

Estudio geológico e hidrogeológico de las Sierras de Guasayán - Departamento Choya - Santiago del Estero

Terribile, Marcela¹; Trejo, Walter¹; Falcón, Martín¹; Carrizo, Carlos¹; Vera, María¹

(1) *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero*
marceterr@gmail.com; mario4.tr@gmail.com; martin_10_1989@hotmail.com;
becko1989@gmail.com; mariavera1674@gmail.com

RESUMEN

La Sierra de Guasayán, unidad geológica plutónica/metamórfica, con una porosidad primaria de 1 al 3% y una permeabilidad de 10^{-3} a 10^{-4} m/día, condiciona la captación de agua del acuífero libre, cuya explotación económica está asociada a casos fortuitos. Por lo general los pozos se agotan o son de bajo rendimiento. La estructura de bloques volcados que causaron la elevación del borde oriental y una pendiente suave del flanco occidental, surge por esfuerzos compresivos Este/Oeste, provocando fallas transversales en el zócalo cristalino y plegamientos en la cubierta sedimentaria de génesis palustre/lacustre, adosada a ambos flancos del mismo. El análisis de los lineamientos tectónicos mediante fotografías aéreas y con la ayuda de antecedentes de SEV (electro sondeos verticales), se estableció áreas de porosidad secundaria, mediante los contrastes verticales entre roca sana, con resistividades $\geq 1.000 \Omega/m$ y la resistividad $< 300 \Omega/m$ de rocas alteradas de igual naturaleza petrológica, pero con fuerte alteración mecánica/química. Las fajas con anomalías de porosidad y permeabilidad, asociadas a patrones geotectónicos, han orientado la captación de agua subterránea en esta comarca rural cuya actividad principal esta basada en la cría de ganado y agricultura. Con dificultades severas en su desarrollo, por la escasez de agua potable.

ABSTRACT

The Sierra de Guasayán, a plutonic/metamorphic geological unit, with a primary porosity of 1 to 3% and a permeability of 10^{-3} to 10^{-4} m/day, conditions the collection of water from the free aquifer, whose economic exploitation is associated with fortuitous cases. Wells are usually depleted or underperforming. The structure of overturned blocks that caused the elevation of the eastern edge and a gentle slope of the western flank, arises due to East/West compressive stresses, causing transverse faults in the crystalline base and folding in the sedimentary cover of marsh/lacustrine genesis, attached to both flanks of it. The analysis of the tectonic lineaments through aerial photographs and with the help of SEV (electro vertical soundings) background, secondary porosity areas were established, through vertical contrasts between sound rock, with resistivities $\geq 1,000 \Omega/m$ and resistivity $< 300 \Omega/m$ of altered rocks of the same petrological nature, but with strong mechanical/chemical alteration. The strips with anomalies of porosity and permeability, associated with geotectonic patterns, have guided the collection of groundwater in this rural region whose main activity is based on cattle raising and agriculture. With severe difficulties in its development, due to the scarcity of drinking water.

Palabras claves: hidrogeología - Sierras de Guasayán - complejo ígneo metamórfico

Keywords: hydrogeology - Sierras de Guasayán - igneous metamorphic complex

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como finalidad la caracterización geológica, hidrogeológica y la ubicación de sitios con capacidad potencial de

representar áreas de acumulación y probables reservorios de aguas subterráneas en el ámbito de las Sierras de Guasayán.

Las Sierras de Guasayán se extienden en un área aproximada de 1.100 km^2 , la cual cuenta con una

población rural muy dispersa que basa su existencia social y económica en la actividad ganadera, con recursos potenciales de naturaleza turística, como en Villa La Punta y en forma subordinada, cultivos agrícolas. En la actualidad, las explotaciones mineras en las localidades de Choya y Ancajón, se encuentran hoy inactivas y con serias dificultades en su desarrollo por la escasez de agua para consumo humano y otras aplicaciones.

La zona de estudio se ubica al oeste de la ciudad capital de Santiago del Estero, en los Departamentos: Choya y Guasayán, con una población actual, en ambos departamentos, de 52.428 habitantes (Datos provisorios CENSO 2022 - INDEC), la densidad poblacional es de 5,8 hab/km² y 3 hab/km² para ambos departamentos.

El patrón litológico de la sierra, al estar integrada por rocas duras de baja porosidad y limitada permeabilidad, poco estudiadas como reservorios de agua subterránea, ha condicionado el éxito de las obras de captación, que por lo general están asociados a casos fortuitos, ya sean pozos cavados o perforaciones de agua subterránea. Además, se aprovechan las vertientes naturales y muchas de las captaciones a cielo abierto han sufrido un acentuado proceso de envejecimiento.

