamente hídrico, es claro que las medidas a tomar deben estar vinculadas a una limitación de la infiltración del agua hacia los acuíferos, especialmente de canales y retornos de riego en zonas de confinamiento, y a un mejoramiento del sistema de drenaje que permita alejar las aguas salinizadas de los oasis.

CUENCA DE LOS RÍOS ATUEL SALADO MALARGÜE

La cuenca de agua subterránea de los ríos Malargüe, Atuel y Salado o cuenca de Llanquanelo se encuentra ubicada en el extremo sur de la Provincia de Mendoza. Superficialmente abarca unos 5.200 km² y se extiende desde las últimas estribaciones de la cordillera de los Andes al oeste hasta los afloramientos terciarios del Bloque de San Rafael al este. Al sur la cuenca está cerrada por las sierras de Palauco y al norte por la presencia de sedimentitas terciarias que la separan de la cuenca Sur. Los principales acuíferos de esta cuenca hidrogeológica se encuentran en la cubierta sedimentaria inconsolidada que se ha formado principalmente por los productos del transporte y depositación realizada por los ríos Atuel, Salado, Malargüe y otros arroyos. Los sedimentos aportados por los ríos originaron en sus cabeceras conos aluviales coalescentes en abanico, alineados al este de la cordillera, y luego como consecuencia del cambio de gradiente topográfico dieron lugar a la llanura de inundación fluvial. Es decir, el gradiente topográfico que regula la distribución y clasificación del material, dio origen en la zona proximal a sedimentos de grano grueso en todo su desarrollo vertical, conformando acuíferos que se comportan como libres. Esta zona es el área principal de recarga de la cuenca. Los bordes orientales de los conos están nítidamente marcados por el comienzo de las zonas de descarga. A partir de la culminación de los conos y disminución del gradiente, también disminuye la granometría de los sedimentos, que se produce como consecuencia de la brusca disminución de la pendiente y pérdida de capacidad de transporte fluvial. Estos depósitos dan origen a la existencia de niveles impermeables y a la formación de acuíferos semiconfinados y confinados al este de los conos. La cubierta sedimentaria se encuentra dispuesta sobre un basamento compuesto por rocas precámbricas, paleozoicas, mesozoicas y terciarias, de orígenes ígneo, metamórfico, efusivo y las sedimentas continentales y marinas, que por su diagenización y compactación han perdido su capacidad primaria de permitir el paso de los fluidos. Ese basamento aflora principalmente en la Cordillera, en el Bloque San Rafael y en las Sierras de Palauco. Salvo algunos sondeos realizados en las proximidades de la ciudad de Malargüe, no se han efectuado hasta el presente estudios geológico-geofísicos sistemáticos que permitan definir sus aspectos geométricos. Se estima, sin embargo que el espesor de la cubierta supera los 1000 m hacia el sureste de la cuenca.

Ubicada al sureste de la cuenca se encuentra la laguna de Llancanelo; consta de un cuerpo de agua de muy poca profundidad y alta salinidad. La laguna se desarrolla sobre una amplia planicie, sin desagües. Está encerrada por los cordones del Nevado a oriente, del Payén al sur, y terrenos más altos al norte. Su extensión varía sustancialmente de años ricos a pobres desde el punto de vista hídrico; así, en 1986 abarcó una superficie de casi 35.000 ha y en 1997 sólo alcanzaba las 7.000 ha. Hay que hacer notar que la Laguna de Llancanelo es un área de alta sensibilidad ambiental y fue declarada reserva en el año 1980. En 1995 ha sido incorporada al Sistema Internacional de Protección de Humedales (RAMSAR) y debe ser preservada de cualquier efecto negativo. Tiene una concesión por 2.500 ha que se le otorgaron en 1994 para satisfacer las demandas ambientales debido a la variedad de especies animales y vegetales que cohabitan la misma. Al noroeste de la cuenca, en la zona de La Junta, las infiltraciones de los ríos Atuel y Salado se vinculan subterráneamente con la laguna de Llancanelo, dando origen a algunos cursos drenantes de la freática que se constituyen en afluentes que la alimentan (arroyos Malo y Mocho). La laguna también es sustentada superficialmente por los excedentes de riego del río Malargüe y de los arroyos El Alamo y Chacay, y también subterráneamente por las infiltraciones de los mismos. El área de drenaje hacia la laguna es de unos 1.600 km².



