

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Unidad de Cambio Rural, Programa de Desarrollo Rural Incluyente
(UCAR-PRODERI)

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
Y PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA
EN LA QUEBRADA DE CALETE - OCUMAZO
PROVINCIA DE JUJUY**



RESUMEN

El presente Estudio Hidrogeológico se realiza a solicitud del Programa de Desarrollo Rural Incluyente (PRODERI-UCAR), del Ministerio de Agricultura de la Nación, en coordinación con técnicos del IPAF-NOA (Instituto para el desarrollo tecnológico de la Agricultura Familiar para el NOA) y de la Secretaría de Agricultura Familiar delegación Jujuy. Las condiciones contractuales fueron establecidas mediante una Orden de Trabajo emitida por el Centro de Investigación y Desarrollo del INTI en Salta.

Se plantea como objetivo *Evaluar el tipo de obra más conveniente para la captación de los recursos hídricos destinados al uso doméstico en las Comunidades de Ocumazo y Calete, como complemento de las obras de captación de agua para riego de las parcelas de ambas comunidades.*

El estudio se realizó sobre la base de un relevamiento de campaña, el análisis y valoración de los antecedentes generales y específicos relacionados con los recursos hídricos de la zona, y la realización e interpretación de investigaciones geofísicas (prospección geoelectrica). Se extrajo una muestra litológica para su análisis granulométrico y una de agua para el análisis físico-químico y microbiológico. El relevamiento se hizo en forma conjunta con técnicos locales y productores campesinos miembros de la Comisión Vecinal de Ocumazo.

Problemática

La problemática del sistema hídrico estudiado radica principalmente en las siguientes causas:

- escasez de recursos hídricos (río Calete-Ocumazo) durante la época de mayor demanda (primavera), debido al régimen estacional de las lluvias que se concentran entre diciembre y marzo, con un período de sequía que abarca desde abril hasta noviembre.
- elevados costos de mantenimiento y períodos de carencia de riego durante la época de crecientes, debido a la destrucción de las tomas y de los canales principales, cuya reconstrucción es lenta y onerosa.
- exceso de sólidos en suspensión del agua del río Calete-Ocumazo durante el período de lluvias.

Resultados

Las características hidrogeológicas del subálveo del río Calete-Ocumazo son desfavorables para la construcción de un dren horizontal, para la captación de agua subterránea del subálveo, por la mínima permeabilidad de los sedimentos y la excesiva profundidad del nivel freático.

Se considera conveniente utilizar, como fuente de aprovisionamiento de agua doméstica, al agua superficial del río Ocumazo, a partir de la captación en la denominada "Toma 2" del actual sistema de riego.

La calidad físico-química del agua del río Ocumazo es apta para usos domésticos. La calidad microbiológica en cambio es deficiente, por lo que se requiere el tratamiento pertinente, de acuerdo a los análisis realizados a una muestra extraída el día 16/07/2014.

El poder erosivo del río Ocumazo y la cantidad de sedimentos que transporta durante las crecientes hace desaconsejable la construcción de tomas permanentes, por lo que se recomienda la construcción de una toma flexible.

Para reducir el eventual contenido de sólidos en suspensión del agua del río Calete-Ocumazo se recomienda emplazar una planta de tratamiento, en una zona protegida de las crecientes, aprovechando los terrenos situados aguas abajo de la Toma 2, que deberán contar con defensas para la protección del canal de riego correspondiente a dicha captación.

1. INTRODUCCION

El presente Estudio Hidrogeológico fue realizado por el Centro de Investigación y Desarrollo INTI – Salta, a solicitud del Programa de Desarrollo Rural Incluyente (PRODERI-UCAR), del Ministerio de Agricultura de la Nación, de acuerdo a la estipulado mediante la correspondiente Orden de Trabajo.

En territorio se articuló con técnicos del Instituto de Investigación y Desarrollo para la Pequeña Agricultura Familiar, regional NOA (IPAF-NOA), perteneciente al INTA (Ing. José García) y de la Subsecretaría de Agricultura Familiar delegación Jujuy (Ing. Rodolfo Córdoba), que asisten técnicamente a los productores locales.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es *Evaluar el tipo de obra más conveniente para la captación de los recursos hídricos destinados al uso doméstico en las Comunidades de Ocumazo y Calete, como complemento de las obras de captación de agua para riego de las parcelas de ambas comunidades.*

3. UBICACIÓN DEL AREA

El área de estudio se encuentra a 120 km al norte de la ciudad de San Salvador de Jujuy. Se accede por la Ruta Nacional N°9 hasta la localidad de Humahuaca y desde allí se toma la Ruta Provincial N° 73, recorriendo aproximadamente 12 km hacia el este y luego por un camino vecinal, 4 km hacia el sur.



Figura 1: Ubicación general del Área de Estudio en la localidad de Calete-Ocumazo, Quebrada de Humahuaca, Jujuy.



Figura 2: Ubicación detallada del área de estudio, río Ocumazo.

