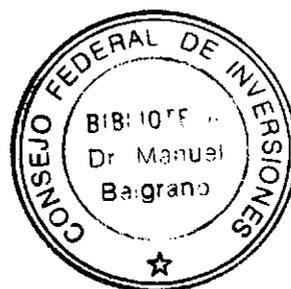


OH. 1112
Niles

34795

PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS COMUNIDADES

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**



**ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA
EN LAS LOCALIDADES DE:**

**COLANZULI
TRES MORROS
SAN ANTONIO
CAPILLAS
MATANCILLAS
HIGUERAS
ACHIRAS**

*DEPARTAMENTO DE IRUYA
PROVINCIA DE SALTA*

Julio de 1999

AUTORIDADES

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE SALTA
DR. JUAN CARLOS ROMERO

SECRETARIO GENERAL DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ING. JUAN JOSE CIACERA

COORDINACION GENERAL

PROVINCIA DE SALTA
MINISTERIO DE LA PRODUCCION Y EL EMPLEO
ING. GILBERTO OVIEDO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
DIRECTOR DE PROGRAMAS
ING. RAMIRO OTERO

COORDINACION TECNICA

PROVINCIA DE SALTA
SECRETARIO DE OBRAS PUBLICAS
ING. LUIS SIEGRIST

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
JEFE DEL AREA INFRAESTRUCTURA SOCIAL
LIC. RICARDO GONZALEZ ARZAC

AUTOR

Geólogo Gustavo Rodolfo Massei

Massei, Gustavo R.

Consejo Federal de Inversiones

“Estudio de identificación y Evaluación de Fuentes de Agua en las localidades de Colanzuli, Tres Morros, San Antonio, Capillas, Matancillas, Higueras y Achiras- Dpto de Iruya en la Pcia de Salta ”

1 vol. , fig., fots., ~~plans~~,

Programa de Desarrollo de Pequeñas Comunidades”

Pcia de Salta

Julio de 1999

Contenido formal: v 1 Localidades de Colanzuli, Tres Morros, San Antonio, Capillas, Matancillas, Higueras y Achiras- Dpto Dpto de Iruya, s/ pag., fgs., fots

El estudio constituye el producto de una investigación y proyecto realizado dentro del Programa “Desarrollo de Pequeñas Comunidades” de la Pcia de Salta en el Dpto de Iruya. El mismo contiene la ubicación georrefenciada de cada localidad .

En cada una de ellas describe las condiciones del sistema de aprovisionamiento de agua antes de la construcción del proyecto.

Propone el diseño de un sistema integral de aprovisionamiento de agua potable. . Estudia también la protección sanitaria necesaria,

Se analizan también las condiciones de viabilidad técnica tales como la captación de agua cruda de acequia, cloración y reserva de agua en fuentes.

El estudio incluye como anexos mapas y perfiles geoléctricos, el análisis del agua y registros fotográficos.

INTRODUCCION

Marco General del Estudio

En el marco del Convenio de Cooperación Técnica firmado entre el Consejo Federal de Inversiones y el Gobierno de la Provincia de Salta, se lleva a cabo el Programa Desarrollo de Pequeñas Comunidades.

El Programa se fundamenta en la necesidad de optimizar las condiciones sanitarias de algunas localidades que no cuentan con un servicio de agua corriente y potable, o bien lo poseen pero en condiciones deficientes.

El presente trabajo tiene por finalidad dar cumplimiento a lo estipulado en el contrato de obra firmado entre el Consejo Federal de Inversiones y el suscripto.

Objetivos

Realizar el relevamiento y la evaluación de las obras de captación existentes. Efectuar los estudios de base de las posibles fuentes de agua subterránea y/o superficial, con el fin de elaborar un proyecto de factibilidad técnica-económica tendiente a mejorar el abastecimiento de agua potable a las localidades de Colanzuli, Tres Morros, San Antonio, Capillas, Matancillas, Higueras y Achiras, todas ubicadas en el Departamento de Iruya de la Provincia de Salta.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

- COLANZULI -

DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA

Julio de 1999

INDICE**1. GENERALIDADES**

- 1.1. Localización*
- 1.2. Síntesis Poblacional*
- 1.3. Actividades Productivas*
- 1.4. Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. Hidrografía*
- 2.3. Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL**4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

- 4.1. Agua superficial*
- 4.2. Agua subterránea*
 - 4.2.1 Antecedentes*
 - 4.2.2. Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1. Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2. Test de Bombeo*
 - 4.2.2.3. Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.4. Hidroquímica*
 - 4.2.2.5. Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES**6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION****7. ANEXOS****8. FOTOS**

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Colanzulí se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss–Kruger correspondientes a esta localidad son: $X = 7.469.838$; $Y = 3.581.342$; y está situada a 3630 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Desde allí, se continúa por la misma ruta hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca. Luego se debe transponer la sierra de Santa Victoria por el Abra del Cóndor (4000 m.s.n.m.) y después de 7 km en dirección nordeste se arriba a la localidad de estudio.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Colanzulí tiene una población aproximada de 220 personas. La comunidad está tramitando el traspaso de las tierras que pertenecían a la Finca Santiago, expropiada por el gobierno provincial, para cederlas a las comunidades kollas que las habitan.

Las viviendas en su mayoría están construidas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Las mismas se encuentran agrupadas en dos asentamientos, ubicados aproximadamente, a 2500 metros uno de otro. Si bien los dos pertenecen a la localidad de Colanzulí, se identifican con los nombres de Abrolaite y Campo Tapiales (ver mapa hidrológico).

En la localidad en estudio se encuentra la Escuela-Albergue N° 4113 “Aeronáutica Argentina” de nivel inicial, donde concurren 99 alumnos. La misma es de doble escolaridad y su plantel está compuesto por cuatro maestros de grado y cinco auxiliares, que cumplen tareas de cocina y mantenimiento del establecimiento. La infraestructura de la misma se encuentra bastante deteriorada. Esta escuela posee baños con vía húmeda.

1.3 Actividades Productivas

La economía se basa en el comercio y mayoritariamente en la agricultura y ganadería de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose habas, arvejas, zanahorias, maíz, papas oca y verde. Los cultivos se realizan bajo riego y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria.

1.4 Saneamiento e Higiene

La localidad posee un puesto sanitario en el que trabaja el enfermero auxiliar Fulgencio Zambrano y el agente sanitario Lázaro Condorí. Un médico perteneciente al hospital de Iruya, realiza una visita a la localidad cada dos meses. En el puesto sanitario se realiza un diagnóstico de los habitantes. Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya. Generalmente el traslado se realiza en la ambulancia del hospital. En el verano los ríos cortan los caminos de acceso a la localidad, por lo que el traslado debe realizarse a caballo o mula. El puesto sanitario es una construcción precaria y no cuenta con baño.

Las enfermedades más comunes son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas en su mayoría poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas.

2 CARACTERIZACION FISICA

2.1 Clima, suelos, vegetación y fauna

La zona en estudio se caracteriza por el hecho de que su configuración altitudinal ejerce mayor influencia sobre el clima que los factores que dependen directamente de los efectos solares. Los vientos húmedos que soplan del cuadrante este, al encontrarse con una barrera orográfica como lo es la Sierra de Santa Victoria, originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias a barlovento. Las masas de aire suelen presentarse como fuertes

ráfagas de hasta 60 km/hora, utilizando preferentemente como corredores a las abras y los profundos valles (como el del río Iruya) que disectan la topografía de la zona.

El clima imperante en esta comunidad es semiárido de montaña, con precipitaciones del orden de los 320 mm anuales y una temperatura media anual de 14° C. Las temperatura mínimas extremas pueden alcanzar los -20 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. Las precipitaciones sólidas ocurren en las cumbres del sector serrano que superan los 5000 m.s.n.m., restringiéndose las líquidas a los sectores topográficamente más deprimidos.

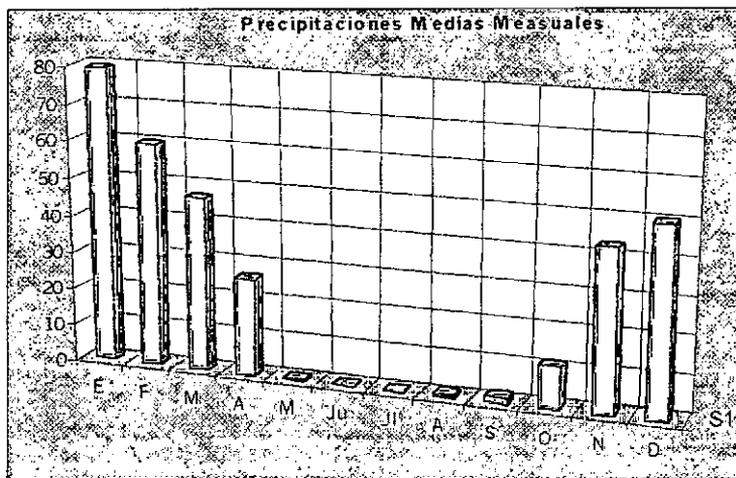


Gráfico de precipitaciones medias mensuales en Colanzuli (años 1983-1997)

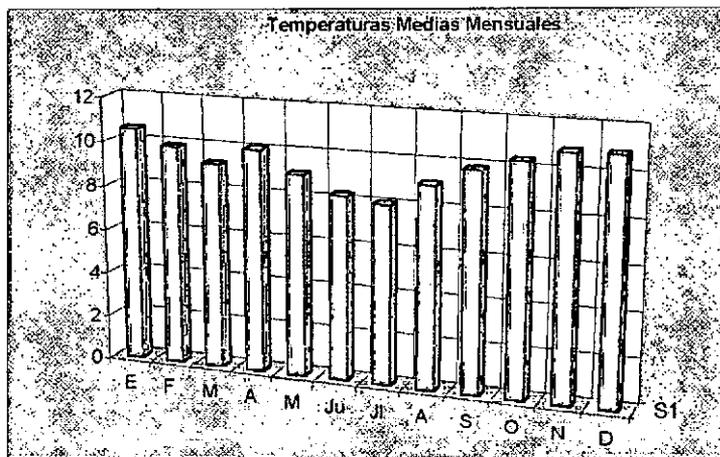


Gráfico de temperaturas medias mensuales en Colanzuli (años 1992 - 1997)

Las precipitaciones son estacionales y se concentran en el período estival, entre los meses de noviembre a marzo y provienen predominantemente del cuadrante este. En general son de corta duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas, como las que acontecieron en el presente año, en el que se ha superado la media anual.

Durante la primavera es notable el déficit hídrico, debido a la carencia de precipitaciones (época de estiaje) y a las altas temperaturas diurnas.

La vegetación se encuentra enmarcada dentro de la provincia fitogeográfica Puneña (Cabrera, 1958). Su fisonomía es de estepa o de matorral arbustivo, representado por la “tola” (*Parastreovia*), “tolilla” (*Fabiana densa*), combinada con pajonales en suelos más húmedos y bosquecillos de “queñoa” (*Polilepis tomentalla*). En Colanzuli se observan distintas unidades de vegetación que corresponden a la variación topoclimática producida por el abrupto relieve (Quiroga, 1996). Dentro de este marco cabe aclarar que en Colanzuli se encuentran las condiciones climáticas más severas de toda la región. Las especies características son el “añagua” (*Adesmia Horridiuscula*), “suncho” (*Vigueira Tucumanensis*), “cortadera” (*Cortadeira Speciosa*), “muña-muña” (*Satureja Parvifolia*) y varias especies de “bracharis”. También pastizales de “iro” (*Festuca sp Stipa sp*), “grama” (*Aristida Adscensionis y Aristida sp*).

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los “zorros” (*Dusycicom*) y “pumas” (*Pumas Concolor*). Los roedores son muy abundantes, tales como ratas y ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se pueden mencionar el “cóndor”, los “cuervos o jotes” (*Coragyps y Cathartes*), el “chimango” (*Milvago*), el “carancho” (*Polyborus*) y el “águila blanca” (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles, regosoles y fluvisoles. En las terrazas altas donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son pobremente desarrollados (debido fundamentalmente al clima imperante), con escaso contenido orgánico y muy permeables.

2.2 Hidrografía

La zona en estudio se encuentra en la cuenca del río Iruya, perteneciente a la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse y su eje mayor está orientado de norte a sur y recorre una extensión de 430 km de longitud (OEA, 1973).

La red hidrográfica está integrada por los ríos Durazno (en el sector alto de su cuenca se halla la localidad de Colanzuli), Chirimayoc y Grande y arroyos entre el que se destaca el de la Quebrada del Sonadero. La dirección general de escurrimiento superficial es sudoeste nordeste.

El río más importante del sector es el Durazno que tiene sus cabeceras entre el Cerro Morado y la Sierra de Santa Victoria. Es un curso de régimen torrencial que transporta agua a lo largo de todo el año.

En su curso superior se dirige de sur a norte; en la localidad de Campo Carreras, ubicada al norte de Colanzulí, recibe el afluente del río Grande, conformando el río Colanzulí, que es el curso de agua superficial más importante de la zona y el tributario de mayor jerarquía del río Iruya.

2.3 *Geología Regional*

La zona en estudio se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur y en el área en estudio presentan rechazos considerables. La estructura es el producto de varios ciclos diastróficos. El más importante de éstos, es la Orogenia Andica (Mioceno), que fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual.

Las rocas aflorantes de la zona, en su mayoría, son las más antiguas de la Cordillera Oriental. Pertenecen al Precámbrico, Formación Puncoviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfizados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado con esquistocidad bien marcada y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos dispuestas en bancos a veces potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes y se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso, que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora en el sector occidental de la zona, apoyándose en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo. Estos materiales provienen de rocas precámbricas. A continuación se halla una sucesión de areniscas de color blanco grisáceo, muy duras. Esta se apoya, discordantemente, sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

La Formación Chalhualmayoc está integrada por areniscas silicificadas de color blanco y de grano mediano, semejantes en composición y estratificación, a las areniscas de la Formación Lizoite. Como en las formaciones anteriores, hay intercalaciones de estratos de lutitas verdes.

En el sector occidental de la zona de trabajo afloran rocas cretácicas del Grupo Salta (Brackenbusch, 1891), representado en la zona por un conglomerado basal, al que le suceden areniscas y arcilitas de color rojizo, asignado por Viera et al, (1981) al Subgrupo Pirgua. Las areniscas y arcilitas no presentan un grado alto de compacidad y en general son fácilmente erosionables por la acción del agua encauzada.