Esquema hidrogeológico de la cuenca de los ríos Atuel Salado Malargüe

Los ríos Atuel, Salado y Malargüe y los otros arroyos que aportan a la cuenca, son producto del derretimiento de las nieves precipitadas y glaciares en la alta montaña, tanto de la cordillera Frontal como de la Principal. Aportan sus aguas a la cuenca desde el oeste y sus regímenes son de tipo nival: caudales crecientes desde la primavera al verano y decrecientes hacia el invierno. Los dos primeros ingresan a la cuenca por su extremo noroeste (Atuel: 35,8 m³/s y Salado: 10,3 m³/s) y luego de atravesar sus propios conos de deyección, infiltrando aproximadamente el 25% de sus caudales, se reúnen en un lugar llamado La Junta. Desde allí el curso de agua, que mantiene el nombre de Atuel, se dirige hacia el oeste hasta alcanzar el sistema de embalses El Nihuil (356 hm³) y Valle Grande (168 hm³) antes de ingresar en la cuenca Sur. Cabe mencionar que el río Salado sale de la cordillera con altos valores de salinidad (varía entre 900 y 4000 µS/cm, según sea alto o bajo su caudal, respectivamente) y al confluir con el río Atuel incrementa el contenido de sales con que éste ingresa a la cuenca Sur.

El río Malargüe, de módulo 7,7 m³/s, aporta sus aguas por el sector suroeste de la cuenca. Los arroyos restantes, El Chacay y El Alamito, ubicados algo más al norte que el anterior, contribuyen con aproximadamente 0,4 m³/s.

El agua tiene diversos usos (consumo humano, riego agrícola, industria petrolera y minera), pero como en toda la Provincia el consumo predominante es la agricultura. En general, se trata de forestales, forrajes y algunas especies hortícolas como papa y ajo. Bajo la influencia del río Malargüe y los arroyos se riegan aproximadamente 2400 ha y de los ríos Atuel y Salado unas 400 ha. Prácticamente la totalidad se riega con agua superficial.

Respecto al agua subterránea, el conocimiento hidrogeológico de la zona es escaso, como así también las obras de captaciones de agua subterránea. La información actual solo es representativa de zonas muy restringidas y no se puede extender su conocimiento a toda la región hidrogeológica. El volumen de agua total almacenada en los depósitos aluviales de ambos ríos, se estima en función del producto entre la extensión (5200 km²), un espesor saturado promedio de 250 m y coeficiente de almacenamiento (0.10), en 130.000 hm³, considerando tanto al acuífero libre como a los semiconfinados y confinados en toda su extensión. La profundidad del agua subterránea, según algunas mediciones efectuadas en las inmediaciones de la ciudad de Malargüe, indican que varía entre los 10 y 40 m. Hacia el oeste en el área de recarga, es probable que aumente la profundidad a valores que superan los 40 m y hacia el este, en la zona de descarga, que disminuya hasta alcanzar valores positivos.

Dividiendo la cuenca sedimentaria en dos existe una divisoria de agua superficial, entre el sector de influencia los ríos Atuel - Salado y el sector del río Malargüe y de la Laguna de Llanquanelo, que es poco perceptible y que subterráneamente es probable que no exista. Sin embargo, si bien las direcciones del flujo de las aguas subterráneas son en general de este a oeste, al sur de la mencionada divisoria de aguas superficiales, las aguas subterráneas procedentes de la recarga en los depósitos sefíticos pedemontanos, convergen hacia la Laguna de Llanquanelo (endorreica) acompañando el recorrido de los cauces superficiales en la dirección de la pendiente natural del terreno. Al norte de la línea divisoria de aguas superficiales el flujo se dirige hacia el noreste en dirección al dique embalse El Nihuil.