Adosado al basamento cristalino sobre ambos flancos de la serranía, se apoya en posición somera, una cubierta sedimentaria de edad Terciaria (Mioceno), responsable de la naturaleza Hidroquímica del agua subterránea en la llanura, con sales solubles de SO₄= y Cl – de Na, Mg y Ca.

Los acuíferos con un alto grado de salinidad, en este ambiente sedimentario, poseen aguas salobres a saladas de tipo sulfatadas sódicas, utilizadas en algunos casos con limitaciones por los pobladores, para la bebida de animales y otros usos.

En el ambiente de rocas cristalinas, el agua del subsuelo, que corresponde al acuífero freático, presenta buena calidad química, del tipo bicarbonatadas sódicas a cálcicas. Se aplicaron criterios de exploración basados en el empleo de imágenes y fotografías aéreas digitalizadas, un intensivo control de campo donde se priorizan los resultados de la neotectónica, los tipos de fracturas, zonas de alteración según los patrones petrológicos, y su relación con la ubicación de las captaciones y vertientes existentes.

La utilización de la geoelectrónica ha permitido encontrar posibles áreas de porosidad secundaria, mediante los contrastes resistivos verticales, entre rocas sanas y las fajas alteradas.

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio, comprende a todo el macizo aflorante de las sierras desde la localidad de Villa la Punta por el sur, hasta la población de la Mesada hacia el Norte, tomando como límite Este la ruta provincial N° 24 y hacia el Oeste una franja de 4 km, donde el Mioceno se apoya sobre el basamento. En ambos casos, los límites oriental y occidental, corresponden a formaciones geológicas modernas fuertemente condicionadas por las rocas del basamento cristalino y su conformación estructural.

El área está ubicada por el Norte, en la latitud Sur 27° 45' y por el Sur alcanza los 28° 24' de igual latitud. Por el Este, se extiende desde la longitud Oeste de Greenwich 64° 45', hasta los 64° 53', de igual longitud. Dentro de estos parámetros el área abarca una superficie aproximada de unos 1.100 km².

En la Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, se observa la posición de la zona de estudio en su contexto regional. Las vías de comunicación más importantes son: la ruta nacional N° 64, que, a partir de la ciudad Capital de Santiago del Estero, cruza la región de Este a Oeste, pasando por Santa Catalina y Puerta Chiquita, y luego se conecta con la provincia vecina de Catamarca, cruzando antes por la población de Lavalle. Otra ruta, es la nacional N°157, que atraviesa la región de Norte a Sur, paralela a la línea del ferrocarril General Belgrano, ubicándose al Oeste de la zona, sobre el límite interprovincial.

Al oriente de la región de estudio y que sirvió como límite Este, se ubica la ruta provincial N° 24, esta vía nace en Estación La Punta, y termina en la ruta nacional N°64, desde aquí y hacia el norte se la denomina ruta N° 3 pasando por Las Juntas, El Tableado y Villa Guasayán, desde donde empalma con la ruta N°10, accediéndose a San Pedro de Guasayán. Por último, la ruta provincial N°33 que bordea la sierra por el Oeste, pasa por Puerta Chiquita, donde se une a la ruta nacional N° 64.