Discordantemente se disponen los depósitos asignados al Cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: fanglomerados fluviales semiconsolidados, que integran las terrazas altas y las gravas areno limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta 2 metros que componen el álveo del río Durazno.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

La localidad de Colanzulí no posee un sistema de captación y distribución de agua potable.

Para abastecerse de agua para consumo, la población debe acopiar agua de los canales de riego o acarrearla del río Colanzulí. Las tomas de agua para riego son destruidas sistemáticamente por los cursos de agua en la época estival, motivo por el cual en esa época la población cuenta con frecuentes períodos sin agua, o la misma transporta muchos sólidos en suspensión. La escuela recibe el agua del canal de riego en una pequeña cisterna y desde allí, por intermedio de una motobomba, la eleva a un tanque elevado de 1000 litros de capacidad. En la época invernal las bajas temperaturas reinantes obligan a realizar esta operación después del mediodía, cuando el agua de la cisterna de acopio se halla descongelada. La cloración se realiza ocasionalmente de forma manual y no controlada.

Por otro lado, cabe destacar la desprotección sanitaria a la que está sujeto el canal de riego, ya que en gran parte de su recorrido pasa por terrenos en los cuales están asentadas

las casas, siendo por lo tanto vulnerable a la contaminación orgánica causada por las excretas del ganado que circula libremente por la traza del mismo.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia son los ríos Durazno y Colanzulí; y los arroyos Sonadero y Agua Chiquita. Los dos primeros se desestimaron para el presente trabajo, ya que, la población se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del río Colanzulí, la que presenta un desnivel entre el lecho del río y la misma de aproximadamente 70 metros de altura.

El río Colanzulí es un curso de tipo permanente, que fluye en dirección meridiana hasta el pueblo de Iruya donde toma el nombre homónimo y cambia la dirección de escurrimiento hacia el sudeste después de recibir el aporte del río Nazareno por su margen derecha. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar una elevada torrencialidad, pendiente y gran capacidad de transporte. Aguas arriba de la localidad en estudio, recibe por la margen derecha al río Durazno y al arroyo Sonadero, los que conforman las nacientes de la cuenca del río Iruya. La red fluvial debe su origen a las precipitaciones líquidas y sólidas que ocurren en el sector serrano del sistema montañoso.

El arroyo Sonadero tiene sus nacientes en la ladera sur del cerro Morado, de 5008 m.s.n.m.. El mismo debe su nombre al color de las rocas precámbricas que lo conforman (de baja permeabilidad primaria). A partir del quiebre de pendiente, este arroyo ha desarrollado un extenso cono de eyección, a partir de sedimentos cuaternarios, y en gran parte de su curso presenta varios metros de potencia de subálveo.

Esta fuente no presenta limitaciones desde el punto de vista hidrogeológico, ya que se trata de un curso fluvial que transporta caudales significativos durante todo el año. El espesor del subálveo le confiere una cierta capacidad de reserva, lo que le garantiza la regulación de su cuenca durante todo el año. Esta característica es esencial para el aprovechamiento del recurso como fuente de agua potable.

El arroyo Sonadero es un curso de tipo torrencial, cuya cuenca tiene una superficie de 1,132202 km². El mismo fluye en sentido noreste-sudoeste, sobre un valle muy estrecho de 20 metros de ancho en su nacimiento -sector alto de su cuenca- y sobre los sedimentos

cuaternarios del cono de eyección en los sectores medio y bajo de la cuenca. Este en época de lluvias aumenta su competencia y con ésta el transporte de sólidos. Este curso tiene pequeños tributarios con sus mismas características.

Durante el trabajo de campaña, se efectuó un aforo sobre el arroyo Sonadero, en el sector medio de su cuenca, antes de la toma de agua para riego, el cual arrojó un valor de 12,33 m³/h en la segunda semana del mes de mayo de 1999. También se tomó la diferencia de cota existente entre este punto aforado y la comunidad, la cual es de 303 metros con respecto a la escuela (que es el punto más bajo de toda la comunidad), lo que asegura el dominio topográfico de este punto sobre la localidad en estudio.

El arroyo Agua Chica tiene sus nacientes en la ladera norte del cerro Morado y escurre sus aguas en dirección sudeste-noroeste, sobre la bajada aluvial conformada por la coalescencia de los conos de eyección que descienden de las distintas quebradas. Este curso de agua superficial tiene una cuenca de 1,2902769 Km² de superficie, y comparte las características enumeradas para el arroyo Sonadero. A su vez, se realizó un aforo en el sector medio de su cuenca a 3810 m.s.n.m., que arrojó un caudal de 6,3 m³/h. Su régimen es permanente en los sectores alto y medio de la cuenca, infiltrándose por completo su caudal en el sector bajo de la cuenca. Cabe destacar que según lo manifiestan los habitantes de Colanzulí, esta fuente disminuye sensiblemente su caudal en la época de estiaje.

4.2 *Agua Subterránea*

El recurso subterráneo está representado por agua de almacenamiento y circulación en el subálveo del río Colanzulí y por los distintos manantiales ubicados en la zona serrana en estudio.

El agua subterránea que circula por el subálveo del río Colanzulí fue desestimada, debido a que la diferencia de cota entre la base de este río y las terrazas donde se halla asentado el paraje supera los 70 metros de altura. Esto demandaría un alto costo en equipos y energía para elevar una columna de agua que supere este desnivel.

Con respecto a los manantiales, se relevaron dos emanaciones de agua subterránea, que resultaron ser las más significativas en relación al caudal y la permanencia de éste a lo largo de todo el año.

La primera emanación de agua subterránea se encuentra a 5 metros del actual cauce del arroyo Sonadero y la segunda a 7 metros del cauce del arroyo Agua Chica (Ver fotos).

Estos manantiales tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente. De esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, produciéndose una superficie de drenaje denominada vega. Esto se correlaciona perfectamente con el perfil geoelectrico realizado en sentido paralelo al valle fluvial del arroyo Sonadero (Figura 4) y con la información de dos pozos excavados en las inmediaciones de la vega, efectuados para poder determinar el nivel piezométrico del acuífero que la alimenta. La vega del arroyo Agua Chica tiene el mismo origen que la primera emanación de agua subterránea descripta.

Todo lo antes dicho corrobora el hecho de que ambas fuentes de agua subterránea están genéticamente vinculadas con los acuíferos desarrollados en el subálveo de los cursos de agua superficial y condicionan en gran medida la recarga de éstas.

Durante el trabajo de campaña se procedió al aforo de las dos vegas. La que se encuentra en las inmediaciones del arroyo Sonadero, se halla a 3890 m.s.n.m y entrega un caudal de 2,7 m³/h y es permanente. La vega que se halla en las cercanías del arroyo Agua Chica entrega un caudal de 0,26 m³/h y también es permanente.

4.2.1 *Antecedentes*

Los únicos antecedentes de estudios de fuentes en la región son los realizados en las localidades de Abra de Araguayoc, Pueblo Viejo, Campo Carrera, Campo La Cruz y Poscaya, (Guillermo Baudino, 1993) y en el pueblo de Iruya (Rodolfo García, 1997).

Si bien no existen en la zona antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las numerosas vertientes en las laderas de los cerros y valles fluviales son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 *Estudio de Fuentes*

4.2.2.1 *Geoelectrica*

Con el propósito de establecer las propiedades eléctricas de los sedimentos, como así también el espesor de las facies sedimentarias susceptibles de albergar posibles niveles acuíferos, se realizó una prospección geoelectrica en la llanura de inundación del arroyo Sonadero.

El trabajo se efectuó con un equipo bicomensador de corriente continua con lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Se usaron electrodos de corriente

de acero inoxidable y de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre. Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 1000 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron cajas con baterías de 9 voltios que, interconectadas, alcanzan un valor máximo de 540 voltios. La prospección geoelectrica se llevó a cabo por el método del SEV (sondeo eléctrico vertical), con un dispositivo electródico tetrapolar Schlumberger de constante geométrica $K = \frac{\pi}{4} \left(\frac{AM \cdot AN}{MN} \right)$.

Las longitudes entre el centro de los sondeos y los electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 65 metros.

Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 10 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogarítmico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA y la ordenada a los de δ_a (resistividad aparente). La interpretación se realizó primeramente en forma manual a través de la comparación de la curva de campo empalmada, con los ábacos patrones de Orellana & Mooney (1966) y de van Dam & Meulenkamp (1969). A continuación los resultados de la interpretación manual fueron optimizados con programas de computación. El resultado final es un gráfico donde las marcas representan a los puntos de la curva de campo empalmada y la línea continua corresponde a la curva de interpretación optimizada que responde al modelo físico - matemático.

Se ejecutaron dos sondeos sobre la llanura de inundación del arroyo Sonadero. El SEV 1 se realizó a 17 metros al este (aguas arriba) de las primeras enamaciones de agua subterránea de la vega. El SEV 2 se ubicó a 37 metros al este (aguas arriba) de la vega y a 17 metros del SEV 1. El modelo geoelectrico interpretado fue ajustado teniendo en cuenta el marco geológico existente y la información del subsuelo relevada de los dos pozos excavados durante el presente estudio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

SEV 1 – Arroyo Sonadero.

Corte Geoelectrico
$\begin{array}{r} \underline{1023}_{1,3} \\ \underline{491}_{11,4} \\ 222 \end{array}$

El corte geoelectrico muestra la sucesión de tres electrocapas. La primera, muy resistiva (1023 Ohm.m) y de 1,3 metros de espesor, interpretada como sedimentos fluviales, de granulometría muy gruesa (pizarras y esquistos) asignadas al Cuaternario. A continuación se identificó un horizonte más conductivo respecto al anterior (491 Ohm.m) hasta los 11,4 metros de profundidad, que fue interpretado como compuesto por los mismos sedimentos que le suprayacen, saturados. Por último, conformando la base de la secuencia investigada, se detectó una electrocapa más

conductiva que las precedentes (222 Ohm.m) que se asigna a sedimentitas precámbricas de la Formación Puncoviscana, la que conforma el basamento hidrogeológico. Esta secuencia pudo ser correlacionada con los perfiles litológicos recabados en los dos pozos excavados.

SEV 2 – Arroyo Sonadero.

Corte Geoelectrico	
<u>479</u>	0,5
<u>1594</u>	2,2
<u>367</u>	11
122	

El corte geoelectrico muestra la sucesión de cuatro electrocapas. La primera, de (479 Ohm.m), se extiende hasta una profundidad aproximada de 0,5 metros. Esta secuencia es interpretada como sedimentos fluviales secos (gravas con matriz areno limosa) asignados al Cuaternario. Infrayaciendo se identificó una capa

muy resistiva de 1594 Ohm.m hasta los 2,2 metros de profundidad, interpretada como sedimentación fluvial muy gruesa, de la misma edad que la suprayacente. El horizonte detectado entre los 2,2 y 11 metros tiene menor resistividad que el anterior (367 Ohm.m), y es definido como la misma capa sedimentaria que le suprayace, saturada. Por último conformando la base de la sección investigada se detectaron valores más conductivos (122 Ohm.m), que representan a las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana, que afloran en la naciente del arroyo. Esta última capa conforma el basamento hidrogeológico de la secuencia.

4.2.2.2 Test de Bombeo

Con la finalidad de establecer las características hidráulicas del álveo del arroyo Sonadero, se efectuaron dos pozos excavados, separados uno de otro por 6 metros de distancia y a 3 metros del curso actual de agua, con la finalidad de realizar un test de bombeo. Debido a las adversas condiciones climáticas, el terreno se congela hasta después del mediodía, y la única forma de realizar una excavación es en forma manual. Por esta razón se decidió que los pozos sólo penetrarían algunos decímetros en el acuífero con la finalidad de poder estimar la pendiente de la superficie piezométrica, teniendo en cuenta el nivel de surgencia de la vega y el nivel estático de los dos pozos. En el Pozo 1, se midió un nivel estático de 1,10 metros con respecto al nivel natural del terreno y el Pozo 2 tiene un nivel piezométrico de 0,61 metros también con respecto al nivel natural del terreno. Por último se realizaron mediciones de la pendiente del terreno para poder posicionar el nivel piezométrico en cada punto. Posteriormente esta información fue fundamental para la interpretación del modelo geofísico adoptado.

4.2.2.3 Hidroestratigrafía

La zona en estudio se encuentra sobre el faldeo occidental de la Sierra de Santa Victoria. Esta unidad orográfica alcanza los 5008 m.s.n.m. en el Co. Morado y se extiende en sentido submeridional.

La comunidad se asentó en la quebrada del río Colanzuli, sobre las terrazas aluviales que están en la ladera occidental del cerro Morado.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario elevan la región a su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios en este sector de la cuenca tienen una gran distribución areal, y en ellos pueden reconocerse, por lo menos, tres ciclos morfogenéticos. En el primero debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana. El segundo ciclo se caracterizó por un predominio de la acumulación sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales. En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, es la erosión fluvial el proceso dominante. Como consecuencia, los ríos han deprimido su nivel de base, produciendo una intensa disección y aterrazamiento de las bajadas aluviales, en donde se hallan asentadas las comunidades de Colanzuli, Campo Carrera y Pueblo Viejo. Son características de este sector las barrancas con paredes subverticales de hasta 200 metros de alto, modeladas en los sedimentos fanglomerádicos cuaternarios.

En esta zona la faja montañosa es disectada por los valles de los cursos de los ríos Durazno, Colanzuli y Grande, que fluyen hacia el río Bermejo, constituyendo un desnivel de unos 3800 metros en 70 km, lo que equivale a una pendiente media de 18%, que corresponde a la caída de las serranías entre el cordón de la sierra de Santa Victoria, con una altitud media de 4600 m.s.n.m., y el valle del río Bermejo a 800 n.s.n.m..

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas precámbricas, que afloran en el sector serrano. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el período estival, ya que su zona de recarga es demasiado pequeña para generar reservas suficientes, que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Una manifestación de agua subterránea, más significativa la constituyen los manantiales que tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente. De esta

forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica produciéndose una superficie de drenaje (vega), donde el agua subterránea emerge a la superficie. Este tipo de emanación subterránea cuando está relacionada a algún tipo de escorrentía superficial, como lo son las vegas de los arroyos Sonadero y Agua Chica, poseen la reserva suficiente como para entregar agua todo el año.