Según datos extraídos de informes finales de pozos presentados al Departamento General de Irrigación, en 7 perforaciones realizadas en la ciudad de Malargüe y alrededores, con profundidades variables entre 30 y 160 m, se ha registrado salinidades entre 700 y 1000 mg/l. Hacia el este de la ciudad de Malargüe, en 5 perforaciones realizadas en su mayoría por las compañías petroleras con profundidades variables entre

los 12 y 56 m tienen salinidades entre 800 y 1400 mg/l. Aproximadamente 13 km al norte, existen otros 4 pozos con profundidades que van de los 85 a los 120 m y salinidades variables entre 400 y 1000 mg/l.

Como se ha visto, la cuenca hidrogeológica de los ríos Atuel, Salado y Malargüe, es una cuenca prácticamente virgen desde el punto de vista de su conocimiento y explotación. Las posibles alteraciones de origen antrópico sólo parecen estar vinculadas a la recarga. Desde el punto de vista cuantitativo, los usos agrícolas especialmente han restado parte de la contribución de los ríos Malargüe, Atuel y Salado a los acuíferos y la casi totalidad de los arroyos El Álamo y Chacay. Para la faz cualitativa se presentan mayores riesgos dada la presencia de la industria extractiva de petróleo y el tratamiento de minerales de uranio, cuyas actividades han alterado características del agua subterránea. Cabe agregar, que esta cuenca presentaría una gran sensibilidad como respuesta a las variaciones climáticas. Las enormes variaciones que sufre la extensión de la laguna del Llanquanelo parecieran demostrarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, A.** (1976). *Estudios del borde de cuenca de la planicie Sanrafaelina y recopilación de antecedentes geológicos*. Departamento San Rafael - Provincia de Mendoza. CRAS-P103, San Juan.
- Alvarez, A. J. Villalba** (2001). *Evaluación de la salinidad del agua subterránea en la cuenca del Valle de Uco*. Provincia de Mendoza. (INA – CRA) - IT N° 6, Mendoza.
- Álvarez, A.** (1985). *Evaluación hidroquímica del recurso hídrico de la zona norte de la Provincia de Mendoza*. CRAS -D159, San Juan.
- Álvarez, A.** (1986). *Variaciones de la salinidad del agua subterránea en la subcuenca El Carrizal. Zona Norte. Período 1969-1983*. Provincia de Mendoza. CRAS - IT78, San Juan
- Álvarez, A.** (1989). *Control de calidad y contaminación del agua subterránea, zonas norte y centro de la Provincia de Mendoza*. CRAS - IT112, San Juan.
- Álvarez, A.** (2009). *Salinización de acuíferos en la cuenca Norte de la Provincia de Mendoza. Un problema de gestión de los recursos hídricos totales*. INA-CRA - IT3, Mendoza.
- Alvarez, A.** (1978). *Evaluación hidroquímica del agua superficial, cuenca Diamante-Atuel y subterránea en el área del acuífero libre. Clasificación del agua para uso agrícola, departamento San Rafael*. Provincia de Mendoza. CRAS P170, San Juan.
- Bessone, J. G. Bozzo** (2001). *Estudio de bordes de cuenca en el Valle de Uco*. Provincia de Mendoza. (INA - CRA) - ITN° 8, Mendoza.
- Bessone, J.** (1983 a). *Interpretación hidrogeológica de imágenes satelitarias. Cuenca Diamante-Atuel*. CRAS - D73, San Juan.
- Bessone, J.** (1983 b). *Análisis de la distribución granulométrica de los sedimentos cuaternarios de la cuenca Diamante-Atuel oeste*. Departamento San Rafael. Provincia de Mendoza CRAS - D68, San Juan.
- Bessone, J.; J. Di Chiacchio, J. Vivas** (1987). *Exploración preliminar del recurso hídrico subterráneo en el área Llanquanelo sur, departamento San Rafael*. Prov. de Mendoza. CRAS, IT-96, San Juan
- C.R.A.S.** (Centro Regional de Aguas Subterráneas) (1989) *Exploración hidrogeológica en el sector oriental de la planicie Sanrafaelina*. CRAS - D56, Sa Juan.