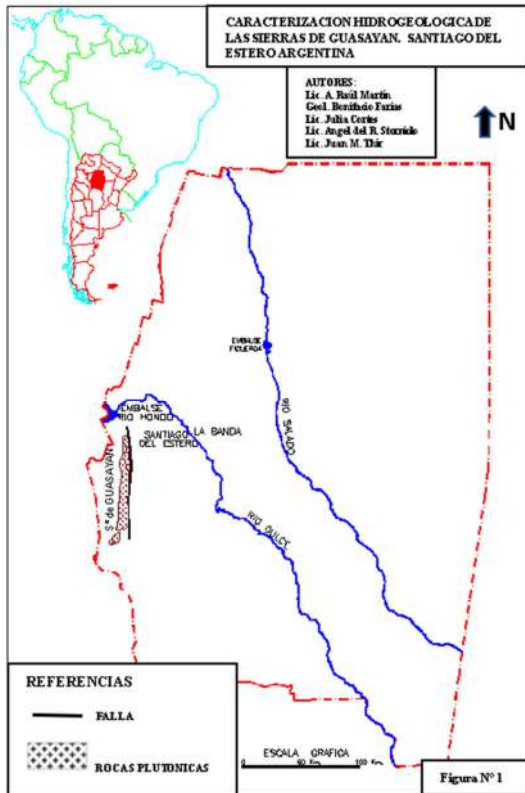


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio

3. ANTECEDENTES DEL AREA DE ESTUDIO

Entre los años 1921 a 1923, el Dr. Richard Stappenbeck, en su trabajo: "Geologie und Grundwasserkunde der Pampa", analiza resultados de perforaciones, interpretando datos de análisis físico-químicos de aguas, en la zona próxima al ambiente geológico de Guasayán. La investigación más importante relacionada a la temática hidrogeológica y geológica de la Sierra de Guasayán, son los valiosos aportes del Dr. Roberto Beder (1928), en su obra: "La Sierra de Guasayán y sus alrededores", quien realiza las primeras observaciones geológicas, con descripciones petrográficas del macizo, analiza su estructura y caracteriza a las rocas ígneas y metamórficas, desde el punto de vista hidrogeológico.

El Dr. Bataglia, A. (1982), en la "Descripción Geológica de las Hojas 13f, 13g, 14g, 14h y 15g," que abarca las provincias de Santiago del Estero, Catamarca y Tucumán, realiza un estudio basado en la composición geológica de las Sierras de Guasayán, su estructura y estilo

tectónico. Realiza además una interpretación de la secuencia sedimentológica del Terciario (Mioceno) que tiene mucha importancia tiene en la hidrogeoquímica del agua subterránea en la llanura.

Una contribución importante al conocimiento del agua subterránea en las Sierras de Guasayán, es el realizado por el Dr. Oscar Ruiz Huidobro (1973), presentado en el 6° Congreso Nacional del Agua, en el cual detalla las características hidrogeológicas del basamento cristalino, identifica y realiza observaciones sobre las vertientes, con análisis químicos y medición de caudales espontáneos.

3.1 Geología

El cordón serrano de las Sierras de Guasayán, regionalmente pertenece a las Sierras Pampeanas, ocupando la zona occidental de la provincia de Santiago del Estero, presenta una morfología elongada de dirección Norte-Sur, extendiéndose 80 Km, desde Villa La Punta hasta Abra del Martirizado. El ancho máximo es de 7 km ubicándose, entre Villa La Punta y el Mojoncito.

Hacia el Norte la sierra sufre una fuerte disminución en su desarrollo lateral y en su altitud, siendo notable a partir de la Quebrada de Guasayán, alcanzando en su extremo septentrional, solamente unos 25m de ancho en el Abra del Martirizado.

En la Figura 2. Representación gráfica de las estructuras geológicas de las Sierras de Guasayán, puede observarse un sistema de fracturas principales y secundarias que han generado dominios estructurales de gran importancia en el comportamiento hidrogeológico de las rocas duras fracturadas. El basamento cristalino, está integrado por tres complejos petrológicos, con rango formacional, las que se observan en el Tabla 1. Clasificación petrológica del basamento cristalino

Tabla 1. Clasificación petrológica del basamento cristalino

Formación	Composición petrológica	Edad
Santa Catalina	Rocas de metamorfismo regional, grado medio.	Cámbrico-Ordovícico

Abra del Martirizado	Rocas de metamorfismo regional, grado bajo	Cámbrico
El Alto	Rocas graníticas y Pegmatitas	Ordovícico

La formación Santa Catalina está integrada por rocas de metamorfismo regional de grado alto a medio, como esquistos bandeados, gneises y mármoles. En general prevalece el cuarzo con un 35 al 45%, plagioclasa, biotita, moscovita y feldespato potásico. Los mármoles, representan fajas discontinuas asociadas a los esquistos y gneises, con texturas granoblásticas.

La formación Abra del Martirizado, la componen rocas de bajo grado de metamorfismo regional, como pizarras, filitas cuarzosas, cuarcitas feldespáticas micáceas, filonitas y calizas cristalinas granulosas.

De acuerdo a los valores modales obtenidos, las rocas se ubican en el grupo de los Monzogranitos y Granodioritas, según Omil, M. (1992).

3.1.1 Formaciones Sedimentarias

La estructura sedimentaria Terciaria, que influye en la hidrogeología de la zona, presenta las siguientes formaciones, que se muestran en el Tabla 2. Formaciones sedimentarias terciarias

Tabla 2. Formaciones sedimentarias terciarias

TERCIARIO		
Época	Formación	Litología
Plioceno Superior	Choya	Fanglomerados, con rodados del basamento y de rocas volcánicas con matriz arenolimsa.
Plioceno Medio	Las Cañas (Ruiz Huidobro)	Arcilitas pardas, rojizas, limolitas, cineritas.
Mioceno Superior	Río Salí (R. Huidobro) Guasayán (Bataglia 1982)	Arcillas verdes yesíferas, yeso fibroso, arcillas pardas, cenizas volcánicas, tobas yesíferas.