Cabe acotar que en esta área la precipitación sólida tiene una fuerte incidencia sobre el escurrimiento fluvial y la recarga de los acuíferos, ya que se produce normalmente en la época de estiaje, cuando los acuíferos se encuentran en el nivel más deprimido.

4.2.2.4 *Hidroquímica*

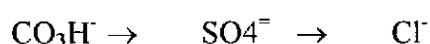
Se tomaron muestras de agua sobre el arroyo Sonadero. También se realizaron muestreos en la vega ubicada en las inmediaciones de este arroyo y sobre la vega del arroyo Agua Chica.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 143 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 9,1 °C de temperatura, para el arroyo Sonadero. Los parámetros físicos de campo del agua de la vega del arroyo Sonadero son: 141,1 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 8,4 °C de temperatura. Para la vega del arroyo Agua Chica los parámetros son: 73,6 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 12,1 °C de temperatura.

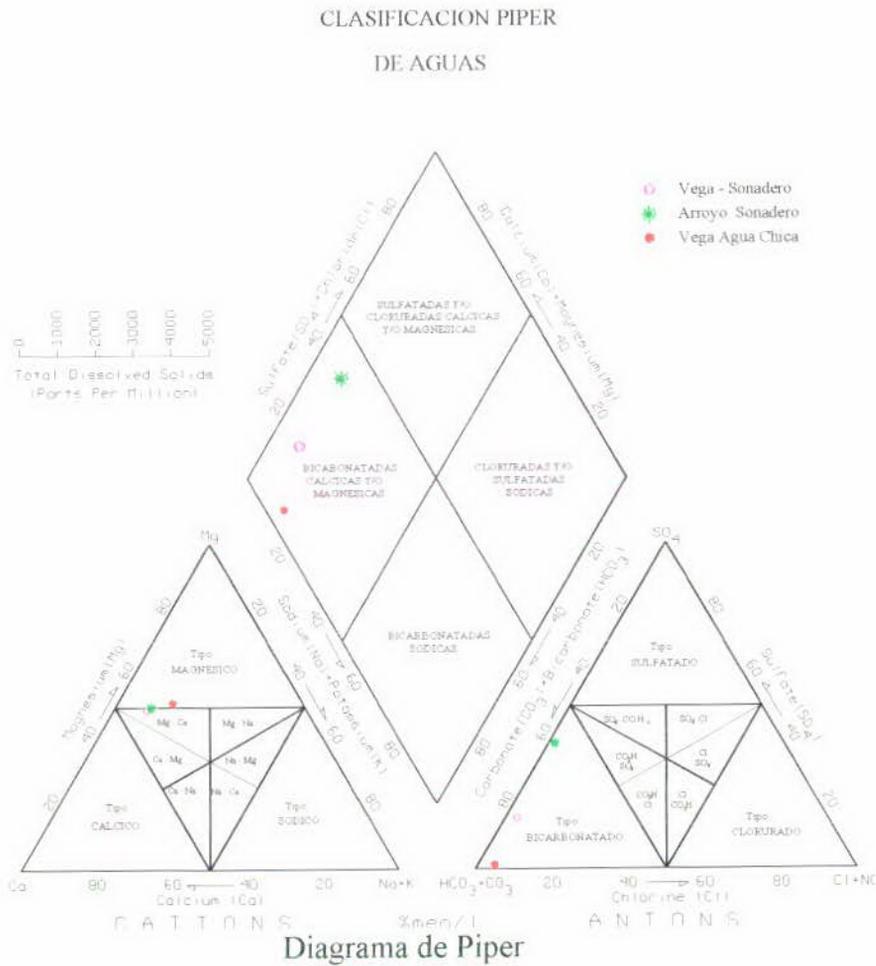
Los resultados de los análisis físico-químicos indican que las muestras de agua no presentan exceso en los parámetros analizados, por lo cual se las considera potables, según el SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable).

Los resultados de los análisis fueron graficados en un diagrama de Piper. El agua del arroyo Sonadero y de la vega ubicada en las cercanías de éste es bicarbonatada-magnésica cálcica. El agua de la vega Agua Chica es bicarbonatada magnésica.

La tipología de las aguas analizadas sigue el patrón normal de evolución geoquímica, el que puede ser expresado de la siguiente forma:



Se puede observar que el conjunto de las aguas muestreadas se halla en los primeros estadios de la evolución geoquímica, indicando un escaso tiempo de permanencia en el medio de circulación. También demuestra que el agua subterránea está vinculada genéticamente a la escorrentía superficial, corroborando que esta última es parte de la recarga del acuífero que alimenta a la vega.



4.2.2.5 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de Colanzulí se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta después de la confluencia de los ríos Durazno y Colanzulí. Debido a la disponibilidad de tierras y aguas para riego, la comunidad se halla distribuida a lo largo de 2500 metros aproximadamente sobre las terrazas aluviales de la quebrada del río Colanzulí.

En la zona no hay antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero sí se pudieron evaluar las vertientes más significativas. Este tipo de emanaciones son la prueba irrefutable de que este recurso existe. El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en el análisis de estas vertientes, en los resultados de la prospección geoeléctrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal. En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (pizarras y esquistos), al escaso a nulo desarrollo de suelos, la escasez de cobertura vegetal y la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial, inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo.

Cabe destacar que en el sector del valle, los cursos fluviales más importantes (ríos Durazno y Colanzulí), han profundizado sus cauces disectando los sedimentos modernos. Por esta razón, los potentes depósitos cuaternarios que conforman las terrazas colgadas en donde se asienta el paraje Colanzulí, se encuentran desconectados del escurrimiento superficial, por lo que éste no actúa como fuente de recarga. De esta manera, sólo es posible esperar la formación de yacimientos de agua con la reserva suficiente para tener capacidad de regulación durante todo el año, en los acuíferos formados por el subálveo del río Colanzulí, y en aquellos acuíferos colgados, como los del subálveo de los arroyos Sonadero y Agua Chica. Esta aseveración se basa en el hecho de que las vertientes generadas a expensas de un control topográfico, como lo son las fuentes antes citadas, entregan agua durante todo el año porque se alimentan de un potente paquete de sedimentos fluviales saturados. En estos casos, los cursos de agua superficiales sí actúan como fuente de recarga, ya que se encuentran genéticamente vinculados.

Por último también debe tenerse presente que las precipitaciones sólidas que acontecen de manera frecuente en la zona serrana a lo largo del período de estiaje, cumplen un rol fundamental en la recarga, tanto para el escurrimiento superficial como para el subterráneo.

5 CONCLUSIONES

Colanzuli en la actualidad no posee un sistema de abastecimiento de agua potable. La comunidad se provee de agua para consumo desde los canales de riego. Durante la época estival, las tomas de agua realizadas para alimentar los canales, son destruidas en cada creciente de los cursos superficiales. También para la misma época, cuando se llegan a estabilizar las precarias tomas de agua, ésta trae exceso de sólidos en suspensión lo que condiciona su aprovechamiento como fuente de agua potable. Para obtener agua de mejor calidad, los pobladores deben acarrearla de las vertientes que entregan agua cristalina durante todo el año, pero que se encuentran a más de 2000 metros de distancia y a un mínimo de 200 metros de altura de la población.

La escuela es la única que posee un sistema de acopio de agua, que ocasionalmente es clorada de forma manual y no controlada. El resto de la comunidad bebe el agua sin ningún tipo de prevención, ya que la que es recolectada de los canales de riego no tiene ningún tipo de protección sanitaria contra la contaminación orgánica producida por las excretas de los numerosos animales que circulan libremente por la zona.

El gran poder erosivo de los cursos fluviales y el importante volumen de material de arrastre y sólidos en suspensión, sumado a la diferencia de cota que hay entre el lecho de los cursos fluviales más importantes y la comunidad, conllevan a desestimar estas fuentes de agua para consumo humano.

Los arroyos que drenan sus aguas al río Colanzulí, poseen características similares a éste, ya que son cursos de agua de tipo torrencial, que en épocas estivales aumentan significativamente la capacidad de transporte y con ésta su competencia. Todos estos factores que condicionan su aprovechamiento. De realizarse algún tipo de captación de agua superficial, ésta tendría que superar numerosos inconvenientes técnicos, pero sobre todo, enfrentarían un costo económico muy alto.

La emanación de agua subterránea de la vega que se halla en las inmediaciones del arroyo Sonadero, es la opción más conveniente. Esta entrega agua libre de sólidos en suspensión todo el año y al estar vinculada genéticamente al acuífero desarrollado por el álveo del arroyo Sonadero (que posee un espesor de sedimentos saturados de 11 metros aproximadamente), garantizará el caudal necesario, la calidad y la permanencia de esta fuente durante todo el año.

Sobre la base de todo lo dicho anteriormente, hay dos formas de explotación de este recurso: una sería realizar una captación en la superficie de la vega del arroyo Sonadero. Este tipo de captación tiene el serio inconveniente que deberá ser protegida en la época estival de las crecidas del arroyo, debido a su cercanía con el curso actual del mismo. La segunda opción sería realizar una captación del tipo subsuperficial en el subálveo de este arroyo en el sector de la vega. En este sector existen las mejores condiciones geológicas e

hidrogeológicas para proyectar un dren y a partir de allí realizar la conducción por gravedad a toda la localidad.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descrito en el apartado anterior, se propone la realización de una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en el álveo del arroyo Sonadero, en el sector de la vega. En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población Colanzuli.

La ejecución de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación, y minimiza los efectos de erosión que posee el arroyo sobre las obras de infraestructura que se interponen a su flujo natural.

En virtud de los resultados del presente estudio, se aconseja fundar la futura obra a una profundidad mínima de 4 metros (o mayor si es posible), y localizarla a 3 metros del eje del valle fluvial del arroyo Sonadero. La longitud de filtros deberá ser calculada en base a un ensayo de bombeo que se deberá realizar para tal fin. El dren tendrá una pendiente media de por lo menos el 1%, y el material prefiltrante que recubrirá la zona de admisión de agua, será de 0,5 metros de espesor como mínimo, el diámetro de éste estará en función de la granulometría del acuífero a la profundidad de fundación final.

Desde el sector propuesto para la ejecución de la obra de captación hasta la escuela (que es el punto más bajo del paraje) hay una diferencia de cota de 300 metros aproximadamente. Por esta razón será necesario construir cámaras rompe carga, con el fin de que la cañería no colapse por exceso de presión. La ubicación estimativa de la futura cisterna para el acopio de agua podría estar a mil metros de la toma (ver mapa hidrológico), la que podría funcionar también como cámara rompe carga, y desde allí realizar la conducción a la localidad de Colanzuli.

7 ANEXOS

- Figura 1: Mapa de Ubicación General
- Figura 2: Mapa Hidrológico
- Figura 3: Mapa Geológico
- Figura 4: Perfil geoelectrico – Arroyo Sonadero
- Planilla 1: Análisis fisico-químico Arroyo Sonadero
- Planilla 2: Análisis fisico-químico Vega Sonadero
- Planilla 3: Análisis fisico-químico Vega Agua Chica
- Planilla 4: Sondeo Eléctrico Vertical 1 Arroyo Sonadero
- Planilla 5: Sondeo Eléctrico Vertical 2 Arroyo Sonadero