4. METODOLOGÍA

Recopilación de antecedentes

Los antecedentes geológicos fueron facilitados por el SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino), a través de la obra de Gonzalez, M.A (2002) Hoja Geológica 2366-IV Ciudad del Libertador General San Martín, resultado del Programa de Hojas Geológicas de la República Argentina, escala 1:250.000. Se tomó información elaborada por el INTA: datos climáticos del trabajo de Bianchi y Yañez (1992, Las precipitaciones del Norte Argentino) y datos de aforos e hidrología general del trabajo de Paoli (2002, Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino).

Relevamiento de campaña

Se realizó un relevamiento de campaña, en forma conjunta con el Ing.Ftal. José García, del IPAF-NOA, el Ing. Rodolfo Córdoba de la SAF-Jujuy, el Sr. Isaac Farfán, productor y Presidente del Centro Vecinal de la Comunidad de Ocumazo y los Sres. Froilán Mamani y Daniel Argamonte, productores y miembros de la Comisión Vecinal de Ocumazo.

Se recabó información verbal sobre los antecedentes de captaciones del agua del río Calete-Ocumazo, las dificultades que presenta durante las crecientes, la modalidad de trabajo que observa la comunidad para el mantenimiento y las reparaciones del sistema de riego, etc.

Sobre la base del relevamiento geológico y geomorfológico, se seleccionó un área favorable para el emplazamiento de una obra de captación de agua subterránea del subálveo del río Calete-Ocumazo, donde se excavaron dos pozos de observación, se extrajo una muestra de sedimentos para el análisis granulométrico y se tomó una muestra de agua superficial para el análisis físico-químico y microbiológico.

La ubicación en terreno se realizó con GPS y se volcaron las coordenadas al programa Google Earth.

Prospección Geoeléctrica

Se realizaron e interpretaron 2 sondeos eléctricos verticales, con el objeto de estimar la profundidad del basamento hidrogeológico y el espesor de los sedimentos saturados que conforman el acuífero de interés.

La prospección se realizó con un dispositivo tetrapolar Schlumberger, mediante un equipo bicomensador de corriente continua. Se utilizaron electrodos de corriente de acero inoxidable y electrodos de potencial de cobre, inmersos en solución saturada de sulfato de cobre.

Las longitudes de OA usadas variaron entre 100 y 50 metros y las de MN entre 1 y 10 metros. Las curvas se interpretaron con el programa Ipiwin2 de uso libre.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

La zona de estudio se encuentra en una quebrada de rumbo oeste-este, afluente desde la margen izquierda del río Grande de la Quebrada de Humahuaca. Constituye un enclave productivo importante en la región, por sus características agrícolas favorables y ha sido habitada desde hace más de 10.000 años. Tanto en la época precolombina como durante la colonial, se encontraba poblada por productores agrícolas con eficiente manejo de la irrigación.

Actualmente los productores campesinos se reconocen como pertenecientes a comunidades de pueblos originarios y están agrupados en asociaciones que gestionan los recursos hídricos de cada sistema (consorcios de riego). Diversas problemáticas sociales, entre ellas la emigración, han reducido la capacidad de gestión del agua en las comunidades, en especial en relación al mantenimiento y las reparaciones.

La región presenta un clima árido con inviernos secos, mostrando grandes oscilaciones de temperaturas y de lluvias, y una extremadamente alta evapotranspiración.

Las precipitaciones anuales promedio varían entre 175 mm en la localidad de Humahuaca (2.939 m s.n.m.) y 410 mm en la localidad de Cianzo (3.415 m s.n.m.). La mayor parte de las precipitaciones ocurren en la cuenca alta y durante los meses de verano (entre diciembre y marzo). En el período entre abril y noviembre prácticamente no se registran precipitaciones, por lo que durante la primavera se produce un severo déficit hídrico.

La temperatura media anual es de 13,2 °C, con máximas y mínimas medias de 22,5 °C y 2,9 °C respectivamente y se caracteriza por un período libre de heladas de solo dos meses y una marcada amplitud térmica media anual que asciende a 19,6 °C (Paoli, 2002).

En lo que respecta a la geología, la cuenca se desarrolla sobre rocas Precámbricas, Cretácicas y Terciarias. La composición petrográfica de estas dos últimas, caracterizadas por abundante contenido de arcillas, es en parte responsable de la gran cantidad de sólidos en suspensión que arrastra el río durante las crecientes del verano.