3.1.2 Cuaternario

Formaciones del Cuaternario cubren la región, con espesores variables, son poco representativas y su naturaleza se observa en la Tabla 3. Formaciones del Cuaternario

Tabla 3. Formaciones del Cuaternario

CUATERNARIO		
Época	Formación	Litología
Holoceno (25.000 años)	Pospampeana	Sedimentos continentales, depósitos aluviales y eólicos, loess, salares.
Pleistoceno (1.000.000 años)	Capellanía Pampeana	Loess, fanglomerados, conos deyección, rodados con matriz areno limosa

Las estructuras de pie de monte, como abanicos y pequeños conos de deyección con sedimentación caótica, son afloramientos de naturaleza esporádica, de escasa importancia hidrogeológica, observándose en los alrededores de Villa La Punta, la Quebrada de Maquijata, Santa Catalina y Alto Bello.

3.1.3 Estructura Geológica

La estructura actual del cordón serrano de Guasayán, es producto de movimientos tectónicos ocurridos desde el eón Precámbrico. La unidad se presenta en bloques fallados y volcados, que afectaron suavemente a la cubierta sedimentaria Terciaria. El rechazo estimado de la falla es de unos 900 m.

El basamento esquistoso, presenta un rumbo constante de Norte/Sur, con ligeras variaciones hacia el oeste con ángulos de 20° a 40°. El cuerpo granítico, elemento principal de la sierra, constituido por rocas alcalinas que han intruido un cuerpo menor de rocas metamórficas, se presenta como un bloque ascendido por una falla principal de rumbo norte/sur, basculado hacia el oeste, lo cual le configura un perfil asimétrico, con un labio oriental elevado, con ángulo subvertical y un plano estructural hacia occidente. Estos rasgos pueden ser observados en las Figura 2.

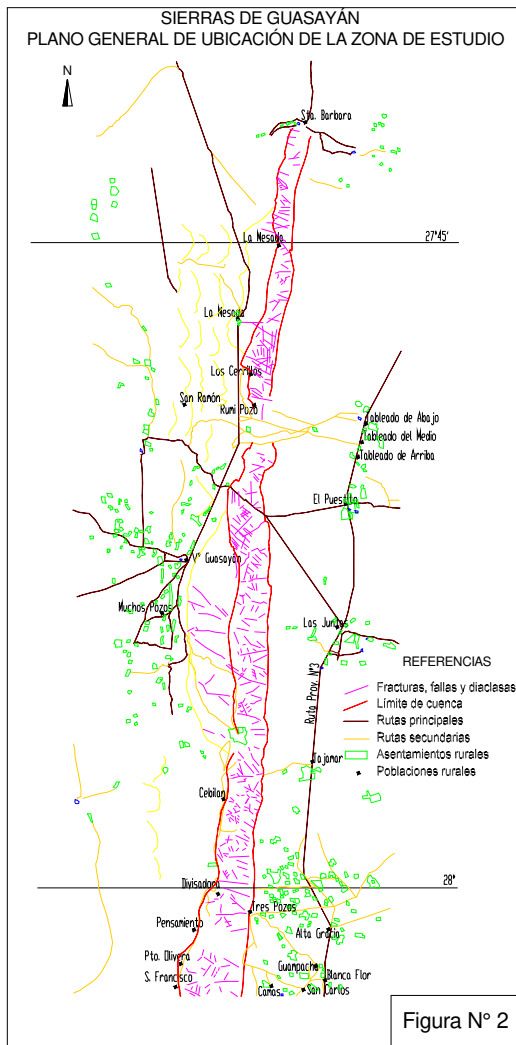


Figura 2. Representación gráfica de las estructuras geológicas de las Sierras de Guasayán

El cuerpo granítico, poco deformado, ajusta su diseño tectónico a la estructura preexistente de la roca de caja. Al ser un cuerpo rígido, ha prevalecido la fracturación sobre la deformación moldeable, generando juegos principales de diaclasas verticales y horizontales.

Las rocas metamórficas presentan una estructura con una orientación predominante Norte/Sur. Como rasgos secundarios se observan bandeamientos, foliaciones, ondulaciones y micropliegues. Prevalece la deformación dúctil, haciéndose evidente en el tramo de Puerta Chiquita a Santa Catalina, en la quebrada de Maquijata y en la zona de Alto Bello.

