

# **CARACTERIZACIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA CUENCA DEL RÍO GASTONA, PROVINCIA DE TUCUMÁN, REPÚBLICA ARGENTINA.**

**García, Jorge Walter**

Cátedra de Hidrogeología-Fac. de Cs. Naturales e I.M.L. – U.N.T. – INSUGEO – CIUNT.  
M. Lillo 205 – (T4000) Tucumán. Tel-Fax: 0381-4330633 - Email: [jogaba@csnat.unt.edu.ar](mailto:jogaba@csnat.unt.edu.ar)

## **RESUMEN**

La cuenca del río Gastona se ubica al sur-oeste de la provincia de Tucumán, en la vertiente oriental de las Sierras del Aconquija. En su cuenca media se ubica la ciudad de Concepción, tercera en importancia de la provincia, alrededor de la cual se desarrolla una importante actividad humana y agro-industrial, que se abastecen de agua en gran medida mediante perforaciones profundas.

Para realizar un aprovechamiento integral y racional del agua subterránea se hace necesario contar con estudios que contemplen la exploración, explotación y preservación del recurso del sector.

El análisis climático, mediante el empleo de balances hídricos, permitió determinar las disponibilidades para la recarga del agua subterránea.

La exploración geológico-geomorfológica mediante el empleo de fotografías aéreas e imágenes satelitales, permitió mapear las litologías favorables para el almacenamiento de aguas subterráneas.

Mediante el empleo de sondeos eléctricos verticales, se determinaron las distribuciones de la unidades litológicas del subsuelo de la llanura hasta profundidades máximas aproximadas de 400 m.

La realización de análisis de muestras de agua de pozos profundos, pozos someros y de cursos superficiales, permitió realizar una caracterización físico-química y evaluar su evolución durante la circulación por el subsuelo de la cuenca.

La realización del censo de perforaciones y de ensayos hidráulicos permitió la confección de mapas de isopiezas que muestran la circulación del agua subterránea en la cuenca, las áreas de recarga, circulación y descarga.

El análisis de la información geofísica y de los antecedentes de perforaciones pre-existentes, permitió establecer la presencia de un sistema acuífero multicapa, de tipo intergranular, en sedimentos fluviales y fluvio-eólicos con edades que van desde el Plioceno al Holoceno, con aguas de buena calidad y buenos rendimientos.

La información recabada permitirá enfocar la explotación del agua subterránea hacia áreas más favorables desde el punto de vista hidrogeológico e hidroquímico.

**Palabras Claves:** Aguas Subterráneas – Hidrogeología – Hidroquímica – Geofísica – Tucumán.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Gastona, con un área aproximada de 1.200 Km<sup>2</sup>, se encuentra en la vertiente oriental de las Sierras del Aconquija, en la Provincia de Tucumán, al Noroeste de la República Argentina. En su tramo medio se ubica la ciudad de Concepción, segunda en importancia de la provincia alrededor de la cual se desarrolla una importante actividad agro-industrial, sustento económico de la región (Figura 1 – Mapa de Geológico y de Ubicación del Área).

A dicha zona se accede por la Ruta Nacional N° 38, luego de recorrer 75 km desde la capital tucumana hacia el suroeste. Luego mediante rutas provinciales y caminos vecinales se puede recorrer toda el área de llanura hasta la zona pedemontana.

La Sierras del Aconquija son el componente orográfico más destacable de la provincia con alturas superiores a 5.000 m s/n.m. en el sector de los Nevados del Aconquija, que actúan como barreras a los vientos húmedos que provienen del Este.

En el sector serrano las precipitaciones pluviales son superiores a 2.000 mm. anuales, sobre terrenos duros de escasa permeabilidad, por lo que originan una densa red hídrica, que en la zona pedemontana genera abanicos aluviales. Hacia la llanura oriental las precipitaciones decrecen hasta valores del orden de 600 mm anuales en el límite con la provincia de Santiago del Estero.

El análisis de información meteorológica en estaciones distribuidas en la cuenca, permitió determinar que la recarga de agua subterránea corresponde al 13 % del agua precipitada, en la zona de piedemonte, Calera de Chirimayo, Alpachiri y Cochamolle.

Hacia la llanura central, área de Concepción y La Trinidad, los balances se equilibran aunque todavía se registran excesos de humedad; y hacia el Este, en Atahona y Monteagudo, existe un marcado déficit hídrico que indica que no hay agua disponible a niveles edáficos.