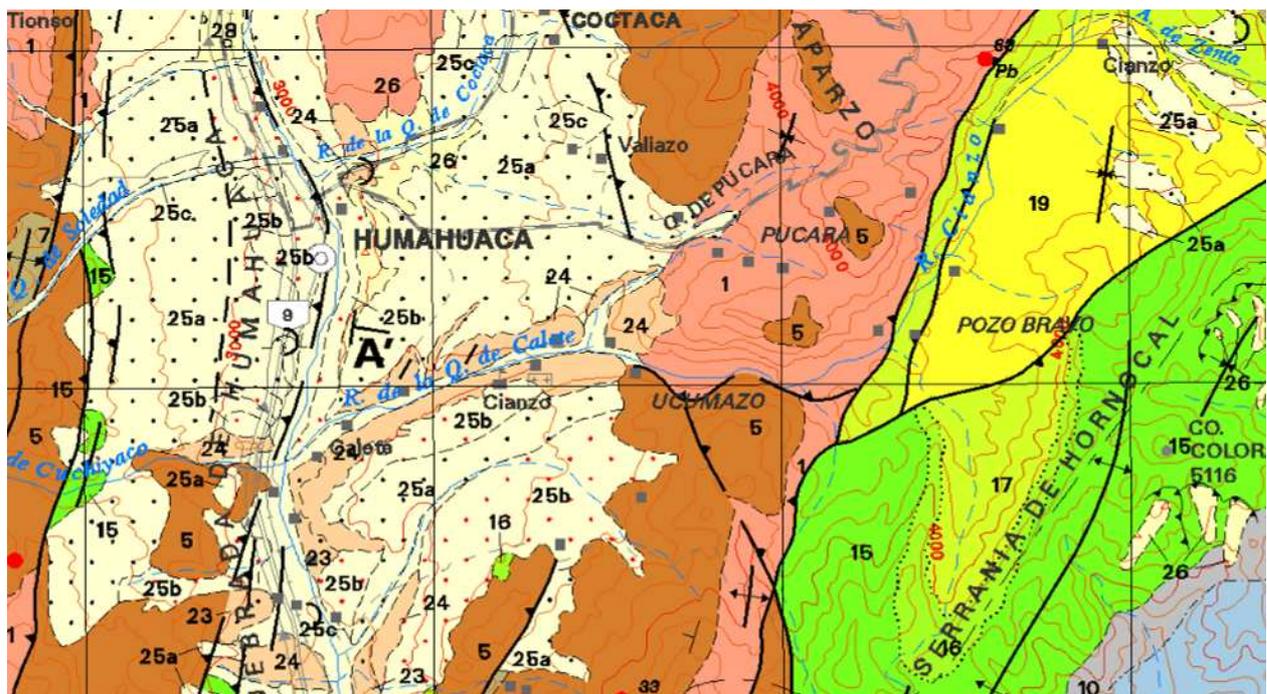


Figura 3: Mapa Geológico (tomado de Gonzalez, 2002. SEGEMAR)

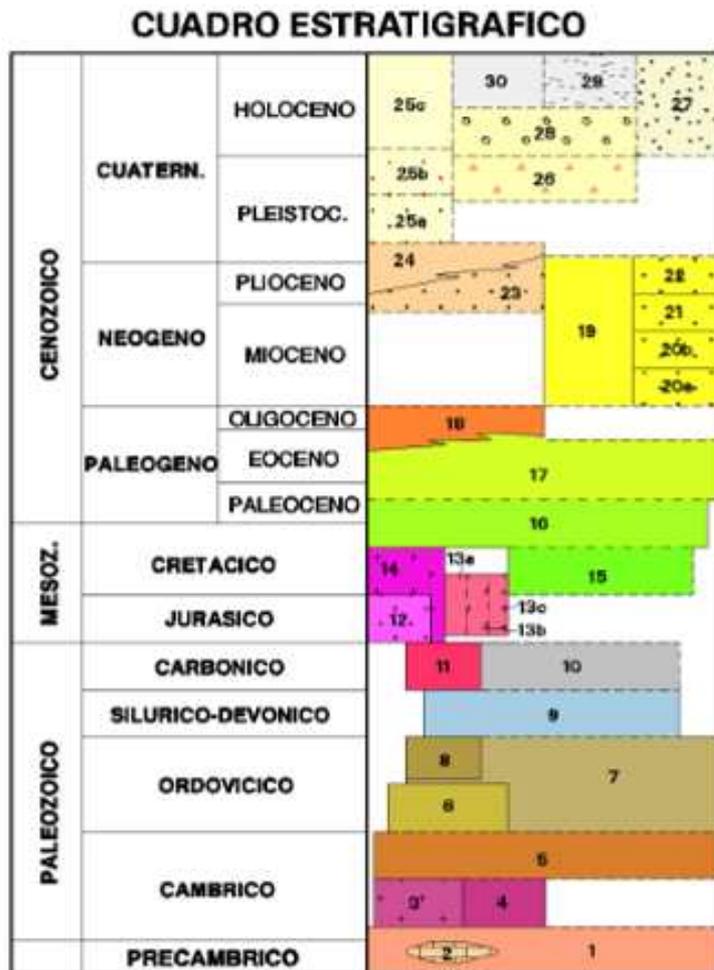


Figura 4: Cuadro estratigráfico (tomado de Gonzalez, 2002. SEGEMAR)

La cuenca hídrica del río Calete-Ocumazo abarca una superficie de 646 km² (Paoli, 2002). La extensión areal relativamente importante y las precipitaciones que superan los 400 mm en la cuenca alta, lo convierten en uno de los afluentes más importantes del río Grande de la Quebrada de Humahuaca.

El caudal es permanente a lo largo de todo el año y de acuerdo a las mediciones efectuadas por el Proyecto NOA Hídrico entre los años 1976 y 1977, el curso posee un caudal que varía entre 0,21 m³/s en noviembre de 1976 a 1,497 m³/s en enero de 1977.

Las crecientes son extremadamente violentas, debido al tipo de precipitaciones que ocurren en la alta cuenca (de corta duración, pero gran intensidad), la elevada pendiente media del curso fluvial y la baja permeabilidad de las rocas aflorantes.