Existen además juegos de fracturas transversales con desplazamientos variables que inciden sobre

el diseño de drenaje en las subcuencas, la pendiente de las mismas y otros parámetros hidrogeológicos importantes.

3.2 Geomorfología

La morfología de las Sierras de Guasayán, se caracteriza por un relieve bajo, cuyas alturas no sobrepasan los 800 m, presentando un fuerte componente estructural y en forma subordinada las características petrológicas del macizo. El fallamiento de tipo regional ha generado una serie de bloques volcados, quebradas y una morfología de lomadas asociadas a las formaciones sedimentarias terciarias adosadas al basamento.

Las zonas de lomadas son en algunos casos entrecortadas, formadas por sedimentos de la Formación Guasayán, donde el yeso y las arcillas pardas y verdes son los elementos principales, ligeramente plegados y con un fuerte proceso erosivo. En el ambiente granítico, el diseño del drenaje es marcadamente rectangular, siendo en general poco denso, con redes cortas hacia el Este, y con pendientes suaves hacia el Oeste.

Los sistemas de escurrimiento superficial se han desarrollado ajustándose a los patrones litológicos con un fuerte control estructural (ver figura 2). La parte Norte de la Sierra, desde Abra del Martirizado hasta la Quebrada de Guasayán, se caracteriza por cursos cortos, una red poco densa, de escasa profundidad, siendo en su mayoría de diseño rectangular, con fuerte erosión sobre el faldeo oriental de la falla principal. Desde esta quebrada hasta la parte sur en Villa La Punta, la red de drenaje presenta una configuración dendrítica, con una mayor densidad y en algunos casos el diseño se torna subparalelo.

El análisis de la red de avenamiento, desde el punto de vista morfométrico (Leyes de Horton), determina que la misma es poco jerarquizada, puesto que los cauces de primer orden, no tienen ramificaciones.

La densidad de drenaje es muy baja, lo cual podría indicar que la infiltración es superior al coeficiente de drenaje, asociado a una superficie morfológica mal drenada.

3.3 Hidrogeología

La cuenca presenta en general un sistema de flujo local poco jerarquizado, la zona de recarga y descarga se refleja en la topografía de la zona y

en la hidrogeoquímica del agua. Al no existir una cubierta sedimentaria de alta permeabilidad adosada al basamento, el sistema origina un escaso aporte al flujo subterráneo regional.

Una característica geomórfica particular, es la cubierta terciaria adosada al basamento en su flanco occidental. Prácticamente a lo largo de toda la sierra, se observan como lomadas suaves de escasa altura levantadas por el Oeste, con ligera inclinación hacia el Este. Presentan engeneral una red de escurrimiento de tipo dendrítico. El agua subterránea, se manifiesta dentro del flujo local, sobre formaciones geológicas, con patrones litológicos diferentes, no sólo por la dimensión de los cuerpos sino por su estructura, permeabilidad y extensión. En la cuenca el agua se infiltra, almacena y circula dentro del mismo ambiente del basamento cristalino por porosidad secundaria, y un modelo de flujo donde el agua descarga hacia las unidades menores de relleno sedimentario moderno. Además, circula hacia las formaciones sedimentarias terciarias adosadas tanto a oriente como occidente del complejo rígido.

El agua alojada en el macizo cristalino, es la de mayor interés hidrogeológico, puesto que la composición y estratigrafía de las secuencias sedimentarias de naturaleza palustre/lacustre, presentan un fuerte componente mineral (sulfato y cloruros de Ca, Na, y Mg), que originan una importante contaminación del agua subterránea, condicionándola en sus usos y aplicaciones.

El agua alojada y con circulación restringida en el complejo petrológico principal, presenta acuíferos discontinuos y libres, asociados a una red de fracturas abiertas y conectadas. Los registros existentes sobre los caudales de las vertientes que prevalecen sobre el faldeo oriental, y de menor desarrollo sobre las vertientes occidentales, presentan volúmenes con poca variabilidad estacional. Las mismas son captadas, en pozos de escasa profundidad, en formaciones por lo general adosadas a rocas graníticas o metamórficas alteradas mecánicamente.

Tabla 3. Vertientes de la zona

Vertientes	Caudal litros/hora	Tipo de Roca
V. La Punta a	743	Esquistos, Margas
V. La Punta b	870	Esquistos,

		Margas
F. Martilotti	1.150	Esquistos, Margas
El Ojito	984	Conos Deyección.
Villa Guasayán	1.750	Arcilla Yesífera
Sinchi Caña	497	Suelo y Arena
Maquijata	410	Granito
Virgen Yacu	397	Granito
Yacu Atu	879	Granito
Cantera Pérez	860	Granito
Conzo	504	Granito

Las vertientes, que se detallan en la Tabla 4, conocidas desde tiempos prehispánicos, aprovechadas por los pobladores y colonizadores españoles, aun hoy aportan sus aguas para sostener pequeñas comunidades rurales, de ellas, sólo una descarga sus aguas sobre el faldeo occidental (Villa Guasayán) y es de agua salada. Las mediciones realizadas en el año 2.001, no han experimentado variaciones significativas, con relación a valores históricos, tomado por Beder (1923) y Ruiz Huidobro (1967).