FIGURA 1 – PLANO DE UBICACION GENERAL

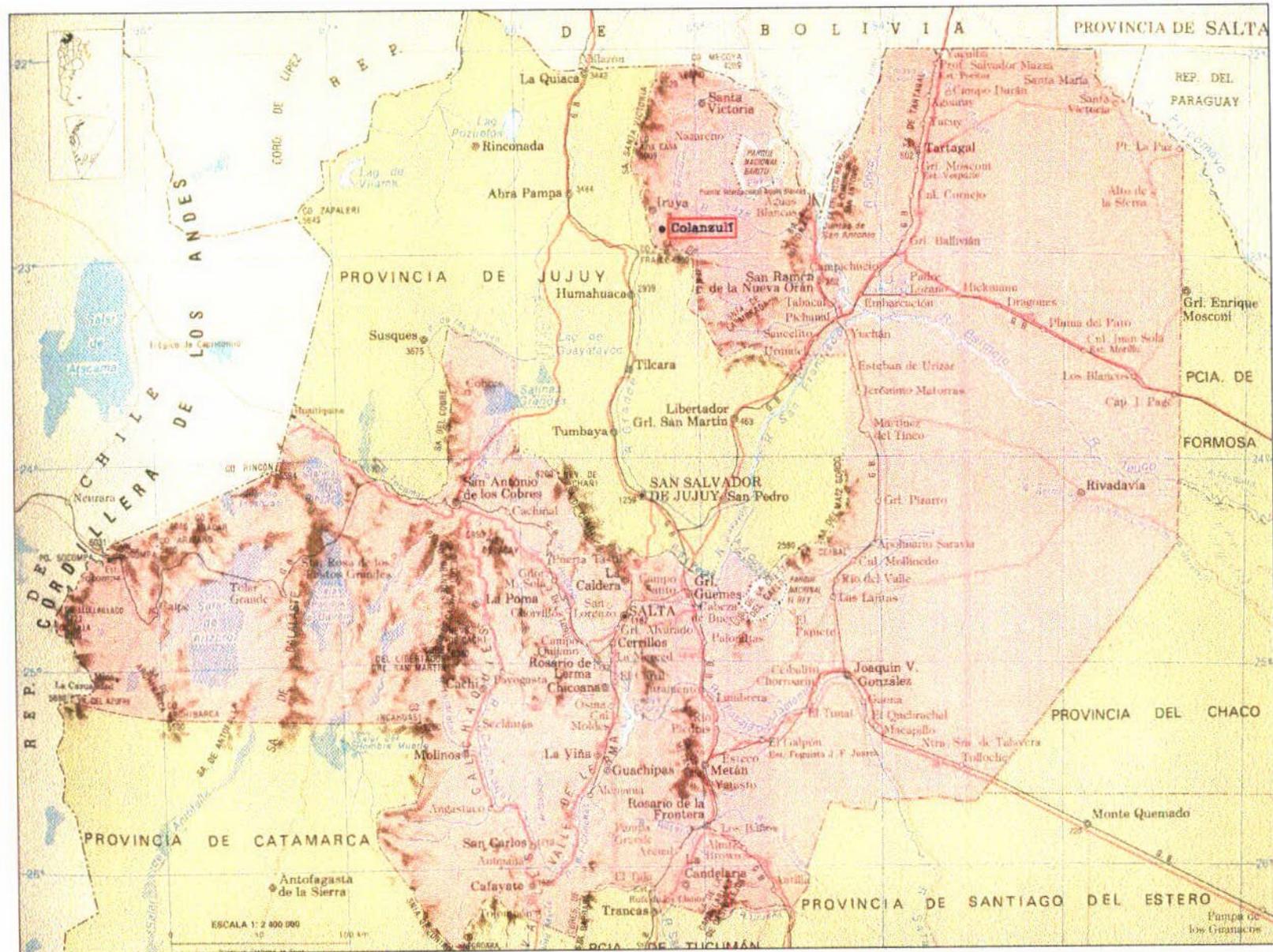


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

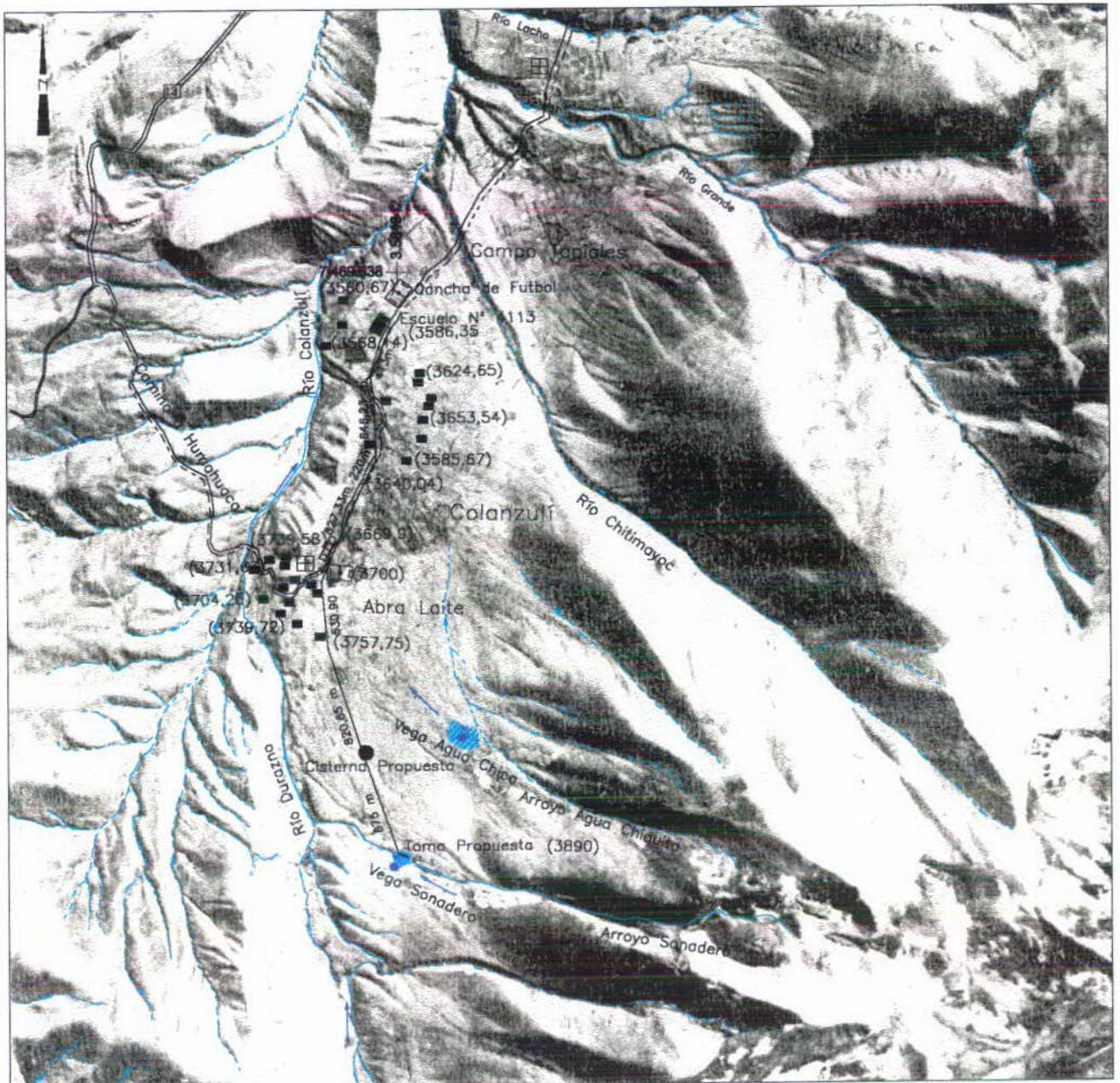
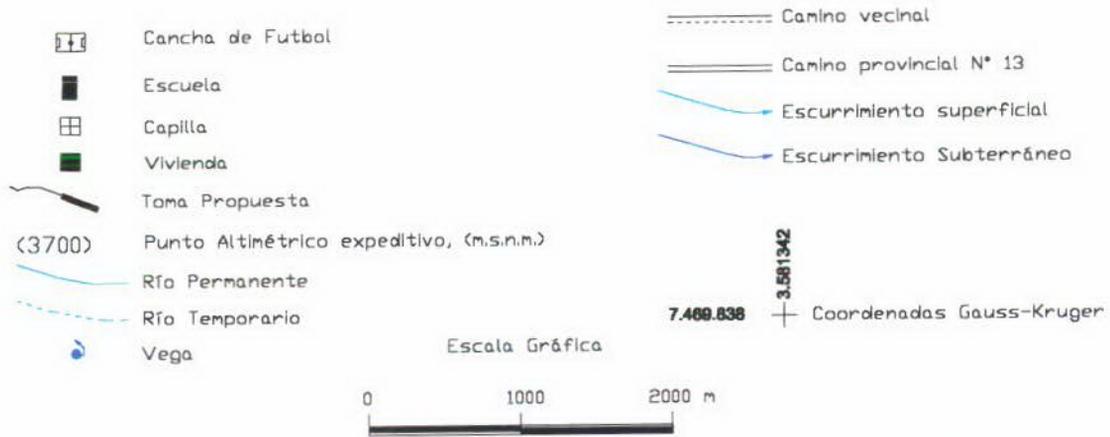
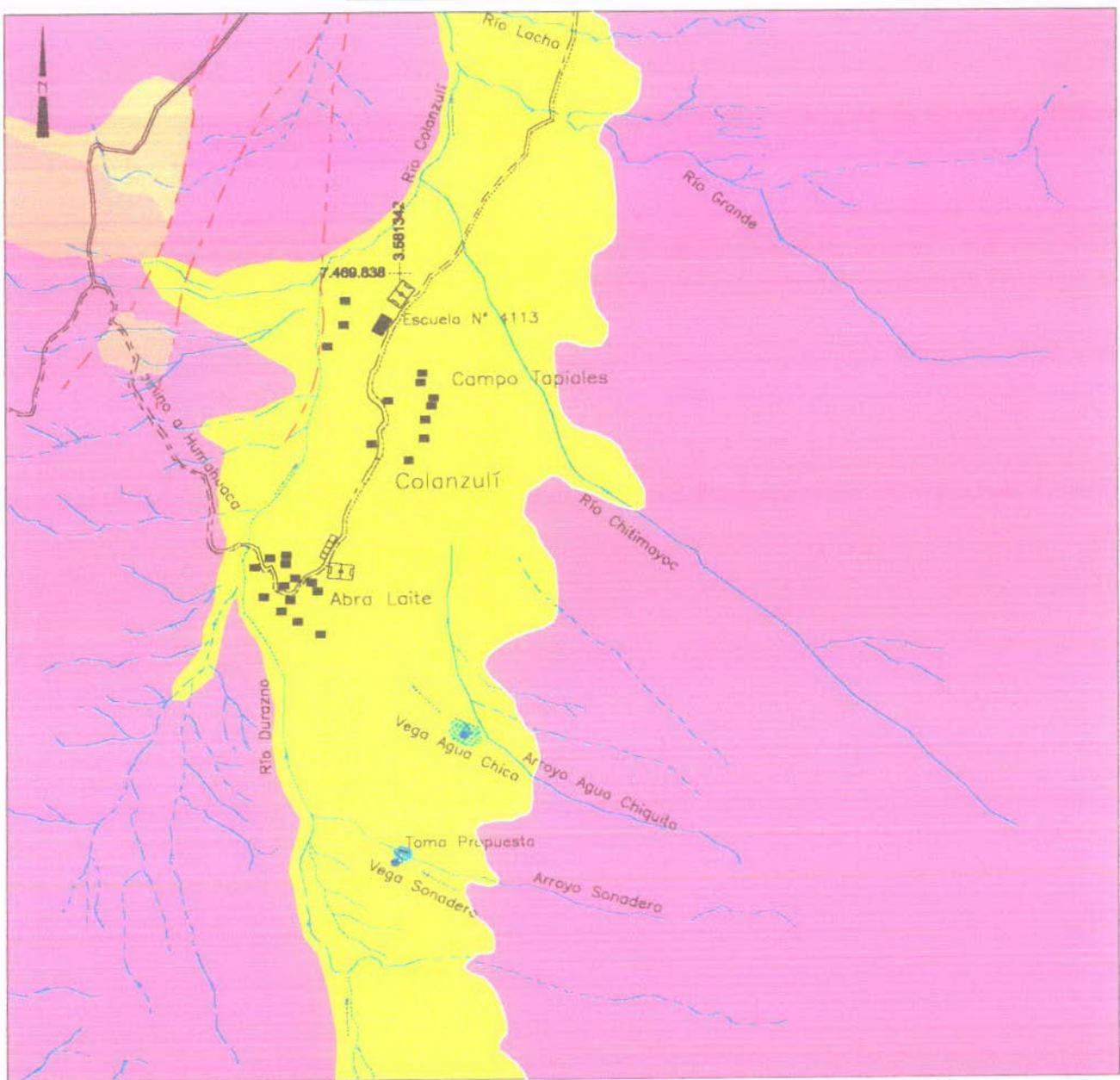


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS

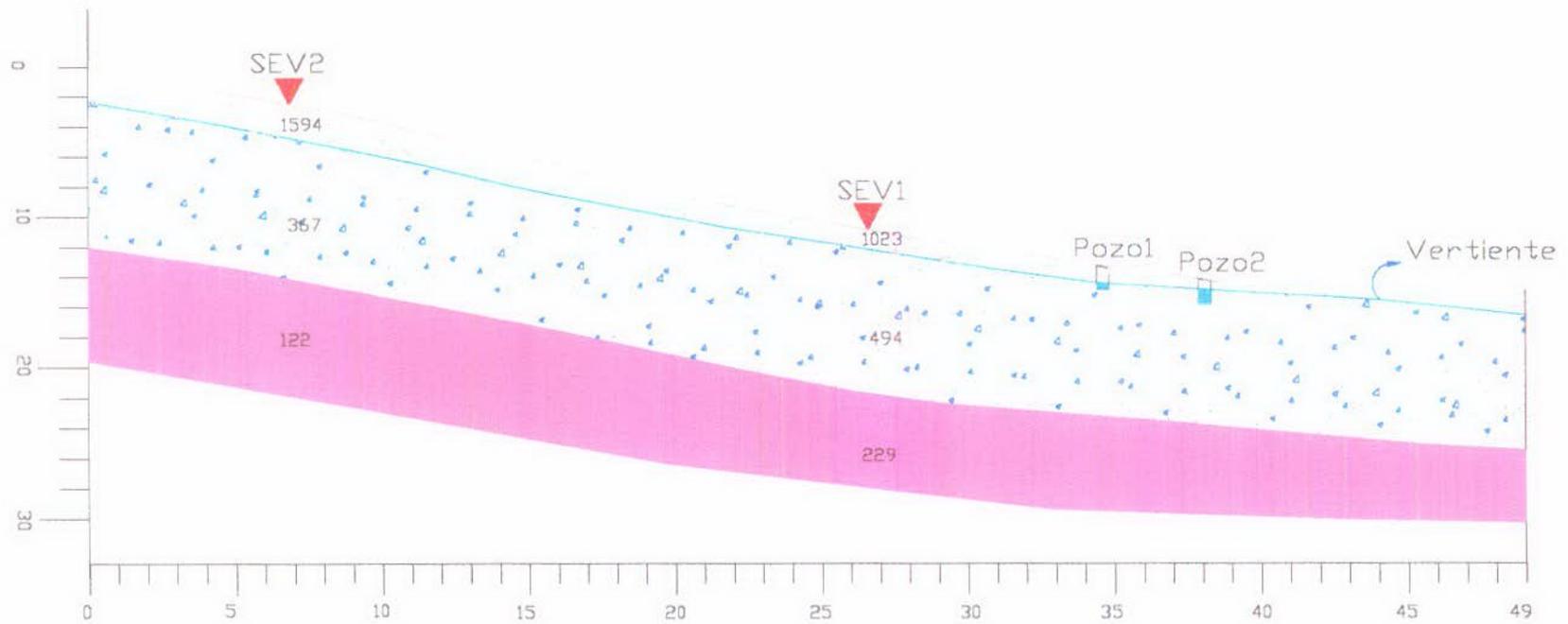
-  Fallada inferida
 -  Río Permanente
 -  Río Temporario
 -  Vega
 -  Coordenadas Gauss - Kruger
- 7540089 3605331

- ### LITOLOGIA
-  Cuaternario; depósitos fluviales y aluviales
 -  Cretácico - Grupo Salta; Conglomerados, areniscas y arcillitas
 -  Cámbrico - Grupo Mesón; areniscas y lutitas.
 -  Precámbrico - Formación Puncoviscana; esquistos, pizarras y filitas



Arroyo Sonadero

FIGURA 4 - PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL SE - NO



REFERENCIAS

- 96 Resistividad en ohm.m Zona no saturada Nivel acuífero Basamento hidrogeológico

Análisis Físico Químico
Arroyo Sonadero

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	75	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	64	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	90	200	500		
Color (U.C.)	2	5	10		
pH a 25 °C	7	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	0,3	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	122		2000		
Sodio	3,9				
Potasio	0,8				
Calcio	16				
Magnesio	12				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	78,08	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	40	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Silice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	1,98				
Sumatoria Aniones (meq/l)	2,14				
Error analítico	-8,00	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Vega Sonadero