Las terrazas de cultivo de ambas márgenes del río Calete-Ocumazo se encuentran asentadas en depósitos cuaternarios que sufren una activa erosión por parte del curso fluvial.

5.2. RELEVAMIENTO DE CAMPAÑA

Se realiza a continuación un breve resumen de las observaciones efectuadas durante la recorrida en terreno.

Sistema de riego

El sistema de riego de las comunidades en estudio depende en su totalidad de la captación de agua superficial del río Calete-Ocumazo.

Se encuentran bajo riego aproximadamente 120 hectáreas, distribuidas en ambos márgenes del río a lo largo del valle del mismo, en una longitud de 10 km.

El sistema de captación comprende 6 tomas, que alimentan otros tantos canales matrices, a partir de los cuales se distribuye el agua en los subsistemas.

De acuerdo a la información relevada la escasez de agua, en especial durante la primavera, obliga a los regantes a distribuir los turnos de manera muy espaciada, así como proceder a los “destomes”, es decir la derivación de todo el caudal disponible a cada una de las tomas en forma sucesiva, suspendiendo la captación en las demás.

Gran parte del caudal captado en las tomas se infiltra antes de llegar a las parcelas de cultivo, especialmente en los cruces de las quebradas transversales, ya que los canales principales no se encuentran impermeabilizados.

Por otra parte, una vez que comienzan las lluvias, al final de la primavera, las crecientes destruyen las tomas y las partes iniciales de los canales principales. El río frecuentemente erosiona sectores importantes de las terrazas de cultivo, reduciendo la superficie y deteriorando las acequias matrices. De acuerdo a las referencias verbales de los productores, se pierden numerosos cultivos por falta de riego durante el verano, debido a la imposibilidad de reparar los sistemas de riego a tiempo.



Figura 5: Marcas de creciente en margen derecha del río Caleté-Ocumazo, en El Angosto, aguas arriba de la Toma 2.

Características del subálveo

Para investigar la factibilidad de construir una captación de agua en el subálveo del río Calete-Ocumazo (dren horizontal), se recorrió el tramo entre el Angosto y la comunidad de Ocumazo, con la finalidad de seleccionar una zona medianamente estable desde el punto de vista geomorfológico, constatar la profundidad del nivel freático, estimar el espesor del relleno sedimentario de la quebrada y evaluar la permeabilidad de los sedimentos.

Se realizaron dos excavaciones (Pozo 1 y Pozo 2, ver Figura 2) situadas en el lecho del río, en una zona favorable desde el punto de vista de la estabilidad geomorfológica, con una profundidad de 1,6 y 1,3 m respectivamente.

En la segunda excavación el nivel de saturación se encontró a 1,2 m, mientras que en la primera no se alcanzó el nivel freático hasta 1,6 m.

Los sedimentos que componen el álveo y subálveo del río Calete-Ocumazo están constituidos por gravas mal seleccionadas, con matriz arcillosa.



Figura 6: Excavación del Pozo 1.

Como puede observarse en la Figura 6, la permeabilidad de los sedimentos que conforman el subálveo del río es muy reducida, lo que queda evidenciado en el hecho de que no se producen filtraciones hacia la excavación, a pesar de la cercanía con el cauce y la profundidad alcanzada.

Se extrajo una muestra del material sedimentario constituyente de la matriz, a la cual se le realizó un análisis granulométrico para estimar su permeabilidad (ver Figura 7).

ESTIMACION DE LA PERMEABILIDAD - METODO DE BREDDIN

mediante ensayos granulométricos (unidades en metros/día)