3.4 Antecedentes de Mediciones Geoeléctricas Casos de Estudio

El modelo hidrogeológico empleado en la prospección geoeléctrica, surge del patrón geológico, de sus condiciones tectónicas y de la cubierta sedimentaria terciaria, resumiéndolo como esquema conceptual en el Tabla 5. La interpretación cuantitativa de las curvas de resistividad se realizó con el Software interactivo, Resix Plus.

Tabla 5. Mediciones geoeléctricas

Formación Geológica	Modelo Geoeléctrico	Hidrogeología
Recientes	100 Ω/m	Zona no saturada
Guasayán	5 a 50 Ω/m	Acuitardos Aguas saladas
Basamento Cristalino Alterado	100 a 500 Ω/m	Acuíferos libres Aguas aptas.
Basamento Cristalino Sano	≥ 1.000 Ω/m	Basamento. Hidrogeológico Acuífugo

3.4.1 Área Villa La Punta

En esta microcuenca analizada en el sector sur de la sierra, se ubican quebradas importantes que descargan sus aguas hacia el sur, mientras que, en el flanco oriental, donde se localiza esta población, son conocidas las vertientes desde la época prehispánica, con aguas de buena calidad química, pero con caudales insuficientes. También el agua se extrae de pozos cavados de gran diámetro, que almacenan agua que circula por un granito muy alterado, resultando escaso para consumo humano, puesto que luego de un par de horas de bombeo los pozos agotan sus reservas.

La investigación trató de verificar la posibilidad de detectar la profundidad del basamento cristalino y esquistoso y el estado de alteración del mismo. Se trabajó sobre una franja donde en parte el granito aflora, mientras que la mayoría de la superficie, está cubierta por una acumulación clástica caótica.

Los sondeos eléctricos, presentan similitud con los realizados en La Represa y Las Juntas, pero reflejan condiciones hidrogeológicas propias. La interpretación realizada sobre la base de valores resistivos muy contrastados, fue comprobada en un pozo realizado para reconocimiento y valoración de los datos.

En la Figura 3, se puede apreciar la configuración de la curva de resistividad de campo, que refleja el siguiente perfil. Las capas superiores que nunca son más de dos, no presentan interés hidrogeológico, con un espesor de 1,50 m y resistividades de 150 Ω/m . Infrayace una capa de 300 Ω/m , que representa una capa de cantos rodados y gravas gruesas hasta 7,40 m, luego la curva de campo se torna descendente de baja resistividad.

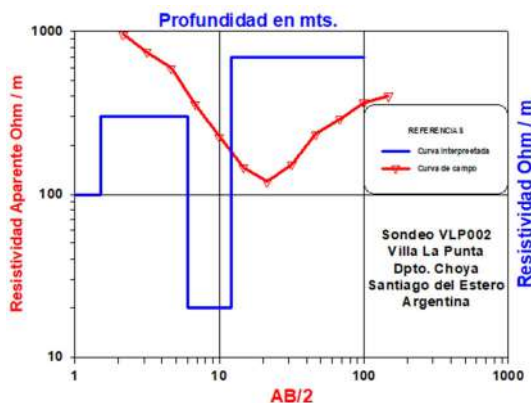


Figura 3: Curva de campo y curva interpretada de la localidad de Villa La Punta.

Esta tercera capa conductiva, con valores de 20 Ω/m , se suponía de interés hidrogeológico, pero el pozo cavado realizado, permitió comprobar la existencia de la formación Guasayán, donde a partir de los 17 m de profundidad, el agua comenzó a drenar, alcanzado un nivel final de – 4.20 m.

El final de la curva de campo presenta una rama ascendente con valores superiores a los 600 Ω/m , lo cual refleja la existencia del basamento sano. Es posible en este caso que el agua que descarga el granito hacia el Este, lo haga por el contacto con la formación terciaria, las características químicas del agua presentan valores altos en el ión sulfato.

3.7.2 Área Las Juntas

Esta zona se ubica sobre el flanco oriental de la sierra, próximo a la Quebrada de Conzo, en un ambiente netamente granítico, con un rumbo de la falla principal de 8° Este. La red de drenaje de esta cuenca es de tipo angular y descarga hacia el este.