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	75	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	81	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	90	200	500		
Color (U.C.)	7	5	10		
pH a 25 °C	6,9	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	3,5	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	120		2000		
Sodio	3,7				
Potasio	0,6				
Calcio	17				
Magnesio	12				250
Cloruros	2,1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	98,82	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	15	200	400	2000	4000
Hierro total	0,04	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Silice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	2,01				
Sumatoria Aniones (meq/l)	1,99				
Error analítico	1,04	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

**Análisis Físico Químico
Vega AguasChica**

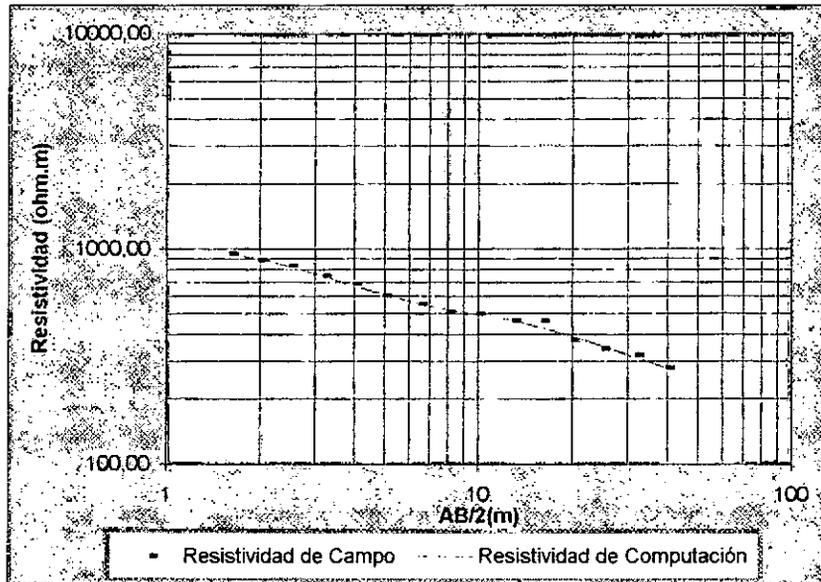
Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	.....	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	49	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	50	200	500		
Color (U.C.)	3	5	10		
pH a 25 °C	6	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	8	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	65		2000		
Sodio	3,2				
Potasio	1,2				
Calcio	8				
Magnesio	7,3				250
Cloruros	2,1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	59,78	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	5	200	400	2000	4000
Hierro total	0,26	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoníaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	1,17				
Sumatoria Aniones (meq/l)	1,14				
Error analítico	2,31	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el indice admisible para el consumo humano

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
1,395	1,395	1023,414
11,445	10,05	494,288
		224,894

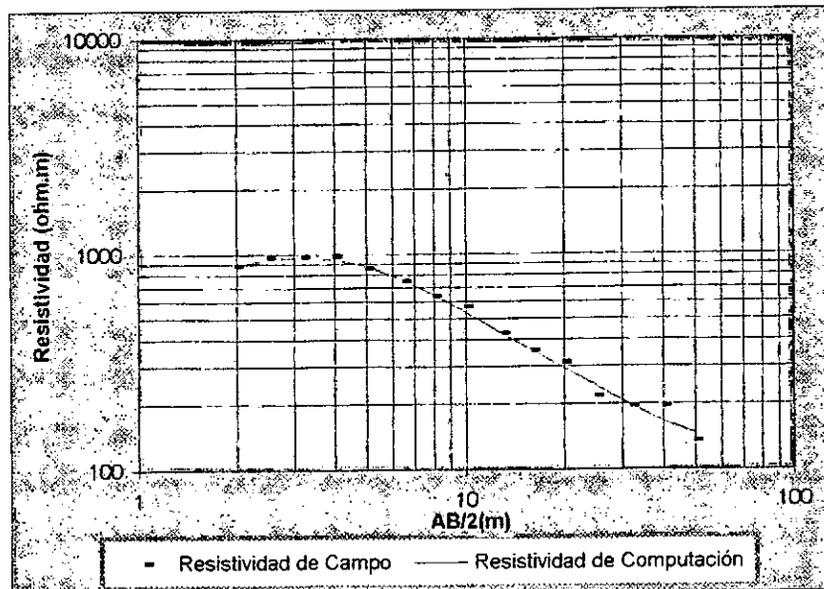
Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1,6	943,50	939,94	-0,4
2	2	881,00	890,58	1,1
3	2,5	827,20	826,02	-0,1
4	3,2	744,60	743,92	-0,1
5	4	684,70	670,77	-2,1
6	5	602,90	608,17	0,9
7	6,5	550,70	553,18	0,4
8	8	505,50	521,62	3,1
9	10	497,70	493,69	-0,8
10	13	460,50	460,79	0,1
11	16	462,00	430,51	-7,3
12	20	376,70	392,78	4,1
13	25	341,92	352,28	2,9
14	32	319,01	310,26	-2,8
15	40	278,28	279,81	0,5



Geoelectrica SEV 2
Arroyo Sonadero

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0,54	0,54	479,85
2,24	1,70	1594,32
11,94	9,70	367,30
		122,17

Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	2	879	889,963	1,2
2	2,5	961	943,33	-1,9
3	3,2	973	966,973	-0,6
4	4	975	945,643	3,1
5	5	855	880,858	2,9
6	6,5	746	760,435	1,9
7	8	634	649,498	2,4
8	10	564	535,327	-5,4
9	13	429	424,731	1
10	16	353	356,605	1
11	20	313	296,494	-5,6
12	25	218	245,098	11,1
13	32	195,783	198,258	1,2
14	40	195,783	167,322	-17
15	50	134,688	147,364	8,6



8 FOTOS



Foto1. Vista de la vega del arroyo Sonadero, donde se puede apreciar la barra fluvial depositada por el arroyo en una creciente.

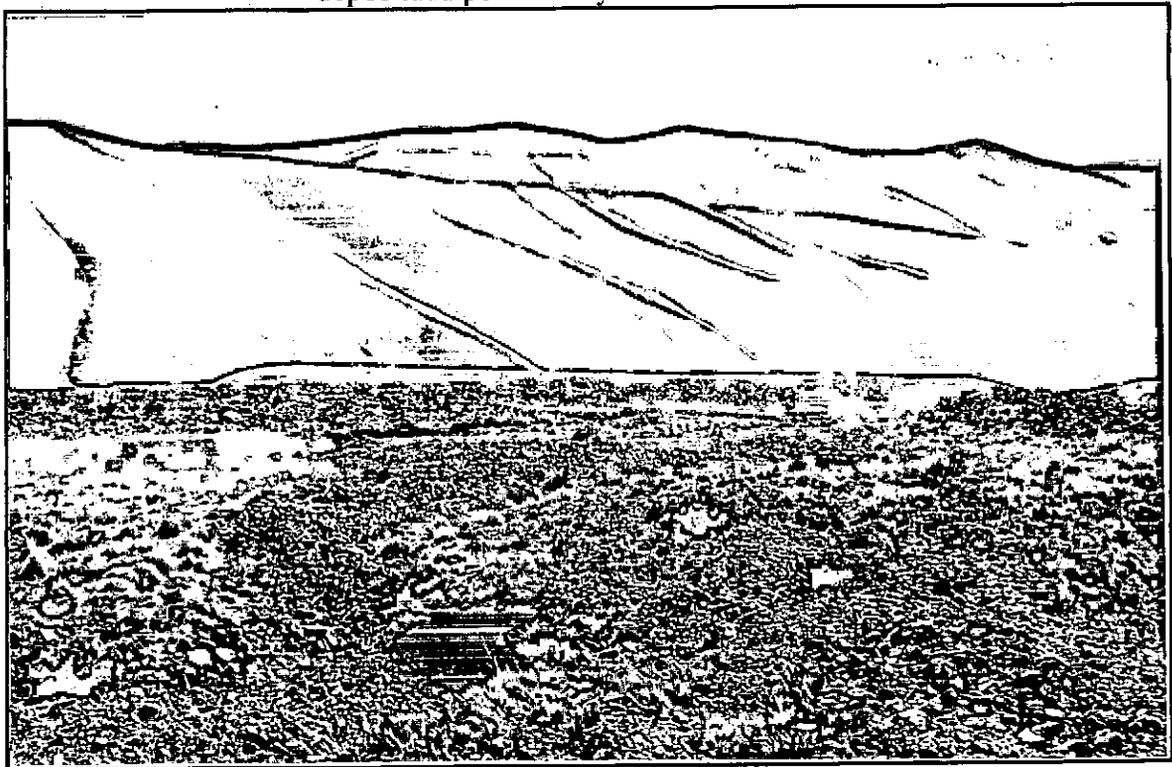


Foto 2. Vista del arroyo Sonadero aguas abajo (dirección oeste).

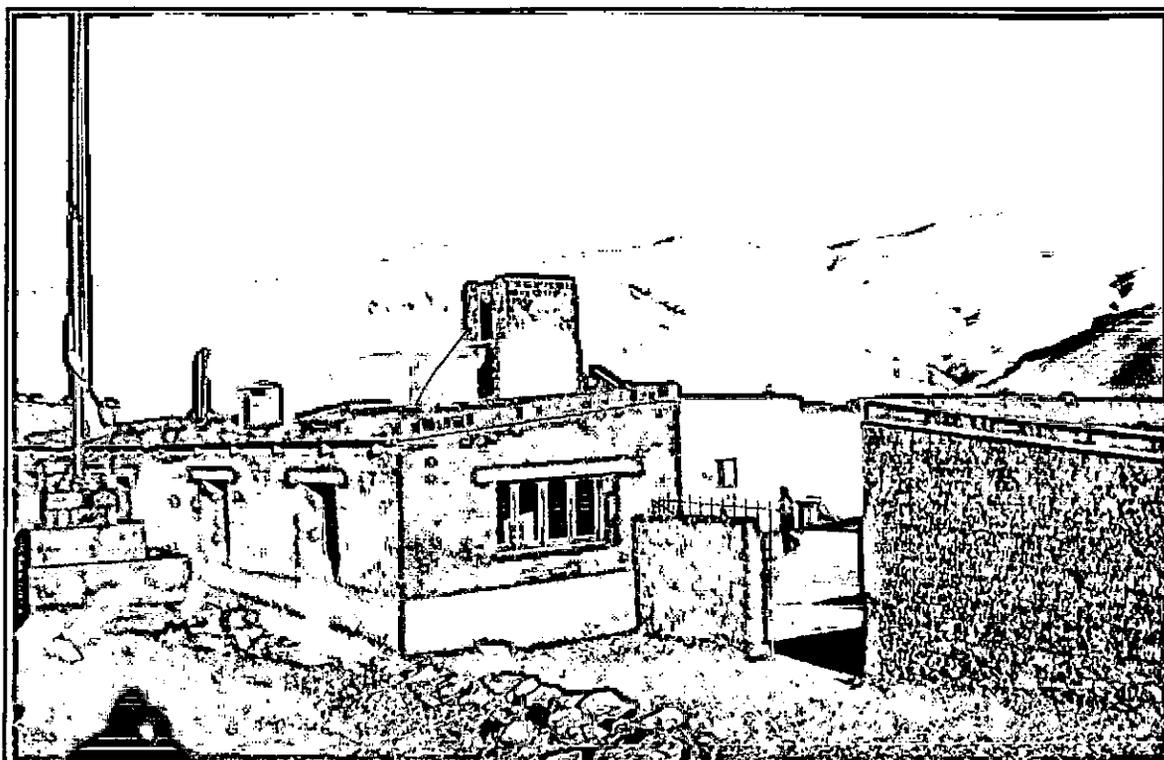


Foto 3. Escuela de Colanzulí



Foto 4. Vista desde la futura toma hacia el paraje (dirección norte)

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

- *TRES MORROS* -

DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA

Julio de 1999

INDICE**1. GENERALIDADES**

- 1.1. Localización*
- 1.2. Síntesis Poblacional*
- 1.3. Actividades Productivas*
- 1.4. Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. Hidrografía*
- 2.3. Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL**4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

- 4.1. Agua superficial*
- 4.2. Agua subterránea*
 - 4.2.1 Antecedentes*
 - 4.2.2 Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1 Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2 Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.3 Hidroquímica*
 - 4.2.2.4 Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES**6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION****7. ANEXOS****8. FOTOS**

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Tres Morros se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss – Kruger correspondientes a esta localidad son: $X = 7.465.126,4$; $Y = 3.623.064,16$; y está situada a 1.250 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 34, asfaltada y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia el pueblo de Pichanal ubicado a 245 km de distancia. Desde allí se debe continuar por la ruta nacional N° 50 y luego de recorrer 5 km al norte de la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, se halla el acceso a la ruta provincial N° 18; por esta ruta y luego de 68 km en dirección noroeste se encuentra el pueblo de Islas de Cañas. Desde este pueblo se accede a la localidad de Tres Morros a través de un camino de herradura de 14 km de longitud aproximadamente, que recorre la playa del río Astillero en dirección oeste.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Tres Morros tiene una población aproximada de 120 personas. La comunidad está tramitando el traspaso de las tierras que pertenecían a la Finca Santiago, expropiada por el gobierno provincial, para cederlas a las comunidades kollas que viven en ellas, como la de nuestro estudio.

Las viviendas en su mayoría están construídas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Las mismas se encuentran agrupadas en torno a la escuela.

En esta localidad se encuentra la Escuela-Albergue N° 4121 “Miguel Cané” de nivel EGB, donde concurren quince alumnos, de los cuales cinco se albergan en la escuela de lunes a viernes. La misma es de jornada simple y su plantel está compuesto por una maestra de grado y una auxiliar, que cumple tareas de cocinera. La infraestructura de la escuela se halla en muy mal estado de mantenimiento.

Debido a las intensas lluvias ocurridas durante la época estival, la comunidad migra desde el mes de diciembre hasta mayo a una paraje llamado Aguas Saplitas, ubicado en las nacientes del río Astillero a dos días de camino, de esta forma no quedan aislados por el río Iruya. En el paraje Aguas Saplitas pueden desarrollar durante estos meses actividades

agrícolas y ganaderas. Allí, las viviendas construídas para vivir durante la época estival son más precarias aún que las que poseen en Tres Morros. Para la misma época los maestros se trasladan con la población a este paraje y continúan dando clases en una escuela rancho.

1.3 Actividades Productivas

La economía se basa mayoritariamente en la cría de vacunos, aunque también crían ovejas y cabras. La agricultura es de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose zapallos, zanahorias, maíz, papas oca y lechuga, la desarrollan en el asentamiento de verano (Aguas Saplitás), la misma se realiza bajo riego y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria.