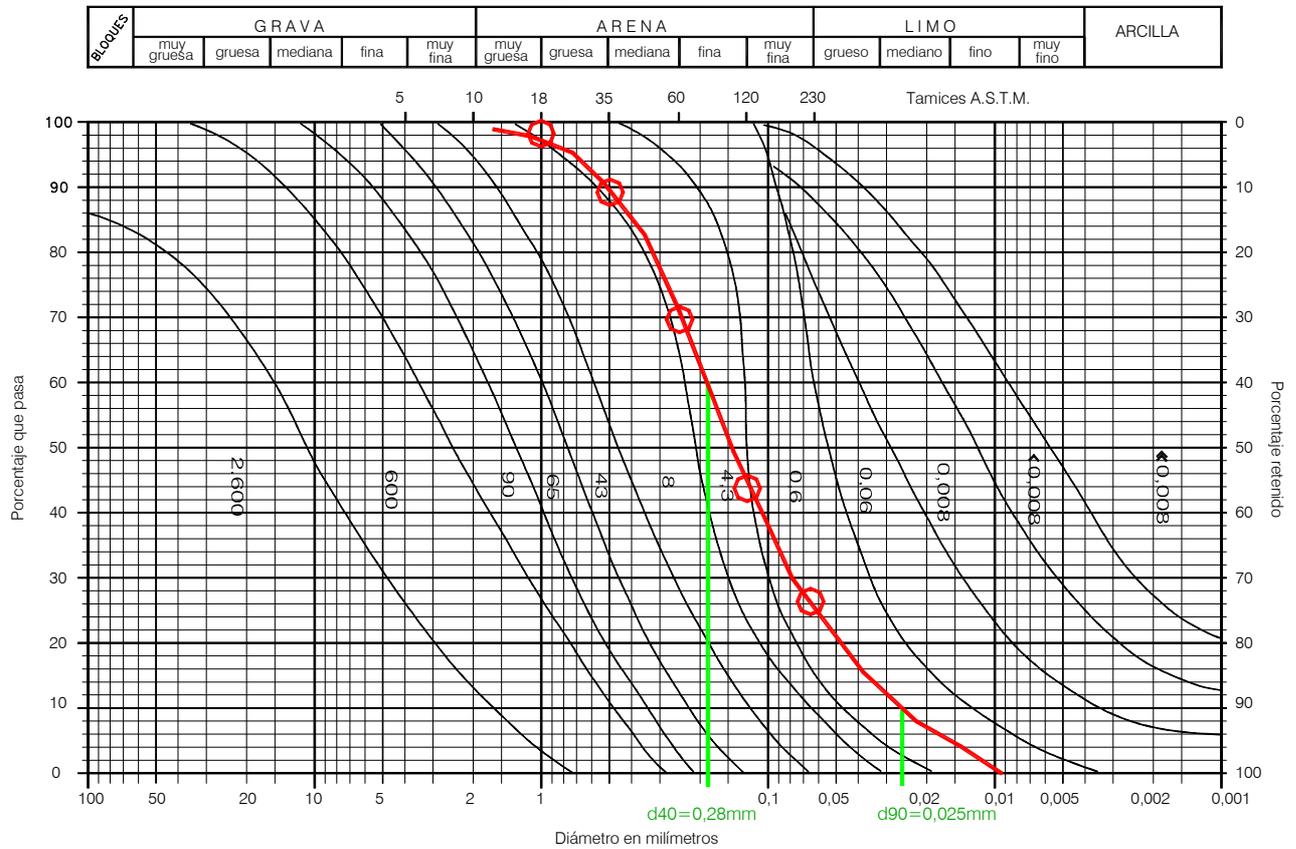


Figura 7: Curva granulométrica acumulativa. Muestra Pozo 2.

El valor de la permeabilidad, estimado mediante el método de Breddin y de Hazen (Custodio, 1997), varía entre 0,6 y 0,37 m/d respectivamente, lo que sumado a las observaciones directas de la escasa permeabilidad de los materiales sedimentarios del subálveo, se considera una condición sumamente desfavorable para la construcción de una captación de agua subterránea del tipo dren horizontal.

Geoeléctrica

Se realizaron dos Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), que permiten interpretar una secuencia de estratos en el subsuelo, caracterizada por la presencia de sedimentos no saturados en superficie, a los que infrayacen sedimentos saturados. Por debajo de los sedimentos ambos sondeos detectaron la presencia de rocas que constituyen el basamento hidrogeológico.

SEV 1

El SEV 1 está situado a aproximadamente 180 m aguas arriba de la Toma 2. La secuencia de cinco capas comienza con una resistividad de 959 Ohm.m, que se interpreta como gravas con matriz arcillosa, no saturadas. La capa infrayacente, de 2.325 Ohm.m, correspondería también a gravas secas, con menor contenido de arcilla que las primeras. Por debajo de las capas no saturadas, a los 2,74 m se encontraría el nivel freático, acusado por el descenso de la resistividad a un valor de 689 Ohm.m. Los sedimentos acusan un espesor total de 32,5 m, profundidad a partir de la cual se interpreta una resistividad de 1045 Ohm.m, atribuida a la presencia de rocas paleozóicas que constituyen el basamento hidrogeológico impermeable.