- C.R.A.S.** (Centro Regional de Aguas Subterráneas) (1996). *Mapa hidrológico de la Provincia de Mendoza, escala 1: 500.000*. San Juan.
- Cerquetti, M.** (1984). *Estudio de la surgencia natural en la cuenca de agua subterránea de Centro. Provincia Mendoza*. CRAS - D97, San Juan.
- Corte, A. y A. Grosso** (1993). *Geogriología*. XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza, 1993), in: *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. V.A. Ramos (Editor), Relatorio, 1 (16): 205-216, Buenos Aires.
- Criado Roque, P.** (1980). *Consideraciones generales sobre el terciario del sur de la Provincia de Mendoza*. Asociación Geológica Argentina. Rev.. V (4), Bs. Aires.
- D.G.I.** (Dirección General de Irrigación) (1997). *Descripción preliminar de la Cuenca del río Malargüe*. Mendoza.
- Di Chiacchio, J. y J. Bessone** (1992). *Exploración geoeléctrica en el área sur del río Atuel. Provincia de Mendoza*. CRAS - D175, San Juan.
- Gianni, R.** (1984 a). *Interpretación geofísica-geológica cuenca Diamante-Atuel. Departamento San Rafael*. Campaña realizada entre agosto de 1983 y junio de 1984. Provincia de Mendoza. CRAS - D120, San Juan.
- Harza Hissa UTE** (Consultores). *Aprovechamiento Integral del Río Grande. Informe Final*. Gobierno de Mendoza. Ministerio de Ambiente y obras Públicas. Contrato n° Res 327- 1999
- Hernández, J.** (1985). *Balance agrícola de la zona norte de la Provincia de Mendoza. Períodos 1967 a 1983*. CRAS - IT56, San Juan.
- Hernández, J.** (1998). *Aspectos hidrológicos del Valle de Uco. Provincia de Mendoza*. INA - DGI 261, San Juan.
- Hernández, J.** (1998). *Balance Agua – Suelo – Vegetación en Valle de Uco. Provincia de Mendoza*. INA - DI 292, San Juan.
- Hernández, J., N. Mercado, J. Rodríguez, J. Robles y N. Martinis** (1983). *Estudio de la recarga artificial en el río Mendoza. con énfasis en la cuenca Carrizal. Provincia Mendoza*. CRAS - P265, San Juan.
- Martinis, N, A. Alvarez y J. Robles** (1997). *Análisis de las variaciones de nivel del agua subterránea en el valle de Carrizal. Período 1967/1997. Provincia de Mendoza*. INAS , DI 287, San Juan.
- Martinis, N, J. Robles** (2000). *Cuenca hidrogeológica del Oasis Norte de Mendoza. Variación del almacenamiento en el acuífero libre. Período 1969/99. Provincia de Mendoza*. INA - CRA, IT 4, Mendoza.
- Martinis, N. et al.** (1991). *Estudios Regionales de Base para la preservación de los recursos hídricos área Zona Sur. Provincia de Mendoza*. Convenio CRAS-YPF.
- Martinis, N., E. Comellas y R. Barone** (1986). *Cuantificación de la descarga en el área de surgencia natural de la cuenca norte. Provincia de Mendoza*. CRAS - IT87, San Juan.
- Nulló, F., R. Caminos, J. Pamza, y V. Ramos** (1993). *Mapa geológico de la Provincia de Mendoza, escala 1: 500.000*, Secretaría de Minería, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Bs. Aires.
- Ortíz, A. y J. Zambrano** (1975). *Investigación geológica del área Mendoza Norte*. CRAS - P94, San Juan.
- Ortíz, A., J. Zambrano, R. Alvarez. A. Ortiz Maldonado y B. Ortíz** (1975). *Investigación del agua subterránea en el área Mendoza - zona Norte. Provincia de Mendoza*. CRAS - P89, San Juan.