1.4 Saneamiento e Higiene

El agente sanitario Luis Aramayo, que pertenece al centro de salud del pueblo Islas de Cañas, visita la localidad dos veces por año. Debido a que el paraje no posee puesto sanitario el agente debe atender en la escuela, encargándose de realizar el diagnóstico y seguimiento sanitario de toda la población. Los casos graves son derivados al centro de salud de Islas de Cañas y su traslado se realiza a lomo de burro.

Las enfermedades más comunes de la zona son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas y la escuela poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas.

2 CARACTERIZACION FISICA

2.1 Clima, suelos, vegetación y fauna

En el área, no existen estaciones meteorológicas ni datos referentes al clima. La población se encuentra ubicada entre las isohietas de 400 y 1000 mm anuales, las que se incrementan hacia el oeste y decrecen hacia el este (efecto orográfico). Las lluvias con intensidad elevada, según los pobladores de la localidad, se producen durante la temporada

estival, fundamentalmente de noviembre a marzo, período en que la región se encuentra dominada por un centro ciclónico que se debilita hasta desaparecer en el invierno por el ingreso del anticiclón Atlántico, que le confiere a todo el noroeste una fuerte estabilidad en los procesos meteorológicos.

El clima imperante es Tropical Serrano con precipitaciones medias en la Ciudad de San Ramón de la Nueva Orán del orden de 648 mm anuales y una temperatura media anual de 21,4° C.

La comunidad se halla en las últimas estribaciones de las Sierras Subandinas. Estas ejercen un importante efecto sobre el clima y en especial sobre las precipitaciones. Durante el verano actúa un centro de baja presión que permite el ingreso de masas de aire portadoras de humedad desde el sector este, y que al encontrarse con una barrera orográfica como las Sierras Subandinas originan nubes de gran desarrollo vertical, dando lugar a lluvias a barlovento y sotavento.

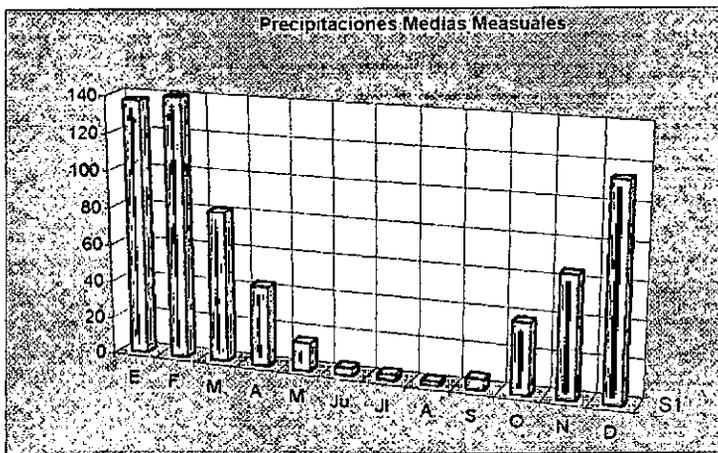


Gráfico de precipitaciones para la ciudad de Orán (1934 - 1978)

Como las alturas de las cimas a transponer por los vientos no superan los 2000 m.s.n.m., las máximas precipitaciones se registran sobre las laderas de barlovento, si bien en las laderas de sotavento las precipitaciones que ocurren son significativas.

La vegetación se encuentra enmarcada en la provincia fitogeográfica de las Yungas, y dentro de ésta en el Distrito de las Selvas Montanas (Cabrera, 1992). Su fisonomía es de una densísima y casi impenetrable masa de vegetación, en su interior el ambiente es sombrío y húmedo, donde el suelo está cubierto por detritus vegetales y troncos caídos. Las plantas se disponen de acuerdo a su mayor o menor tolerancia a la luz. El estrato superior lo componen las copas de los grandes árboles como el laurel (*phoebe porphiria*), horco molle (*Blerpharolacalyx gigantea*), cedro (*Cedrela angustifolia*), todos ellos de alrededor de 30 metros de altura, nogal (*Juglans australis*), mato (*Eugenia pungena*), hoco

–cebil (*Parapliadenia*), pacará (*Amburana cearensis*), palo San Antonio (*Rapanea laetevirens*). Un segundo estrato lo conforman las especies que no exceden los 20 metros de altura como el chal–chal (*Allophollus*), palo luz (*Prunus Tucumanensis*), roble (*Hex argentina*) y tala (*Crinidrendron*) entre otros. Los arbustos forman un tercer estrato de 2 a 4 metros de altura. Se destacan *Chusquea lorentziana*, *Urera baccifera*, *Miconia ioneurd*, *Piper tucumanum*, etc. El cuarto estrato está formado por las grandes hierbas de 1 a 2 metros de altura como, *Polymnia connata*, *Senecioperegrinus*, *Vermonia pingilis*. Entre las especies herbáceas menores se destaca el helecho que a veces cubre completamente el suelo: *Pteris deflexa*. El quinto estrato está compuesto por especies que crecen al ras del suelo, llamado estrato muscinal constituido por fanerógamas rastreras o pígemeas, como *sibthorpia conspicua*, *stellaria media*, etc.

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los “zorros” (*Dusycicom*), “yaguaretés” y “pumas” (*Pumas Concolor*), “chancho del monte”, “anta”, “monos”, entre otros. Los roedores son muy abundantes, tales como ratas y ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se puede mencionar el cóndor, los “cuervos o jotes” (*Coragyps y Cathartes*), el “chimango” (*Milvago*), el “carancho” (*Polyborus*) y el “águila blanca” (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son fluvisol éutrico y fluvisol calcáreo, que conforman la Asociación Orán. Los suelos son de incipiente desarrollo, de textura medianamente gruesa y bien drenados, con contenido medio de materia orgánica.

2.2 Hidrografía

La zona en estudio se halla enmarcada dentro de la cuenca del río Iruya, ubicada en la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse y su eje mayor está orientado de norte a sur, con una extensión de 430 km de longitud (OEA,1973). La comunidad de Tres Morros está asentada en la falda oriental de las Sierras Subandinas, en el sector sur de la Sierra del Cerro Negro y noroeste de Lomas Coloradas. El punto más elevado del sector está representado por el cerro Tres Morros que le da el nombre a la localidad. Esta unidad orográfica tiene rumbo preferencial submeridiano. En este sector el valle del Astillero tiene rumbo transversal a esta unidad geológica pero sus afluentes principales son paralelos a esa dirección respondiendo al control litológico y estructural.

La red hidrográfica está integrada por los ríos Astilleros y Cañas y el arroyo Palmarito. La dirección general de escurrimiento superficial es sudoeste-noroeste.

Los cauces de los ríos Astillero y Cañas drenan sus aguas en valles fluviales de 80 metros de ancho aproximadamente, en algunos sectores las laderas son subverticales debido a que erosionan sedimentitas terciarias y carbónicas con alto ángulo de buzamiento. Estos cursos de agua tienen mucha capacidad de transporte de sólidos lo que se traduce en el desarrollo de acuíferos, en los sectores donde la configuración de lecho permite la depositación de sedimentación fluvial.

La comunidad asienta en la confluencia del río Astillero y el arroyo Palmarito; el río Cañas es el tributario de mayor jerarquía del río Iruya en la zona. Estos cursos de agua superficiales son de régimen permanente con características torrenciales, que en época estival transportan una importante carga de lecho y de sólidos en suspensión.

2.3 *Geología Regional*

La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia geológica Sierras Subandinas.

Las rocas aflorantes comienzan con los depósitos silúricos de la Formación Lipeon (Turner, 1960), la misma está compuesta por areniscas váquicas finas, muy micáceas, limolitas arcillosas y arcilitas gris negra; el color más frecuente es el gris verdoso oscuro en corte fresco y amarillo ocre o verdoso oliva por meteorización.

En discordancia angular se hallan las rocas carbónicas del Grupo Machareti (Harrington, 1924 in López Pulsen, 1992), el cual está integrado por las Formaciones Tupambi y Tarija.

La Formación Tupambi es esencialmente arenosa de tonalidades blanquecinas con intercalaciones de algunos niveles conglomerádicos y pelíticos. La Formación Tarija se apoya, concordantemente, sobre la Formación Tupambi. Corresponde a un espeso paquete sedimentario de diamictitas de color oscuro. Una característica de esta Formación es las intercalaciones de conglomerados con pelitas oscuras.

Mediante una discordancia se apoya sobre el grupo anterior una potente secuencia de materiales terciarios. Estos sedimentos, que tienen una gran extensión areal en las Sierras Subandinas pudiendo sobrepasar los 5000 metros de potencia, conforman la mayoría de los afloramientos en la zona. Los depósitos comienzan con los correspondientes a la Formación Tranquitas (Schlagintweit, 1938). Esta unidad está limitada por un contacto erosivo en su

base y neto en su techo. Litológicamente está compuesta por una arenisca de color gris claro a gris verdoso con abundante matriz y/o cemento calcáreo. Hacia su techo tiene intercalaciones de pelitas rojas.

Por encima de estos depósitos se asienta, de forma concordante, una potente secuencia denominada Terciario Subandino (Bonarelli, 1913), la cual se divide según su contenido tabáceo en Terciario Subandino Inferior, Medio y Superior. El Inferior consta de una secuencia de areniscas y limolitas arenosas de color rojizo pálido. El techo coincide con la presencia de tobas silicificadas de color gris a negro. El Terciario Subandino Medio, está formado por areniscas de color gris con intercalaciones de lutitas del mismo color. Y por último, el Terciario Subandino Superior se caracteriza por la presencia de conglomerados gruesos dispuestos sobre areniscas y lutitas arenosas asociadas a tobas blancas.

Dispuestos en forma discordante se hallan los depósitos asignados al Cuaternario. Estos sedimentos, en el sector serrano, se restringen a los lechos de las quebradas (en donde desarrollan muy poca potencia), y al sector de piedemonte donde la coalescencia de los conos aluviales conforma una extensa bajada aluvial, donde drenan los cursos de agua superficial hasta desembocar al río Bermejo. Estos depósitos están formados por sedimentos cuya granulometría varía desde rodados y gravas hasta arenas varicolores, castañas blanquecinas y rojizas.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

La localidad de Tres Morros no cuenta con un sistema de provisión y distribución de agua potable. La comunidad se abastece de la misma para el consumo humano acarreándola desde el arroyo Palmarito y realiza el acopio en bidones de 20 litros. El agua no es clorada en ninguna época del año. Todo a lo largo de este curso se encuentra al ganado vacuno pastando y bebiendo agua del arroyo. Siendo éste el factor de mayor incidencia en la contaminación orgánica del recurso. Hay pobladores que recolectan agua de los arroyos que drenan en la zona serrana ya que éstos se ubican a menor distancia de sus hogares.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia están conformados por el río Astillero, el arroyo Palmarito y por un segundo arroyo (los pobladores del lugar no le han dado nombre alguno y, a los fines de identificación, en el presente estudio se lo ha llamado arroyo Tres Morros). La localidad en estudio se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del arroyo Palmarito, 500 metros aguas arriba de la unión de este arroyo con el río Astillero y existe un desnivel de 65 metros entre el lecho del río y las viviendas. Si bien el caudal transportado por el arroyo es importante ($280 \text{ m}^3/\text{h}$), el agua de éste escurre sobre rocas terciarias en un valle profundo y de gran pendiente, factores que lo convierten en un curso de gran competencia en época estival transportando exceso en sólidos disueltos y carga de lecho. El arroyo Palmarito es de régimen permanente ya que el área de aporte está conformada por una cuenca de $1,180 \text{ km}^2$ de superficie y que el régimen de lluvias es muy alto, esto le confiere una buena capacidad de regulación de la cuenca.

El río Astillero es, también, de tipo permanente que en este sector fluye en dirección noroeste-sudeste hasta la desembocadura con el río Bermejo. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar una elevada torrencialidad, una elevada pendiente y gran capacidad de transporte. Se realizó un aforo en este río que arrojó un caudal de $750 \text{ m}^3/\text{h}$ en la segunda semana de junio de 1999.

El arroyo Tres Morros es tributario del arroyo Palmarito, desemboca en éste 605 metros aguas arriba de la escuela. Se trata de un curso fluvial permanente conformado por dos pequeñas quebradas que se unen antes de su desembocadura. El caudal aforado para la quebrada oriental es de $0,38 \text{ m}^3/\text{h}$, y la occidental de $0,92 \text{ m}^3/\text{h}$. Durante la época estival transporta sólidos disueltos, la exuberante vegetación y la formación de suelos actuarían como excelentes reguladores de la cueca.

4.2 *Agua Subterránea*

Durante los trabajos de campaña y luego de realizar el reconocimiento hidrogeológico se relevó el afloramiento más significativo de la zona, éste se encuentra en el sector de la naciente del arroyo Tres Morros. Este manantial de agua subterránea tiene su origen donde hay espesor de sedimentos aluviales saturados del cuaternario, de esta forma la

superficie piezométrica intercepta a la topográfica, y además se origina porque el basamento hidrogeológico está a escasa profundidad ocasionando una disminución en la superficie drenante y por consiguiente la elevación de la freática. Esta vertiente entrega agua durante todo el año y arrojó, en la segunda semana de junio de 1999, un caudal de 2,1 m³/h.

En el valle fluvial del río Astillero se realizó una prospección geoelectrica a la altura del camino de ingreso a la localidad. El resultado de ésta confirmó la presencia de un acuífero de 7 metros de espesor promedio, siendo ésto coherente con el ambiente geomorfológico e hidrogeológico del sector de estudio.

4.2.1 *Antecedentes*

En la zona en estudio no se registran antecedentes de estudios de fuentes.

Tampoco existen antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, la vertiente relevada en el presente estudio y el resultado de la prospección geoelectrica realizada en el valle fluvial del río Astillero son indicativos de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 *Estudio de Fuentes*

4.2.2.1 *Geoelectrica*

Con el propósito de establecer las propiedades eléctricas de los sedimentos, como así también el espesor de las facies sedimentarias susceptibles de albergar posibles niveles acuíferos, se realizó una prospección geoelectrica en la llanura de inundación del río Astillero.

El trabajo se efectuó con un equipo bicomensador de corriente continua con lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Se usaron electrodos de corriente de acero inoxidable y de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre. Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 200 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron cajas con baterías de 9 voltios que, interconectadas, alcanzan un valor máximo de 540 voltios. La prospección geoelectrica se llevó a cabo por el método del SEV (sondeo eléctrico vertical), con un dispositivo electródico tetrapolar Schlumberger de constante geométrica $K = \frac{\pi}{4} \left(\frac{AM \cdot AN}{MN} \right)$.