## GEOLOGÍA

Las Sierras del Aconquija presentan afloramientos de rocas del basamento ígneo-metamórfico que constituyen los núcleos serranos y de sedimentitas terciarias y cuaternarias que constituyen la cobertura depositada sobre el basamento.

La columna geológica se inicia con las rocas metamórficas, ígneas y migmatíticas del denominado “Basamento Cristalino”, con edades que van del Precámbrico hasta Paleozoico inferior. La composición litológica del complejo ígneo-metamórfico es variada debido a los cambios producidos por las inyecciones magmáticas sobre la roca de caja.

La cubierta sedimentaria está constituida por una sucesión de depósitos continentales clásticos y piroclásticos de edad mio-pliocena, que se encuentran adosados a la sierra en afloramientos elongados de posición sub-meridiana. Los sedimentos terciarios que cubren al basamento buzan con inclinación decreciente hacia el Este con ángulos de 20° en la zona occidental y 5° hacia la llanura.

Los sedimentos cuaternarios están ampliamente distribuidos en el área de piedemonte y la llanura. Comprenden variados depósitos, niveles aterrizados antiguos (Nivel I), aterrizados modernos (Nivel II) y abanicos aluviales y rellenos de cauces actuales (García, J.W.; 2005 b).

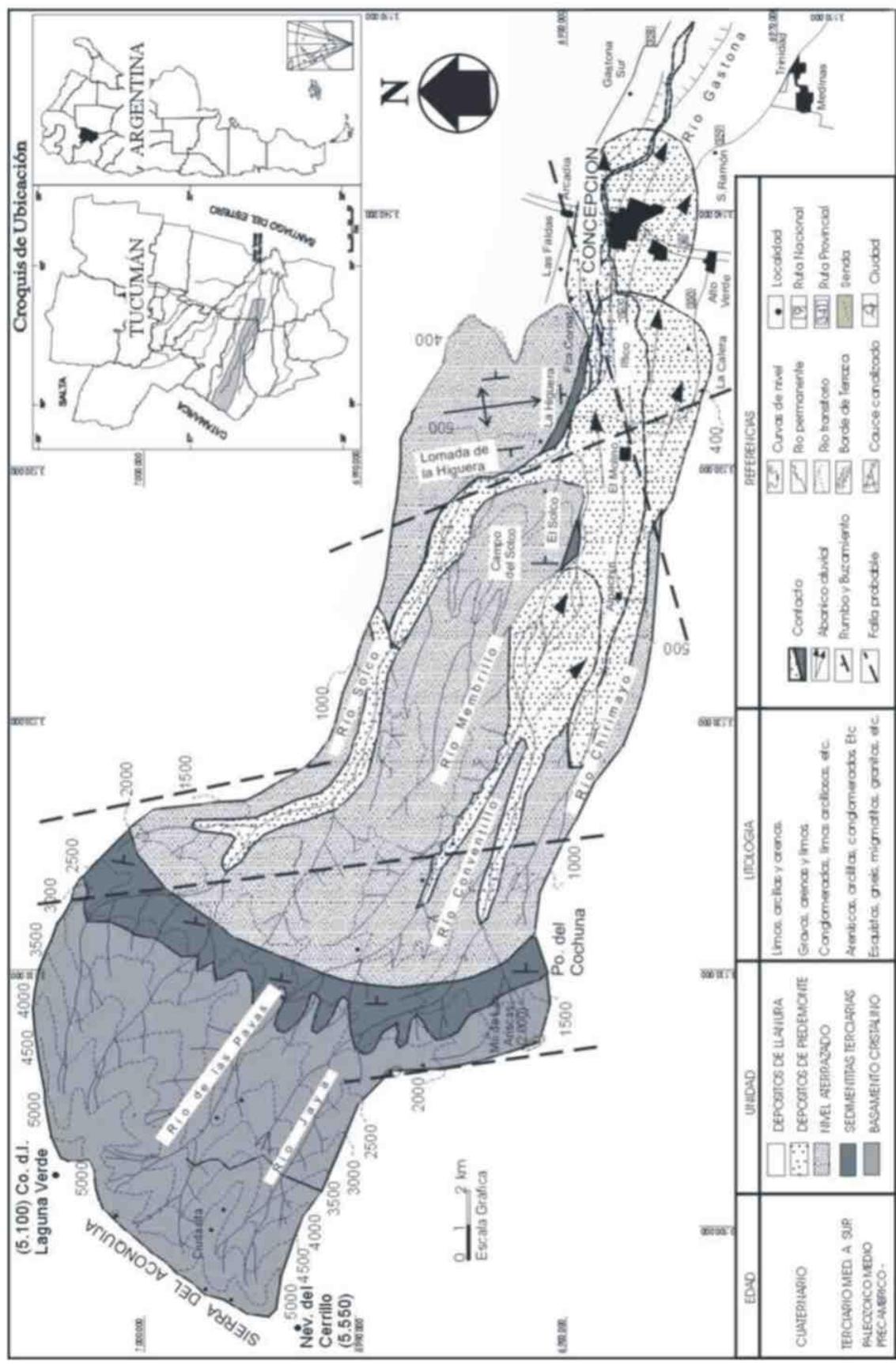


Figura 1 - Mapa geológico de la cuenca del río Gastrona, Provincia de Tucumán, República Argentina.

## GEOELECTRICA

Para determinar la distribución de las unidades litológicas en el subsuelo de la cuenca, se realizaron sondeos geofísicos, mediante el dispositivo tetra-electrónico de Schlumberger, con corriente continua. Los sondeos eléctricos verticales (SEV) se distribuyeron en tres perfiles longitudinales a la cuenca (Oeste-Este) que permitieron la correlación de las unidades del subsuelo con similares respuestas eléctricas (García, J.W.; 2005 a).

Las tareas de campaña se programaron en el área de interés hidrogeológico desde la zona pedemontana superior con afloramientos de sedimentitas atribuidas al terciario hacia la llanura oriental con mayor desarrollo de relleno cuaternario.

Se utilizaron como accesos las Rutas Provinciales N°s: 338 (San Miguel de Tucumán-Concepción), 329 (Concepción-Monteagudo), 365 (Concepción-Alpachiri) y 330 (Alto Verde-Alpachiri) y numerosos caminos vecinales y privados.