- Ortíz, B. y M. Meca.** (1978). *Conocimiento hidroquímico general. Sector Noroccidental de la Provincia de Mendoza.* CRAS - P167, San Juan.
- Pazos, J. J. Bessone, J. A. Vivas; A. Vaca; C. Wetten y C. Valero** (1993). *Relatorio XII Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Recursos hídricos subterráneos y aguas termales.* Buenos Aires.
- Pazos, J. N. Martinis, J. Robles** (2000). *Análisis de la evolución de los recursos hídricos subterráneos en base a las mediciones de la red de monitoreo de la Cuenca Centro. Provincia de Mendoza.* INA – CRA. Mendoza.
- Pazos, J. y H. Cinca** (1984 a). *Variación del almacenamiento en la cuenca de los ríos Diamante-Atuel. Período 1977/1983.* CRAS - D83, San Juan.
- Pazos, J. y H. Cincaç** (1984 b). *Análisis de la morfología de la superficie piezométrica de la cuenca de los ríos Diamante-Atuel.* CRAS - D82, San Juan.
- Pereyra, M., M. Cerquetti y R. Gianni** (1991). *Estudio geológico preliminar del subsuelo de la zona nororiental de la Provincia de Mendoza.* CRAS - P240, San Juan.
- Poblete, M. y J. Ferre** (1981). *Determinación del área correspondiente al acuífero libre en la cuenca subterránea Diamante-Atuel. Provincia de Mendoza.* CRAS - P229, San Juan.
- Robles, J.** (1997). *Espesor del relleno aluvial moderno. Interpretación geoelectrica. Cuenca Norte, Provincia de Mendoza.* INAS , DI 288, San Juan, 1997
- Robles, J., J. Hernández, N. Mercado, J. Rodríguez y N. Martinis** (1985). *Estudio de la recarga artificial en el río Mendoza, con énfasis en la subcuenca Carrizal.* CRAS - D158, San Juan.
- Sepúlveda E.** (1999) *Hidrogeología. Estudio de Base Cero, para el Proyecto Aprovechamiento Integral del Río Grande.* CRICYT. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Mendoza.
- Torres, E., M. Menéndez, A. Alvarez, M. Meca y J. Hernández** (1979). *Investigación inicial del recurso hídrico subterráneo en la zona nor-oriental - Provincia de Mendoza.* CRAS P222, San Juan.
- Vaca, A., V. Sánchez y R. Gianni** (1982). *Exploración hidrogeológica en el sector oriental de la planicie Sanrafaelina Provincia de Mendoza.* CRAS - D56 (5 v.), San Juan
- Victoria , J. C. Torres, A. Vaca y otros.** (1989). *Estudio Hidrogeológico en la zona del Complejo Fabril Malargüe.* Convenio CRAS- CNEA .Informe Final D-147, San Juan.
- Vitali, G.** (1939). *Hidrología.* Mendoza.
- Vivas, J.** (1985). *Síntesis del conocimiento hidroquímico de la cuenca de los ríos Diamante-Atuel. Año 1985. Provincia de Mendoza.* CRAS - IT63. San Juan.
- Wetten, C. y J. Bessone** (1978). *Contribución al conocimiento hidrogeológico de la superficie y subsuelo de la cuenca Diamante - Atuel oeste, departamento San Rafael. Provincia de Mendoza.* CRAS - P211, San Juan.
- Zambrano, J.** (1978). *Interpretación geológica preliminar del subsuelo de la Zona Norte, sector occidental. Provincia de Mendoza.* CRAS - P203, San Juan.