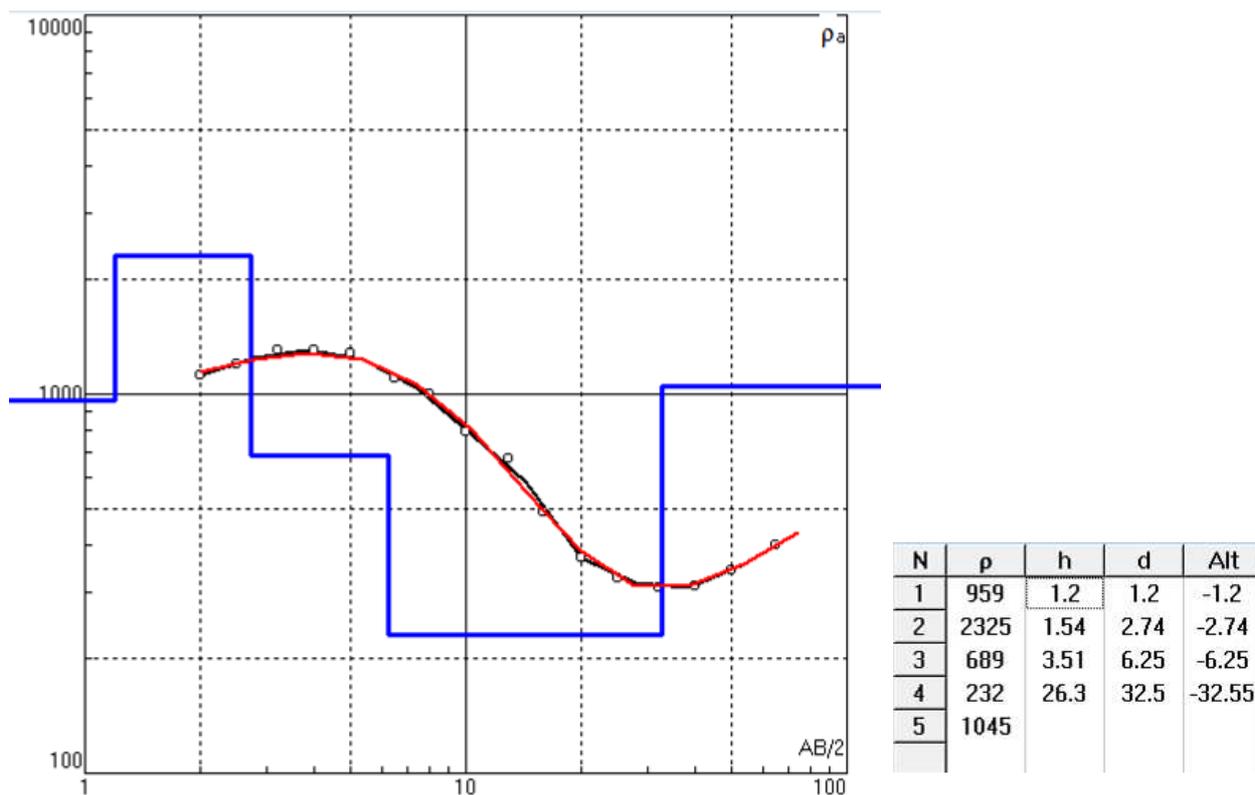


Figura 8: Curva de campo, valores interpretados y planilla de resultados SEV 1.

SEV 2

El SEV 2 está situado a unos 120 m aguas abajo de la Toma 2. La secuencia de cuatro capas comienza con una resistividad de 1.111 Ohm.m, que se interpreta como gravas con matriz arcillosa, no saturadas. La capa infrayacente, de 826 Ohm.m, correspondería a sedimentos similares a los superficiales, pero saturados. Los sedimentos saturados infrayacentes, con una resistividad de 270 Ohm.m, se interpretan como gravas saturadas con matriz arcillosa y poseen un espesor de 14 m.

Por debajo de las capas sedimentarias, a partir de los 17,8 m de profundidad, la resistividad de 552 Ohm.m se interpreta como rocas paleozóicas que constituyen el basamento hidrogeológico impermeable.