No se presentaron grandes dificultades para realizar el trabajo de campaña, salvo los contratiempos producidos por la presencia de las líneas de alta tensión y la consolidación del suelo en las rutas principales y localidades más pobladas, principalmente en Concepción.

Para realizar un análisis cualitativo primero se procesó la información de campo en planillas de cálculo en programa Excel que permitieron el cómputo rápido de las resistividades aparentes para cada apertura de  $AB/2$  y el dibujo de su correspondiente gráfica de campo. La interpretación cuantitativa de las curvas, que brinda como resultado el corte eléctrico de cada punto investigado, se efectuó mediante los programas computacionales.

A partir de los cortes eléctricos se han elaborado perfiles geoeléctricos, que permiten diferenciar tres horizontes en el subsuelo de la llanura (Figuras 2 y 3 –Perfiles Geoeléctricos).

La distribución del paquete intermedio ó de interés hidrogeológico, determina la presencia de cuatro áreas geoeléctricas distribuidas en la cuenca (Figura 4 – Áreas Geoléctricas ).

La zona pedemontana alta ubicada al Oeste de la cuenca donde el horizonte intermedio tiene una acumulación de sedimentos resistivos de más de 300 Ohm.m, de granulometría gruesa, con espesores que no superan los 50 m; hacia la base dan paso a sedimentos arenosos y limosos intercalados, que se apoyan sobre sedimentos secos posiblemente del Terciario.

La zona de la llanura intermedia ubicada en el centro de la cuenca, donde el horizonte tiene sedimentos de resistividad media a alta de 50 a 300 Ohm.m, con arenas y gravas gruesas con intercalaciones, con espesores de 150 a 300 m. Se apoyan sobre sedimentos conductivos limo-arcillosos del Terciario. Esta zona es la más favorable a la explotación del agua subterránea debido a los mayores espesores y rangos de resistividad del horizonte intermedio.

La zona de la llanura distal ubicada al Este de la cuenca, donde se observa una disminución de las resistividades del paquete sedimentario con valores de 30 a 100 Ohm,m, con arenas medias a finas, con espesores que van de los 100 a 300 m. En este sector la menor granulometría del paquete sedimentario y el aumento de las intercalaciones finas limo-arcillosas, produce una marcada disminución en las condiciones hidráulicas de los acuíferos respecto a la zona más favorable. A pesar de ello este sector le sigue en importancia a la zona más favorable desde el punto de vista hidrogeológico.