Los electrosondeos verticales, se ubicaron sobre un dominio estructural adecuado, en la zona distal de la cuenca. Las curvas de campo obtenidas, reflejan las condiciones geológicas asociadas a tres capas, en el Figura 4, un modelo que lo caracteriza.

La primera capa resistiva, representa un aluvión muy suelto, de deposición caótica, con bloques angulosos con poco transporte y un espesor de 3 m, esta capa no saturada manifiesta valores resistivos de 100 a 150 Ω/m . Esta unidad se apoya sobre una capa de sedimentos más finos, con matriz arenosa, sedimentos de ambiente continental de menor resistividad que la superficial.

La interface con la tercera capa, se ubica a los 6,6 m de profundidad, donde se ubicaron sedimentos palustres perteneciente a una cuenca de baja energía, con arcillas verdes yesíferas y valores resistivos que se ubican entre los 10 a 25 Ω/m . Este horizonte resistivo presenta características negativas para la circulación y almacenamiento de agua subterránea. Dada la poca extensión de la línea de emisión de corrientes AB, no fue posible alcanzar al basamento cristalino.

Sin duda que la existencia de la formación Guasayán adosada al granito aflorante en este sector oriental, crea condiciones hidrogeológicas

negativas, al no existir formaciones de sedimentos de textura gruesa.

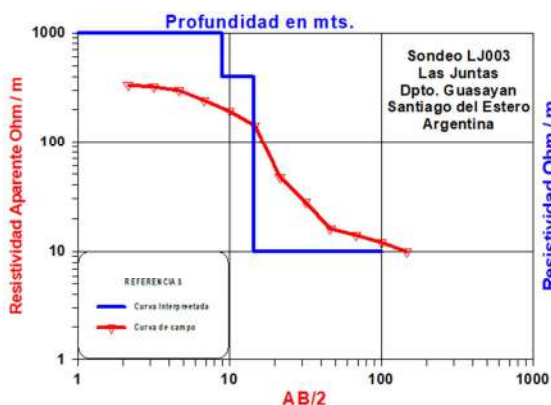


Figura 4: Curva de campo y curva interpretada de la localidad de Las Juntas.

3.7.3 Área La Represa

La cuenca estudiada, Figura 5, presenta una superficie de 7,4 Km², con una morfología elongada en el sentido Este/Oeste, y una red de drenaje de tipo dendrítico/angular.

En el ambiente geológico, prevalece el granito, con escasa cubierta sedimentaria y una morfología peneplanizada con lomadas suaves.

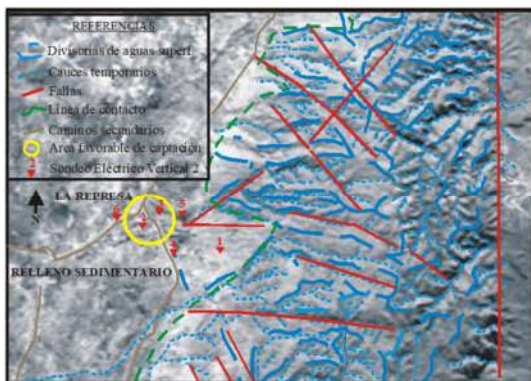


Figura 5: Red de drenaje de la cuenca

Las curvas de resistividad aparente, Figura 5, respondieron al modelo establecido, ajustándose la interpretación de las mismas a referencias de campo. En su mayoría responden a un modelo de tres capas. La curva representa a un corte integrado por 1 m de limos loésicos calcáreo, 7 m de aluvión suelto no saturado y hasta la profundidad de 27 m granito fresco, con escasa fisuras y diaclasas, no detectándose según el pozo cavado, ninguna filtración de agua subterránea.

Mientras que se ubicaron un par de electrosondeos, sobre un área ubicada en función de la estructura, red de drenaje y convergencia de líneas de flujo superficial y en este caso el modelo de tres capas, respondió a niveles superiores fanglomerádicos, que apoyan sobre un basamento cristalino alterado mecánicamente (150 a 370 Ω/m), hasta los 56 m de profundidad, donde la interface eléctrica asume valores de unos ≥ 600 Ω/m, interpretándose como granito sano impermeable. Esta zona fue perforada y se colocó cañería de 160 mm de diámetro, obteniéndose caudales de 10 m³/h.