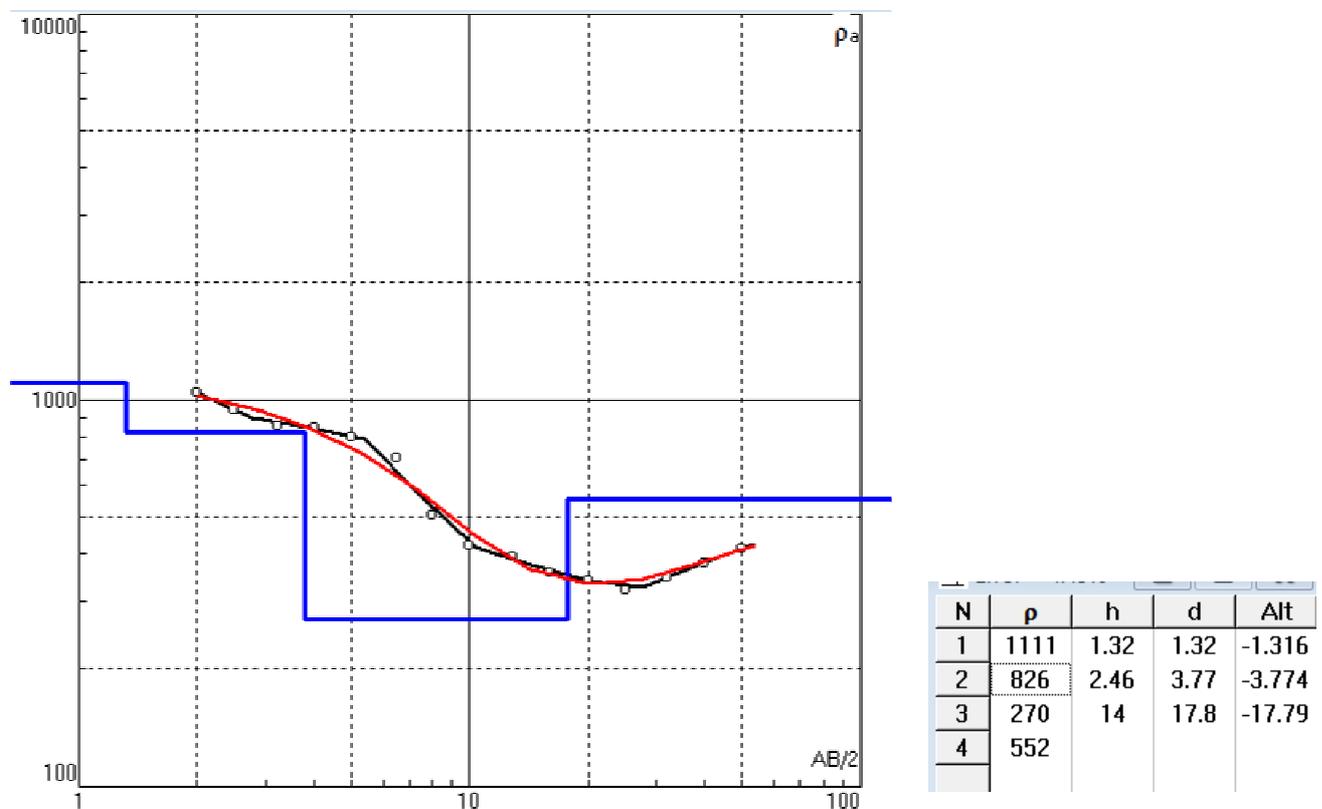


Figura 9: Curva de campo, valores interpretados y planilla de resultados SEV 2.

Los resultados de la prospección geoelectrica muestran que el espesor de los sedimentos en la zona varía entre los 32 m en el SEV 1 y los 18 m en el SEV 2. El menor espesor del relleno sedimentario en el SEV 2 puede deberse a la cercanía de los afloramientos rocosos, que configuran un “angosto” en esta locación.

En relación al nivel freático en el SEV 1, la medición indica que su profundidad se encuentra a unos 2,7 m bajo la superficie.

5.3. CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo al análisis físico-químico y bacteriológico realizado en el laboratorio del Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable del Gobierno de la Provincia de Salta, el agua no presenta excesos en las concentraciones de los constituyentes mayoritarios ni en los iones minoritarios más comunes. Presenta un contenido de Coliformes totales mayor al máximo permitido, por lo que deberá recibir un tratamiento microbiológico previo al uso domiciliario.



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA
 Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable.
 Secretaría de Recursos Hídricos.
 Programa Laboratorio Ambiental

INFORME DE ANALISIS DE AGUA
 Solicitud de Análisis N° 52987

Interesado: INTI - Centro Salta	
Dirección: Av. Durañona N° 822 - Parque Industrial - Tel.: 154466066	
Datos de la Muestra	Tipo de Muestra: Agua Superficial
Punto de muestreo: Directo río	Lugar: Río Ocumazo
Localidad: Humahuaca - Jujuy	
Muestreador: Baudino Guillermo	Fecha de Muestreo: 16/09/2014 Cloro Residual: ---

Análisis Físico - Químico

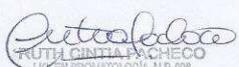
1.- Características Químicas

Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado	Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado
Sólidos Totales 105°C	-	-	-	Manganeso	mgMn/L	-	< 0,05
Sólidos Disueltos 108°C	mg/L	-	401	Amoníaco	mgNH ₄ /L	-	< 0,05
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	-	174	Nitritos	mgNO ₂ /L	-	< 0,03
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	-	182	Nitratos	mgNO ₃ /L	-	3
Calcio	mgCa/L	-	54	Fluoruros	mgF/L	-	-
Magnesio	mgMg/L	-	11	Boro	mgB/L	-	< 0,2
Cloruros	mgCl/L	-	25	Arsénico	mgAs/L	-	< 0,03
Sulfatos	mgSO ₄ /L	-	112	Sodio	mgNa/L	-	52
Hierro Total	mgFe/L	-	0,07	Potasio	mgK/L	-	1
Fosfatos	mgPO ₄ /L	-	-	Aluminio	mgAl/L	-	-
Fósforo Total	mgP/L	-	-	Sílice	mgSiO ₂ /L	-	-

2.- Características Físicas

Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado	Observaciones Análisis Físico - Químico
Color	u.c	-	2	 SEBASTIÁN ALBERTO CULASSO TÉCNICO QUÍMICO JEFE DE SUBPROGRAMA ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD PROG. LABORATORIO AMBIENTAL SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
pH a 25 °C	-	-	7,8	
Turbiedad	U.N.T	-	1,78	
Conductividad	uS/cm	-	636	
Corresponde únicamente a la Muestra Remitida				

Análisis Bacteriológico

Parámetro	Expresado como	Límite max. Tolerable	Resultado	Observaciones Análisis Bacteriológico
Bacterias Mesófilas	UFC/ml	-	-	 RUTH CINCIA PACHECO JEFE DE SUBPROGRAMA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS PROGRAMA LABORATORIO AMBIENTAL SECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
Coliformes Totales	NMP/100ml	-	91	
Coliformes Fecales 44,5°C	-	-	< 30	
Enterococos	-	-	-	
Escherichia Coli	-	-	-	
Pseudomonas aeruginosa	-	-	Ausencia	
Corresponde únicamente a la Muestra Remitida				

Resultado Análisis Físico - Químico	Resultado Análisis Bacteriológico
-------------------------------------	-----------------------------------

Conclusión Final: -----

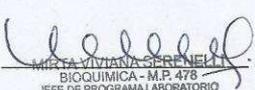
Metodologías Analíticas: Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales - APHA - AWWA - WPCF. 17ª Ed. Año 1.992 . Díaz de Santos.