## HIDROGEOLOGÍA

El análisis de antecedentes de 120 perforaciones de archivos del Departamento de Perforaciones de la Dirección Provincial del Agua y de empresas privadas, permitió realizar un mapa hidrogeológico del área con las isopiezas, direcciones de flujo subterráneo e indicación de áreas de recarga, conducción y descarga del agua subterránea (Figura 5 – Mapa Hidrogeológico).

La cuenca hídrica del río Gastona tiene un área aproximada de 1.100 Km<sup>2</sup>, de las cuales solo el 45 %, tiene importancia desde el punto de vista hidrogeológico por desarrollarse sobre terrenos modernos con buena porosidad y permeabilidad.

Las áreas más favorables de la cuenca se ubican en la llanura intermedia entre las localidades de Concepción por el Oeste y Puesto de Valdez por el Este, entre los 300 y 400 m.s.n.m.

En los otros sectores las condiciones hidrogeológicas desmejoran; hacia el Oeste por la disminución de los espesores del paquete acuífero y hacia el Este por la disminución del tamaño de granométrico y el aumento de las intercalaciones de sedimentos finos. En este sector (Atahona y Monteagudo) se encuentran niveles de surgencia natural en pozos del orden de 200 a 300 m.

El paquete acuífero explotado se definió en base al análisis de información hidrogeológica antecedente, como un sistema multicapa de tipo intergranular, con unidades sedimentarias que van desde el Plioceno al Holoceno, depositadas sobre un sustrato de sedimentos finos del Mioceno.

La información antecedente de perforaciones permitió diferenciar tres secciones en el paquete acuífero que coincidirían a grandes rasgos con dos niveles del Cuaternario y del Plioceno.

A modo descriptivo se las denomina cronológicamente Unidad Hidrogeológica Monteagudo (Plioceno), U. H. Finca Cornet (Pleistoceno) y U. H. Río Gastona (Holoceno), por que en esas localidades de la cuenca están mejor representadas (García, J.W., 2005a).

El sustrato Mioceno o U. H. Alpachiri tiene arcilitas verdes y rojas con intercalaciones arenosas medias a finas con aguas de mala calidad, ricas en sales, como las que se explotan en otro sector de la provincia (El Timbó, Burruyacú) (García, J.W., 2005a).

No se descarta que sedimentos arenosos friables del Terciario inferior (Paleoceno-Eoceno), que afloran por retazos en las Sierras del Aconquija, puedan contener acuíferos, en el subsuelo profundo de la cuenca del río Gastona. Por esta razón se considera como basamento hidrogeológico de la cuenca a las rocas compactas del Basamento Igneo-metamórfico (García, J.W., 2005a).

La profundidad más frecuente de entubación de los pozos es de 125 a 150 m y la sección acuífera en explotación más frecuente se encuentra entre los 50 y 150 m de profundidad.

Los niveles estáticos varían desde 20 m bajo boca de pozo (m.b.b.p.) en Calera de Chirimayo hasta 6 m sobre boca de pozo (m.s.b.p.) en Monteagudo, indicando que las líneas de flujo subterráneo coinciden a grandes rasgos con la pendiente regional de Oeste a Este.

Los caudales medios son de 14 m<sup>3</sup>/h en pozos hasta 50 m y de 212 m<sup>3</sup>/h en pozos hasta 150 m y los rendimientos medios son de 4,4 m<sup>3</sup>/h/m en pozos hasta 25 m y de 17,3 m<sup>3</sup>/h/m en pozos hasta 150 m