Las longitudes entre el centro de los sondeos y electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 65 metros.

Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 10 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogárptico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA y la ordenada a los de δ_a (resistividad aparente). La interpretación se realizó primeramente en forma manual a través de la comparación de la curva de campo empalmada, con los ábacos patrones de Orellana & Mooney (1966) y de van Dam & Meulenkamp (1969). A continuación los resultados de la interpretación manual fueron optimizados con programas de computación. El resultado final es un gráfico donde las marcas representan a los puntos de la curva de campo empalmada y la línea continua corresponde a la curva de interpretación optimizada que responde al modelo físico-matemático.

Se ejecutaron dos sondeos sobre la llanura de inundación del río Astillero, en el sector del ingreso a la localidad de Tres Morros. El SEV 1 se realizó a 20 metros de la ladera occidental de la quebrada del río Astillero (margen donde se halla asentada la población). El SEV 2 se ubicó a 20 metros del SEV 1 en dirección norte y a 22 metros del curso actual del río.

El modelo geoelectrico interpretado fue ajustado teniendo en cuenta el marco geológico existente. Los resultados obtenidos son los siguientes:

SEV 1 – Río Astillero.

Corte Geoelectrico	
<u>785</u>	1.87
<u>500</u>	3.3
<u>940</u>	5.3
<u>324</u>	13
2	

El corte geoelectrico muestra una sucesión de cinco electrocapas. La primera, muy resistiva (785 Ohm.m) y de 1.87 metros de espesor, interpretada como sedimentos fluviales, de granulometría gruesa asignadas al Cuaternario. A continuación se identificó un horizonte más conductivo respecto al anterior (500 Ohm.m) hasta los 3,3 metros de profundidad y que fue interpretado como los mismos sedimentos que le suprayacen, pero con intervención de fracciones más finas. Le sigue una capa muy resistiva (940 Ohm.m) que fue interpretada como los mismos materiales del río compuesta por gravas y rodados. A partir de este nivel, se detectó una electrocapa hasta los 13 metros de profundidad, interpretada como de sedimentos fluviales saturados. Esta capa representaría el nivel de interés hidrogeológico. Le sigue una capa conductiva que podría representar a las arcilitas terciarias que conforma el basamento hidrogeológico.

SEV 2 – Río Astillero.

Corte Geoeléctrico	
3754	0,5
845	1,6
577	4,7
393	11
10	

El corte geoeléctrico muestra una sucesión de cinco electrocapas. La primera, de 3754 Ohm.m se extiende hasta una profundidad aproximada de 0,5 metros. Esta secuencia es interpretada como sedimentos fluviales secos (rodados y gravas) asignadas al Cuaternario. Infrayaciendo se identificó una más conductiva que la anterior de 845 Ohm.m hasta los 1,6 metros de profundidad, interpretada como sedimentos fluviales compuestos por gravas y arenas secas.

Le infrayace una capa más conductiva de 577 Ohm.m, asignada a los mismos materiales fluviales pero con intervención de elementos más finos. Le infrayace una capa de menor resistividad identificada como el intervalo saturado que compone el nivel acuífero. A continuación se encuentra una electrocapa muy conductiva asignada a arcilitas terciarias que componen el basamento hidrogeológico.

4.2.2.2 *Hidroestratigrafía*

La población se encuentra sobre el faldeo oriental de las Sierras Subandinas en las proximidades del sector de transición con la Cordillera Oriental. El punto más alto de esta unidad orográfica, en la zona, es el cerro Tres Morros.

La comunidad se asentó en la quebrada del arroyo Palmarito, sobre terrazas aluviales depositadas a expensas de procesos de remoción en masa.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario eleva la región a su posición actual, generando un intenso tectonismo desplazando las estructuras a lo largo de fallas regionales.

La red de avenamiento está constituida por un sin número de quebradas profundamente encizadas que generan un relieve energético sobre rocas del carbonífero y del terciario que constituyen el basamento hidrogeológico. Las laderas de muy elevada inclinación, especialmente en el sector alto de la cuenca del río Astillero, unido a las características del clima imperante en la zona, crean las condiciones ideales para la generación de flujos densos, mayoritariamente de detritos, que conforman potentes depósitos de sedimentos cuaternarios restringidos a los valles fluviales y a las laderas de las quebradas. Después de la unión de los ríos Iruya, Astillero y Cañas se desarrolla una extensa llanura aluvial producto de la coalescencia de los distintos flujos de detritos que descienden de las numerosas quebradas. Los cursos de agua superficial han producido una intensa

diseción y aterrazamiento de las bajadas aluviales, las que se ven reflejadas en los distintos conos colgados que emergen de los valles.

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas terciarias y carbónicas que afloran en el sector serrano. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el periodo estival, debido a que su zona de recarga, en general, es demasiado pequeña para generar reservas suficientes que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Como consecuencia de esto, las mismas durante el período de estiaje no entregan caudal alguno. La manifestación de agua subterránea más significativa la constituye la vega que se encuentra en las nacientes del arroyo Tres Morros. Debido a que el origen de este manantial es un pequeño acuífero colgado, esta fuente entrega agua libre de sólidos inclusive en la época estival, además entrega agua durante todo el año y con caudales importantes para tratarse de una vertiente.

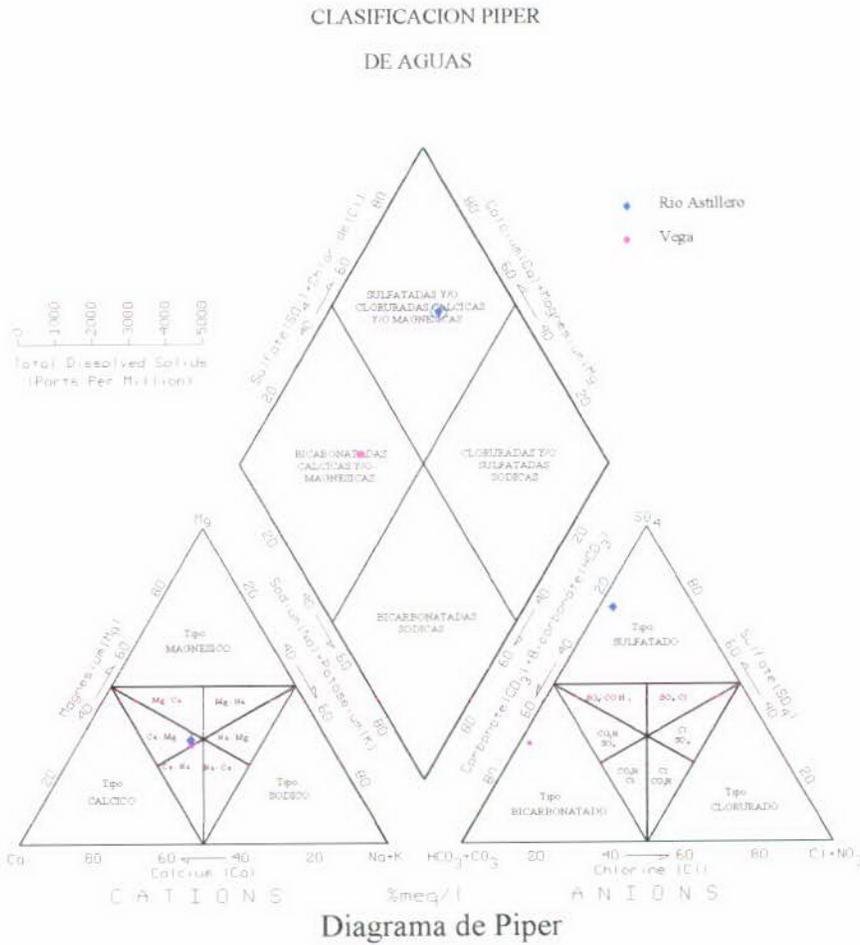
4.2.2.3 *Hidroquímica*

Se tomaron muestras de agua del río Astillero y de la vega ubicada en la naciente del arroyo Tres Morros.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 138,72 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 12 °C de temperatura para el río Astillero y los de la vega son: 29,6 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 10,6 °C de temperatura.

Los resultados de los análisis físico-químicos indican que el agua del río Astillero no presenta exceso en los parámetros analizados. En la muestra de la vega, el único valor por encima del límite aconsejado es el del hierro (0,35mg/lit). Con respecto a esto, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria expresa que la presencia de hierro en las aguas no tiene efecto de salubridad, si afecta al sabor y produce manchas indelebles en artefactos sanitarios y ropa blanca, por lo que el límite establecido para este parámetro, se basa no en razones del orden de la salubridad, sino de estética y detección del sabor. Sobre la base de todo lo expuesto se considera que las aguas del río Astillero y de la vega estudiadas son potables.

Los resultados de los análisis fueron graficados en un diagrama de Piper. El agua del río Astillero es sulfatada cálcica y la de la vega se clasifica como bicarbonatada cálcica magnésica.



4.2.2.4 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de Tres Morros se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta en la quebrada del arroyo Palmarito.

No se cuenta con antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero la presencia de vertientes dentro de las que se destaca la vega que se desarrolla en la ladera occidental de la quebrada del arroyo Tres Morros y los resultados de la prospección geoelectrica realizada en el valle fluvial del río Astillero, confirman la presencia de este recurso. La vega del arroyo Tres Morros es muy significativa desde el punto de vista de la calidad de agua, como así también desde el caudal entregado por ésta.

El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en los resultados de la prospección geoelectrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas estivales (lluvias y rocío). En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada parece ser favorable, ya que existen suelos desarrollados y abundante cobertura vegetal. Estos actuarían como reguladores de la infiltración, a pesar de las elevadas pendientes topográficas y extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (areniscas, lutitas y arcilitas). El poder regulador de los suelos y la vegetación se manifiesta en la permanencia del arroyo Tres Morros, el que posee una cuenca muy pequeña y más aún en la vega ubicada en sus nacientes la que le entrega a éste caudales importantes en relación a su pequeña área de recarga.

Una vez que el agua se infiltra en el álveo del río Astillero conforma un medio de circulación más para el almacenamiento, movimiento y alimentación del acuífero libre más importante de la zona de estudio. La prospección geoelectrica realizada en la playa de este río a la altura de la localidad, indica que en este sector la potencia del acuífero está en el orden de los 7 metros, donde la principal componente del flujo subterráneo y filetes paralelos coincide con la dirección de la esorrentia superficial.

En el sector de estudio los cursos fluviales más importantes son el río Astillero y el arroyo Palmarito, éstos han profundizado sus cauces disectando los conos de eyección que descienden de las numerosas quebradas, generando terrazas colgadas.

5 CONCLUSIONES

La localidad de Tres Morros en la actualidad no posee un sistema de abastecimiento de agua potable. El paraje se provee de agua para consumo acarreándola desde el arroyo Palmarito y Tres Morros. En el período estival la comunidad se traslada a otro paraje denominado Aguas Saplitas hasta mayo, mes en que regresan.

En el río Astillero es inviable la ejecución de una captación superficial. Si bien este río posee grandes caudales durante todo el año, su gran poder erosivo hace que la configuración de la llanura de inundación se modifique de manera abrupta amenazando la estabilidad de una captación de este tipo. Además, la captación debería ser acompañada con la construcción de una planta de tratamiento para la eliminación de los sólidos disueltos a fin de que el agua sea apta para el consumo humano. Por otro lado, este río posee un acuífero bien desarrollado conformado por el subálveo del mismo, el cual a la altura de la localidad de Tres Morros posee 7 metros de espesor promedio, el que podría ser explotado para el abastecimiento de agua para consumo humano a través de una captación subsuperficial. En este caso, el único inconveniente a superar sería el de elevar la columna de agua hasta la cota donde se halla asentada la localidad (la diferencia de cota entre la comunidad y el lecho del río es de aproximadamente 65 metros).

De las manifestaciones de agua subterránea relevadas en la zona, la única que puede entregar el caudal suficiente, calidad y permanencia para abastecer a la comunidad, es la vega que se halla en las nacientes del arroyo Tres Morros, ya que entrega agua libre de sólidos en suspensión todo el año y posee el caudal necesario para abastecer a la comunidad.

Sobre la base de todo lo dicho anteriormente, hay dos formas de explotación de este recurso: una sería realizar una captación superficial de la vega; este tipo de captación tiene como serio inconveniente que deberá ser protegida en la época estival del agua de escurrimiento no canalizada que desciende de las laderas de los distintos cerros; la segunda opción sería realizar una captación del tipo subsuperficial en el acuífero libre que la alimenta. En este sector existen condiciones geológicas e hidrológicas para proyectar un dren y a partir de allí realizar la conducción por gravedad a toda la localidad.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descripto y del trabajo de campaña realizado, se proponen las siguientes alternativas:

- Realizar una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en el álveo del río Astillero, en las inmediaciones de SEV 1, frente al camino de ingreso a la localidad por la playa de este río. En esta zona, las condiciones hidrogeológicas permiten la ejecución de una obra de estas características capaz de obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población Tres Morros. La realización de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación, como así también minimiza los efectos de erosión que posee el río sobre las obras de infraestructura que se interponen a su flujo natural.

En virtud de los resultados obtenidos, se aconseja fundar la futura obra a una profundidad mínima de 6 metros (o mayor si es posible), localizada en la inmediación del SEV 1 y que su disposición sea paralela al eje del río Iruya. La longitud de filtros deberá ser calculada en base a un ensayo de bombeo que se realizará para tal fin, el dren tendrá una pendiente media de por lo menos el 1% y el material prefiltrante que recubrirá la zona de admisión de agua, será de 0,5 metros de espesor como mínimo, el diámetro de éste estará en función de la granulometría del acuífero a la profundidad de fundación final.

El dren deberá contar con un tramo de conducción que desemboque en una cámara de carga construída en la ladera occidental de la quebrada a fin de poder anclarla y protegerla de las eventuales crecidas del río. Desde ésta una bomba deberá elevar la columna de agua hasta una cisterna para su posterior tratamiento y distribución domiciliaria.