Fecha de ingreso al Laboratorio: 17/09/2014

Fecha de Salida del Laboratorio: 02/09/2014

Fecha: 02/09/2014



Firma: 

MIRTA VIVIANA SEREÑELLI
 BICQUÍMICA - M.P. 478
 JEFE DE PROGRAMA LABORATORIO
 SEC. RECURSOS HÍDRICOS
 M.A. Y P.S.

Figura 10: Análisis físico-químico y bacteriológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO Y PROSPECCION GEOELECTRICA EN LA QUEBRADA DE CALETE – OCUMAZO, PROVINCIA DE JUJUY - 13

6. CONCLUSIONES

La zona de estudio se encuentra en una quebrada de rumbo oeste-este, el río Calete-Ocumazo es afluente desde la margen izquierda del río Grande de la Quebrada de Humahuaca.

Los productores campesinos de Calete y Ocumazo se reconocen como pertenecientes a comunidades de pueblos originarios y están agrupados en asociaciones que gestionan los recursos hídricos de cada sistema.

El clima es árido, con un período muy corto libre de heladas y amplitudes térmicas extremas. Las precipitaciones medias anuales varían entre los 175 mm y los 410 mm anuales, por lo que los cultivos se realizan bajo riego.

El sistema de riego de la zona de estudio depende exclusivamente de la captación del agua superficial del río Calete-Ocumazo.

La problemática actual radica en la escasez de los recursos hídricos durante la primavera y en el poder erosivo del río en la época de lluvias del verano.

El sistema de riego de las 120 hectáreas disponibles se compone de 6 tomas superficiales precarias, que abastecen otros tantos canales matrices. Gran parte del caudal captado en las tomas se pierde por infiltración en los canales principales, especialmente al atravesar las quebradas transversales a los mismos.

El poder erosivo del río es muy intenso, debido a lo estrecho del cauce, el tamaño considerable de la cuenca, las características geológicas y la elevada pendiente. Cuando el río crece, destruye las tomas, que deben ser reconstruidas varias veces cada verano. La reconstrucción de las captaciones superficiales es muy onerosa ya que requiere muchas horas de trabajo manual, ya que frecuentemente el río erosiona la primera parte del canal matriz.

Las características de los sedimentos que componen el subálveo del río Calete-Ocumazo son desfavorables para la construcción de una captación de agua subterránea mediante un dren horizontal, debido a que su permeabilidad es muy reducida.

La profundidad del nivel freático detectado mediante prospección geoeléctrica es de 2,7 m bajo la superficie, lo cual es también desfavorable para la instalación de un dren horizontal en la zona seleccionada para el emplazamiento, en función de la altura topográfica y la estabilidad erosiva.

Por debajo de los sedimentos modernos los SEV detectan las rocas que componen el basamento hidrogeológico, a profundidades de 18 a 32 m bajo la superficie.

La calidad del agua del río Calete-Ocumazo es apta para uso domiciliario, desde el punto de vista físico-químico, ya que no presenta excesos en la concentración de los iones analizados ni en las características físicas. Posee microorganismos por encima del máximo tolerable, por lo que debe recibir tratamiento adecuado para su utilización.

7. RECOMENDACIONES

Las condiciones hidrogeológicas son desfavorables para el emplazamiento de una captación de subálveo del tipo dren horizontal, por lo que se recomienda no construir una obra de este tipo en la zona estudiada.

Se recomienda utilizar como fuente de aprovisionamiento de agua para uso doméstico, la captación superficial del río Calete-Ocumazo, en la denominada Toma 2.

Debido al poder erosivo del río, se recomienda no construir tomas rígidas, ya que para garantizar su durabilidad debería realizarse una inversión que excede las posibilidades actuales de financiamiento.

Se recomienda realizar la captación, en el emplazamiento aconsejado, mediante una toma superficial flexible.

Se aconseja realizar inversiones en la construcción de defensas en el ingreso de las tomas a las parcelas y en los primeros tramos de los canales principales, para disminuir el daño ocasionado por las crecientes.

Debido a que durante las crecientes del verano el río posee una elevada carga de sólidos en suspensión, se deberá construir una planta de tratamiento en la terraza sedimentaria existente inmediatamente aguas debajo de la Toma 2, coordenadas 23°14'38.83" S y 65°15'13.62"O.



Figura 11: Ubicación de la captación y de la planta de tratamiento propuesta

8. BIBLIOGRAFIA

BIANCHI, A.R. y YAÑEZ, C.E., (1992) Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. INTA-EERA. Salta.

BIANCHI, A.R. y CRAVERO, A.S.C. (2010). Atlas climático de la República Argentina. Ed. INTA. Buenos Aires.

CUSTODIO E. y LAMAS, M.R. (1996). Hidrología Subterránea. Tomos I y II. Segunda Edición Corregida. Editorial Omega S.A. Barcelona.

PAOLI, H.P. (2002). Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

GONZALEZ, M.A. (2003). Hoja Geológica Libertador San Martín, Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero de la República Argentina, Programa de Hojas Geológicas (SEGEMAR).