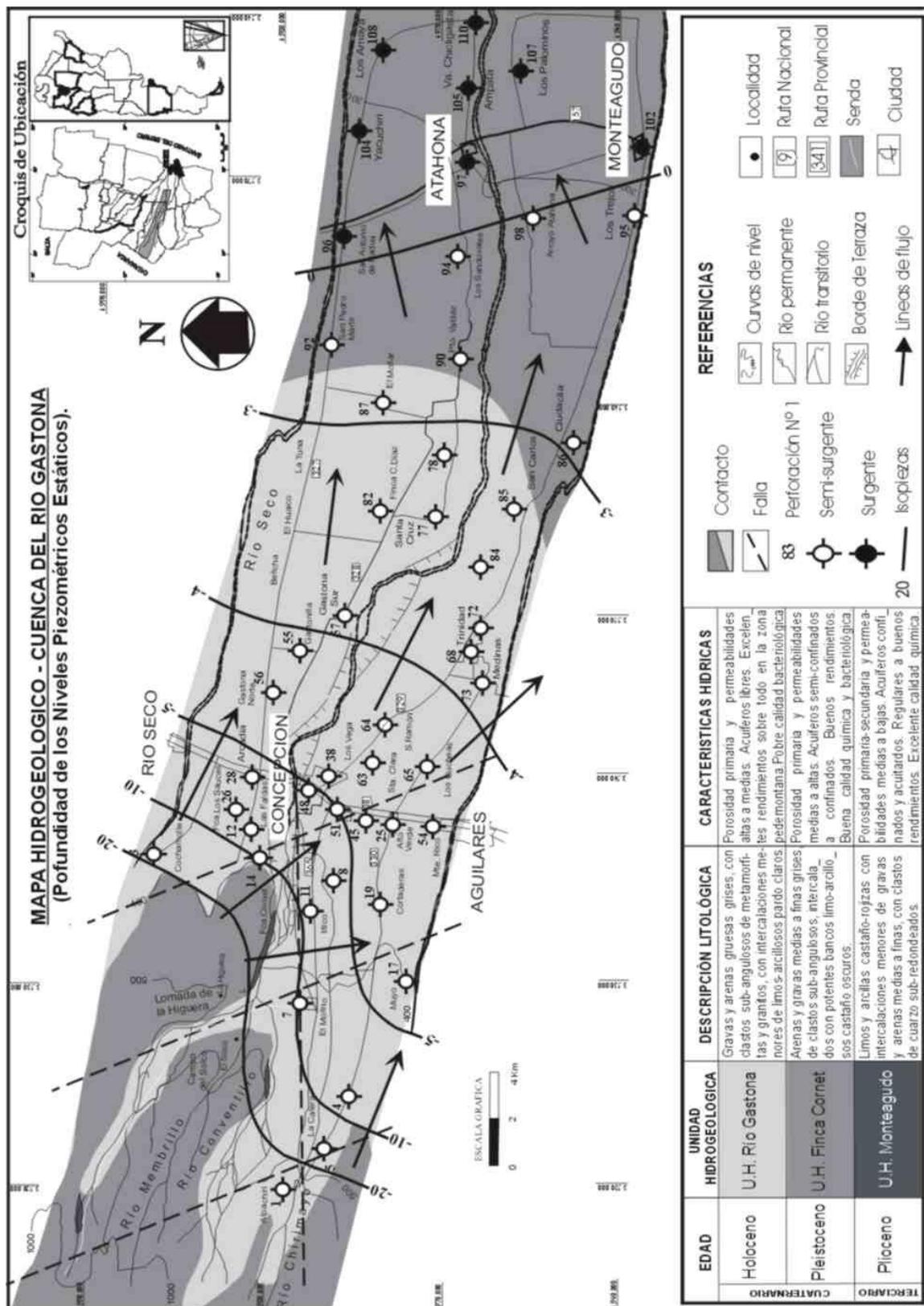


Figura 5 - MAPA HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO GASTONA

## HIDROQUÍMICA

Mediante el muestro y análisis químicos en el orden de 30 puntos de agua, distribuidos entre pozos someros, pozos profundos y cursos superficiales, se realizó la clasificación iónica de las aguas de la cuenca, así como una clasificación para diferentes usos (Figura 6 – Diagramas Iónicos).

Además se elaboró un modelo hidrogeológico-hidroquímico conceptual que permite comprender el movimiento del agua subterránea en la cuenca.

Los análisis indican que las aguas del acuífero libre, son dulces con baja salinidad, del orden de 100 mg/l de sólidos disueltos totales en el piedemonte y aguas salobres del orden de 1.500 mg/l de sólidos disueltos totales en la llanura deprimida.

El aumento de salinidad en el sentido del flujo regional se produce por dos factores, el primero es el mayor tiempo de tránsito del agua en el área distal respecto al área de recarga y el segundo debido a la disminución del tamaño granométrico de los sedimentos acuíferos de oeste a este en la dirección de la pendiente regional.

Las aguas de los pozos profundos tienen tenores de los sólidos disueltos totales de 100 a 600 mg/l, son aguas dulces de baja a media salinidad.