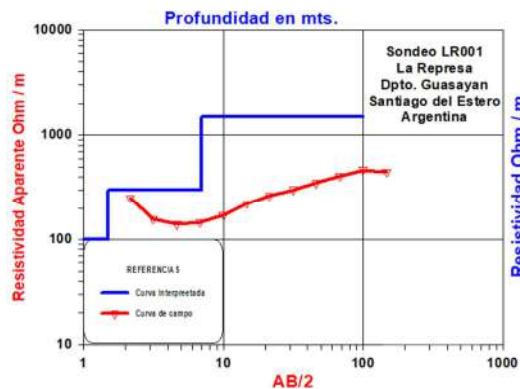


Figura 6: Curva de campo y curva interpretada de la localidad de Villa La Punta

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la comarca de Guasayán, donde prevalece el basamento cristalino, la hidrogeología está condicionada por la tectónica, la red de diaclasas y el grado de alteración del granito, en segundo término, es importante la posición y naturaleza de la cubierta sedimentaria de edad terciaria.
- El acuífero libre en este ambiente, se presenta en dominios petrológicos diferentes. Los de menor significación son los ubicados en depósitos de edad reciente (holoceno), escasamente representados, que suelen alojar agua de buena calidad química, pero caudales insuficientes. La formación Guasayán adosada al basamento en sus dos flancos, posee acuíferos libres de mala calidad química, por la concentración de cloruros y sulfato de calcio, magnesio y sodio, en un medio de baja velocidad del flujo, como consecuencia de su constitución pelítica.

- La cuenca en el ambiente granítico, presenta un sistema de flujo local, donde el acuífero libre, se manifiesta a través de vertientes que en su mayoría descargan hacia el Este, en contacto con la falla principal. Son de caudales regulares y su calidad es apta para consumo humano.
 - Las condiciones hidrogeológicas varían mucho en toda la sierra, donde los parámetros más importantes a tener en cuenta son la superficie de la cuenca, la intensidad de la fracturación, el grado de aberturas en el dominio tectónico y las condiciones mecánicas del basamento rígido en el subsuelo.
 - Se ha determinado que la principal familia de diaclasas abiertas, son paralelas o subparalelas a los esfuerzos compresivos, y perpendicular a los esfuerzos de extensión de dirección Norte/Sur. Estos parámetros, visibles y mapeables con la utilización de fotografías aéreas y control de campo, permiten la aplicación de electrosondeos verticales en un medio caracterizado por una singular anisotropía textural.
 - Los caminos o líneas de trabajo aplicados, han permitido, basándose en los criterios utilizados, arribar a conclusiones adecuadas, para mejorar el conocimiento hidrogeológico de una cuenca con predominio de rocas duras, optimizando y disminuyendo los riesgos en la captación de agua subterránea.
- Horton, R. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins hydrophysical aproach cuantitative morphology*. Geol. Soc. Amer. Bull.56:275-370pp.
- Omil, M. (1992). *Geología y Geocronología de la Sierra de Guasayán. Provincia de Santiago del Estero. Tesis Doctoral*. UNT.F.C.N e I.M.L.
- Orellana, E. (1982). *Prospección Geoeléctrica Corriente Continua*. Paraninfo.Madrid
- Resix Plus. (1992) *User manual. DC Resistividad. D.I. Software*. Golden Colorado.
- Ruiz Huidrobro, O.J. (1973). *Hidrogeología de la Sierra de Guasayán*. An. VI Cong. Nac. Agua. Santiago del Estero. Sec.Hidrog. 5-272.
- Stappenbeck, R. (1921). *Geologie und Grundwasserkunde der pampa M. T. I-III*. Stuttgart.E.N. G.mb.H
- Torres Bruchmann, E. (1981). *Climatología General y Agrícola de la Provincia de Santiago del Estero*. UNT.F.A.Z. Dpto. Ecología.Public. 1301.

BIBLIOGRAFIA

- Academia Nacional de Ciencias(1976). *II Simposio de Geología Regional Argentina*. Córdoba. Vol. I.
- Battaglia, A. (1982). *Descripción geológica de las hojas 13f, Río Hondo, 13g, Santiago del Estero,14g, El Alto, 14h, Villa San Martín, 15g, Frías, Prov. Sgo. del Estero. Servicio Geológico Nacional*. Boletín N° 186.
- Beder; R. (1928). *La Sierra de Guasayán y sus alrededores, una contribución a la Geología e Hidrogeología de Santiago del Estero*. D.G.M Publicación 39. Buenos Aires.
- Billings, M. (1972). *Geología Estructural*. Ed. Eudeba. Bs.As.
- Custodio, E Llamas, M. (1983). *Hidrología Subterránea. Tomo II*. Editorial Omega. Barcelona.