Las composiciones iónicas de las aguas del acuífero libre, son bicarbonatadas cálcicas en el piedemonte y la llanura adyacente y bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas-sódicas en la llanura deprimida.

Las composiciones iónicas de las aguas de los acuíferos profundos, son bicarbonatadas cálcicas-sódicas en el piedemonte y la llanura adyacente y bicarbonatadas sódicas en la llanura deprimida.

Tomando en cuenta los límites del Código Alimentario Argentino (García, J.W.; 2005a) se determinó que en las aguas de todos los pozos freáticos de la cuenca del río Gastona, no son aptas para el consumo humano sin tratamiento previo, debido a contaminación bacteriana. Mientras que son aptas para todo uso, las aguas de los pozos profundos.

Tomando en cuenta los límites establecidos por el Soil Salinity Laboratory del United State Geological Survey (García, J.W.; 2005a) se determinó que las aguas de los pozos freáticos y profundos son en general buenas a muy buenas para el riego de cultivos (Tipos C1S1, C2S1 y C3S1).

Tomando en cuenta los límites establecidos por Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (García, J.W.; 2005a), se determinó que en la cuenca del río Gastona las aguas son buenas a regulares para su uso en ganado bovino y se deben suplementar con sales minerales.

Tomando en cuenta los límites establecidos por Heras y Custodio y Llamas (García, J.W.; 2005a) para el uso industrial se determinó que las aguas cuenca del río Gastona pueden utilizarse, con pocas restricciones, en diversas industrias: azucarera, papelera, bebidas gaseosas, textil y cervecera, entre otras.

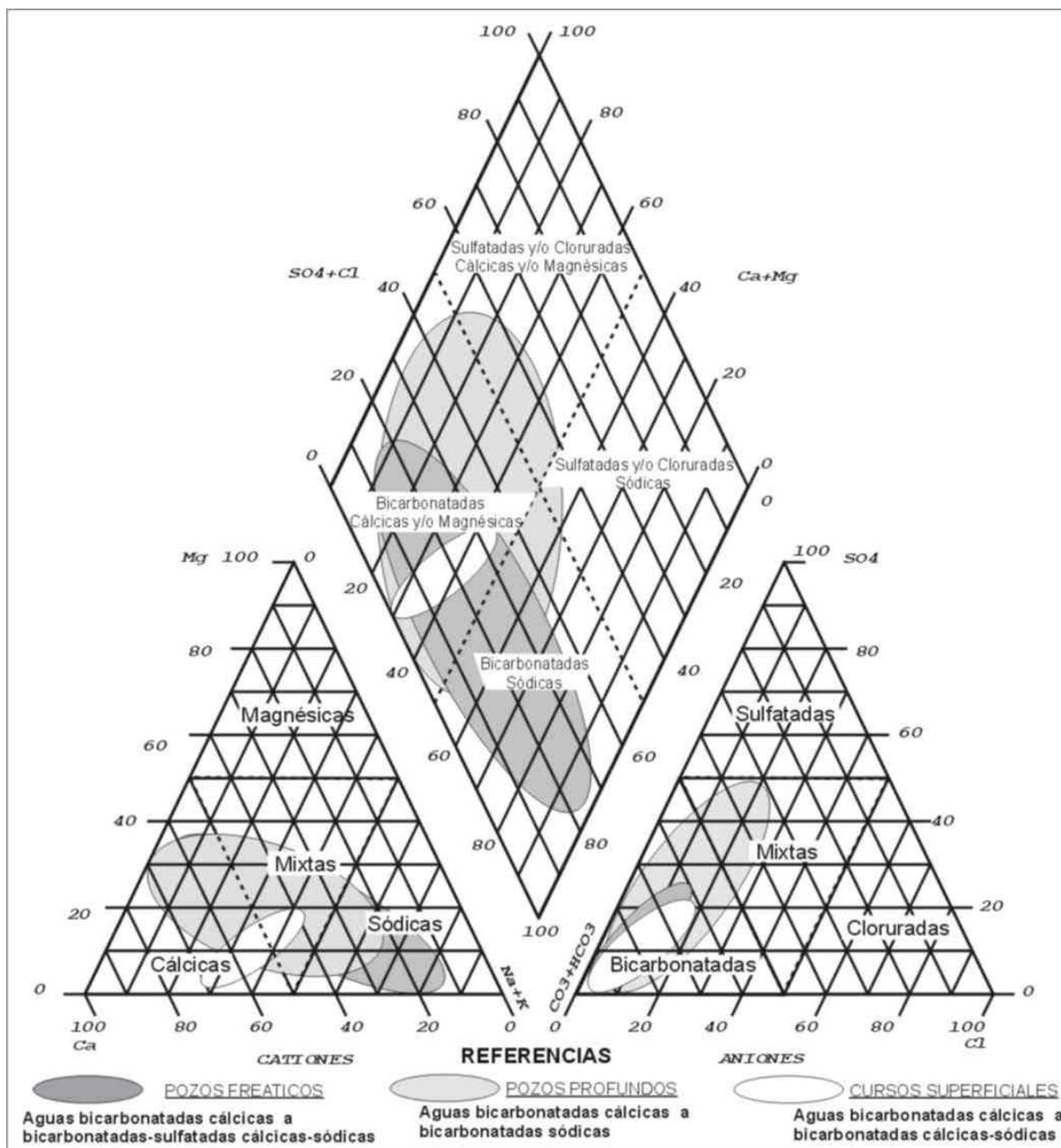


Figura 6 - DIAGRAMA DE PIPER - AGUAS DE LA CUENCA DEL RIO GASTONA

## CONCLUSIONES

La cuenca del río Gastona tiene un área aproximada de 1.000 Km<sup>2</sup> de los cuales el 45 % son favorables para el aprovechamiento de aguas subterráneas mediante perforaciones.

Las áreas más favorables de la cuenca se ubican en la llanura intermedia entre las localidades de Concepción por el Oeste y Puesto de Valdez por el Este, entre los 300 y 400 m.s.n.m.

En los otros sectores de la cuenca las condiciones hidrogeológicas desmejoran; hacia el Oeste debido a la disminución de los espesores del paquete acuífero y hacia el Este debido a la disminución del tamaño de granométrico del paquete acuífero y al aumento de las intercalaciones de sedimentos finos limo-arcillosos.

El sistema acuífero explotable presenta una resistividad intermedia entre dos paquetes sedimentarios, uno resistivo superior y otro conductivo inferior; con rangos de resistividad variables de 20 a 200 Ohm.m., a profundidades de 50 a 300 m.

Este paquete acuífero se definió en base al análisis de información hidrogeológica antecedente, como un sistema multicapa de tipo intergranular, con unidades sedimentarias que van desde el Plioceno al Holoceno, depositadas sobre un sustrato de sedimentos predominantemente finos del Mioceno.

Los análisis químicos permitieron diferenciar los tipos de aguas en el paquete acuífero, que coincidirían a grandes rasgos con un flujo somero en niveles del Holoceno, otro flujo a profundidades intermedias en niveles Pleistocenos y finalmente un flujo profundo en niveles del Plioceno (Figura 7 -Modelo Hidrogeológico).

Esta subdivisión hidrogeológica no es posible registrarla empleando sondeos geoelectricos, debido a la baja variabilidad química de las aguas subterráneas, que se encuentran dentro de parámetros de buena calidad y baja salinidad.

## Bibliografía

- García, J.W.** (2005a) – “*Hidrogeología de la cuenca del río Gastona, Departamento Chichigasta, Provincia de Tucumán*”. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L. (UNT). Tucumán. Inédito.
- García, J.W.** (2005b) – “*Geología de la cuenca del río Gastona, vertiente oriental de la Sierra del Aconquija, Provincia de Tucumán*”. Actas XXº Congreso Geológico Argentino. La Plata, Buenos Aires.
- Tineo, A.; Falcón, C.; García, J.; D’Urso, C. y Rodríguez, G.**, (1999) – Capítulo “*Hidrogeología*” de Tucumán en Gianfrancisco, M; Puchulu, M; Durango, J. y Aceñolaza, G. (1999) – “*Geología de Tucumán*”. 2da. Edición. Publicación Especial. Colegio de Graduados en Cs. Geológicas de Tucumán.

## Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a las personas que colaboraron para que este trabajo se realizara: a los docentes de la cátedra de Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Naturales, Dr. Alfredo Tineo, Dr. Carlos Falcón y Geol. Carlos D’Urso. También al Dr. Hugo Nicolli y al Ing. Norberto Ponti, por sus aportes en las áreas de hidroquímica y geoelectrica respectivamente.