- Construir una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en la vega ubicada en la cuenca del arroyo Tres Morros. Allí las condiciones hidrogeológicas permiten la ejecución de una obra de estas características, con la que se obtiene el caudal que satisface las demandas actuales de la población Tres Morros. La ejecución de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, se aconseja fundar la futura obra a una profundidad mínima de 1,5 metros, el dren tendrá una pendiente media del 1% y el material prefiltrante que recubrirá la zona de admisión de agua, será de 0,5 metros de espesor como mínimo, el diámetro de éste estará en función de la granulometría del acuífero a la profundidad de fundación final.

Desde el sector propuesto para la ejecución de la obra de captación hasta la escuela hay una diferencia de cota de 60 metros aproximadamente, lo que asegura el dominio topográfico de esta fuente con respecto a la comunidad.

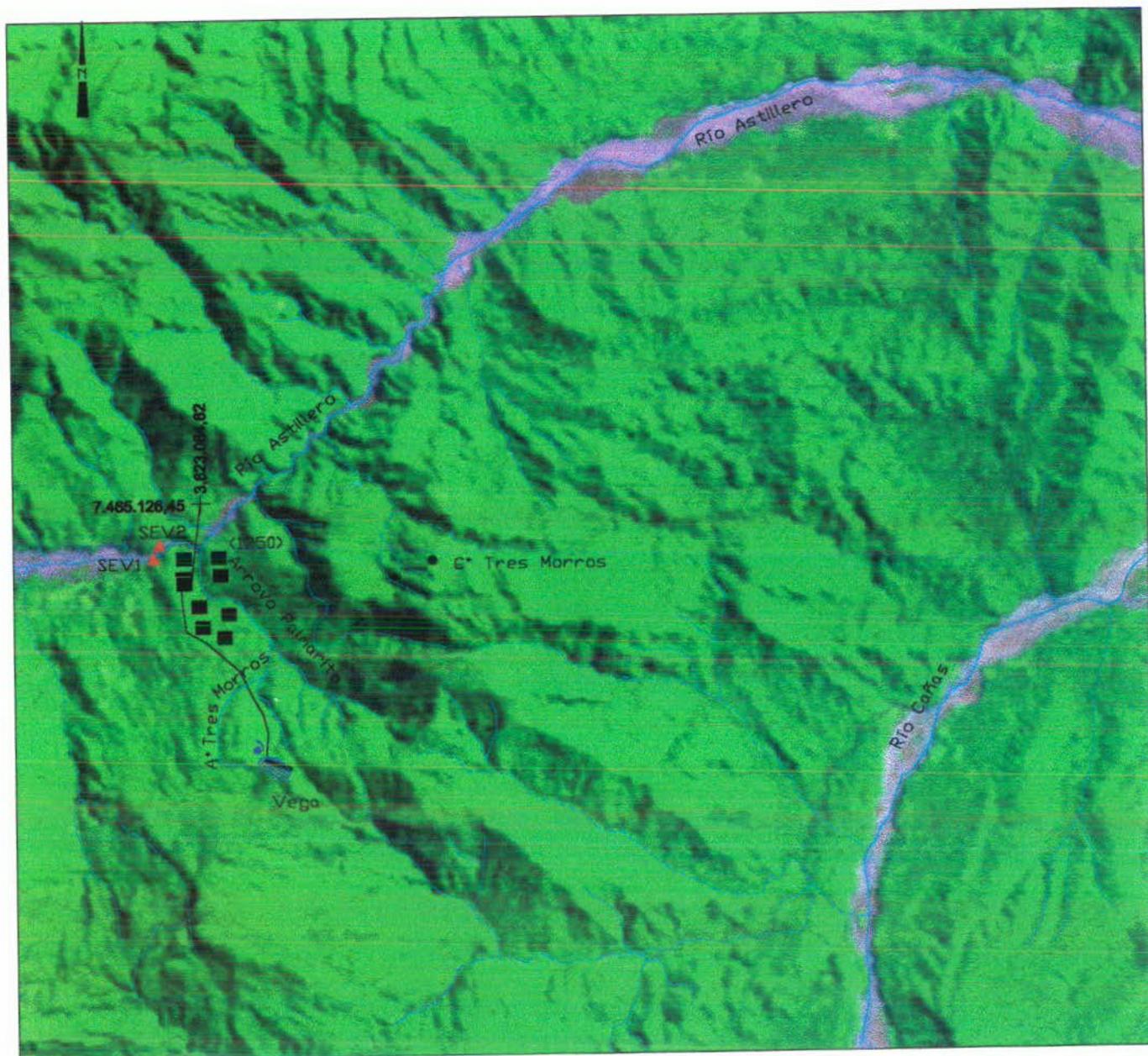
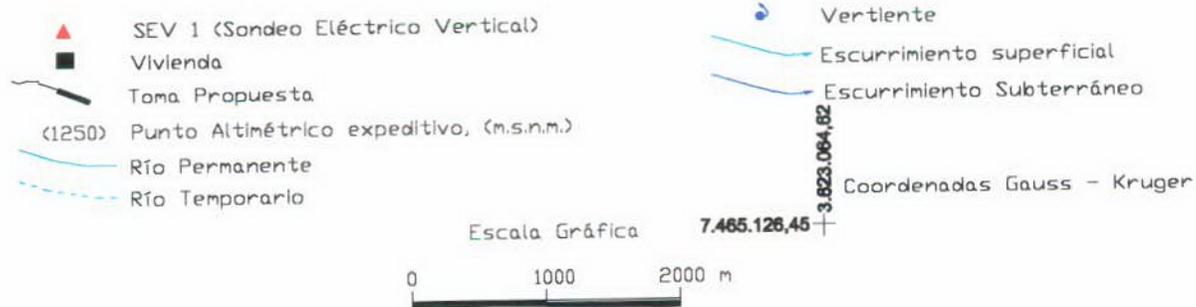
Cabe aclarar que esta última propuesta constituye la opción más conveniente para la realización de una obra de captación de agua, ya que ésta presenta condiciones hidrogeológicas favorables, desde el punto de vista de la estabilidad de la obra en el tiempo. También con respecto a los costos que demandaría la construcción de una obra de este tipo, ya que serán sensiblemente menores a los del dren en el álveo del río Astillero, el que deberá tener una profundidad de fundación mínima de 6 metros. Por último hay que tener en cuenta que los habitantes de esta localidad migran al paraje Aguas Saplitas desde diciembre a mayo.

7 ANEXOS

- Figura 1: Mapa de Ubicación General
- Figura 2: Mapa Hidrológico
- Figura 3: Mapa Geológico
- Figura 4: Perfil geoelectrico Río Astillero
- Planilla 1: Análisis físico-químico Río Astillero
- Planilla 2: Análisis físico-químico Vega
- Planilla 3: Sondeo Eléctrico Vertical 1 Río Astillero
- Planilla 4: Sondeo Eléctrico Vertical 2 Río Astillero
- Planilla 5: Computo estimativo del dren en la vega del arroyo Tres Morros
- Planilla 6: Presupuesto estimativo del dren en la vega del arroyo Tres Morro

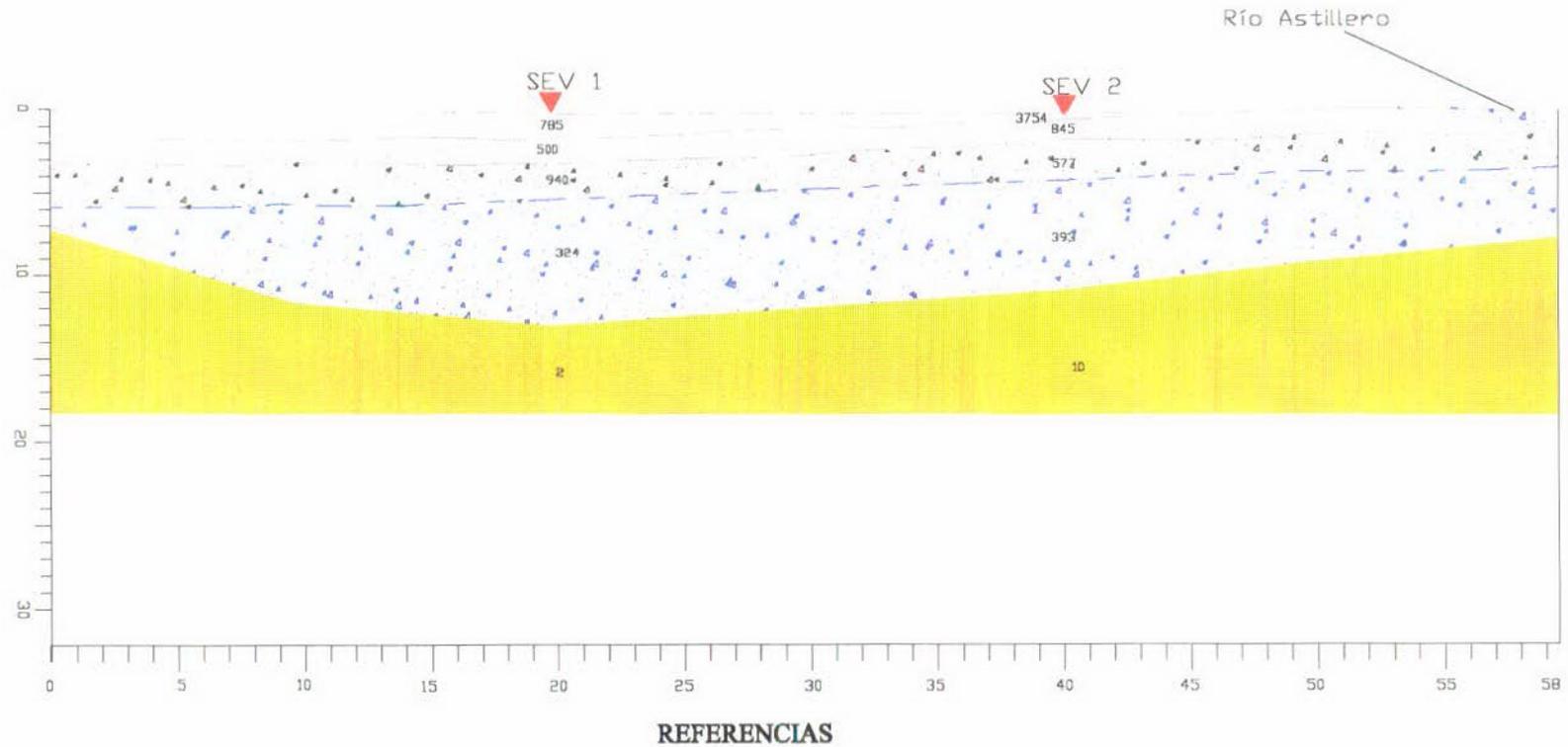
FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS



Río Astillero

FIGURA 4 - PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL S - N



146 Resistividad en ohm.m - - - Zona no saturada - - - Nivel acuífero Basamento hidrogeológico

Análisis Físico Químico
Río Astillero

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	200	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	35	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	114	200	500		
Color (U.C.)	3	5	10		
pH	5,5	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	2,4	5	2-25		
Conductividad (uS/cm)	289		2000		
Sodio	22				
Potasio	1				
Calcio	24				
Magnesio	13				250
Cloruros	4,2	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	42,7	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	115	200	400	2000	4000
Hierro total	0,06	0,1	0,2		
Manganeso	n.s.d	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	n.s.d				
Nitritos	0,01		0,1		10
Nitratos	2		45	1000	3000
Fluoruros	0,3	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Silice	.....			
Arsénico	<0,01	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	3,25				
Sumatoria Anione (meq/l)	3,21				
Error analítico	1,15	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

**Análisis Físico Químico
Vega Tres Morros**

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	52	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	34,5	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	408	200	500		
Color (U.C.)	9	5	10		
pH	7	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	7,7	5	2-25		
Conductividad (uS/cm)	74		2000		
Sodio	7,6				
Potasio	1,3				
Calcio	8,8				
Magnesio	4,4				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	42,09	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	16	200	400	2000	4000
Hierro total	0,35	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	0,04				
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Silice	.....			
Arsénico	n/d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	1,17				
Sumatoria Anione (meq/l)	1,05				
Error analítico	10,28	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

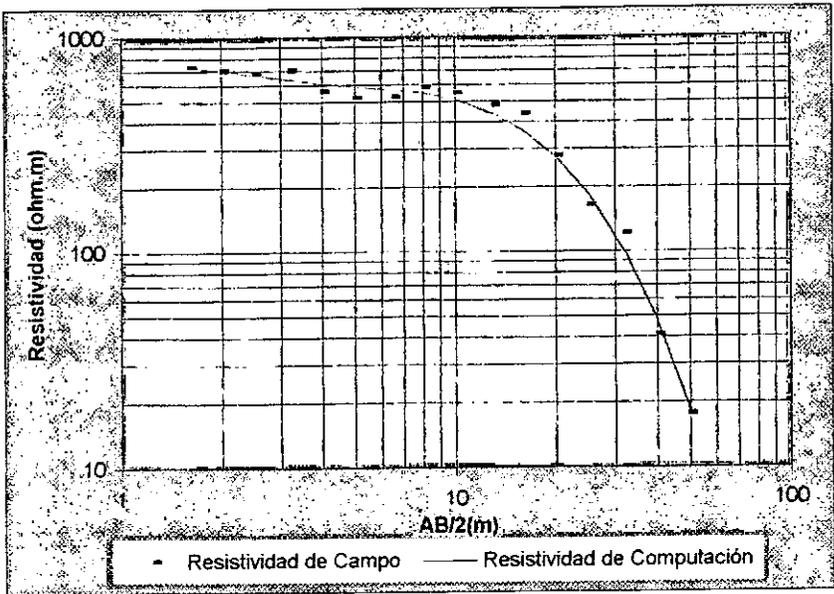
- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Geoeléctrica SEV 1
Río Astillero

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
1,187	1,187	785,932
3,303	2,116	500,059
5,375	2,072	940,925
13,52	8,145	324,261

2

Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1,6	731	730,394	-0,1
2	2	700	702,476	0,4
3	2,5	678	670,106	-1,2
4	3,2	700	635,081	-10,2
5	4	561	609,506	8
6	5	521	591,166	11,9
7	6,5	527	572,667	8
8	8	580	551,222	-5,2
9	10	548	512,45	-6,9
10	13	477	440,713	-8,2
11	16	438	366,166	-19,6
12	20	279	275,852	-1,1
13	25	163	185,549	12,2
14	32	121	100,465	-20,4
15	40	41	47,346	13,4
16	50	17,571	18,093	2,9

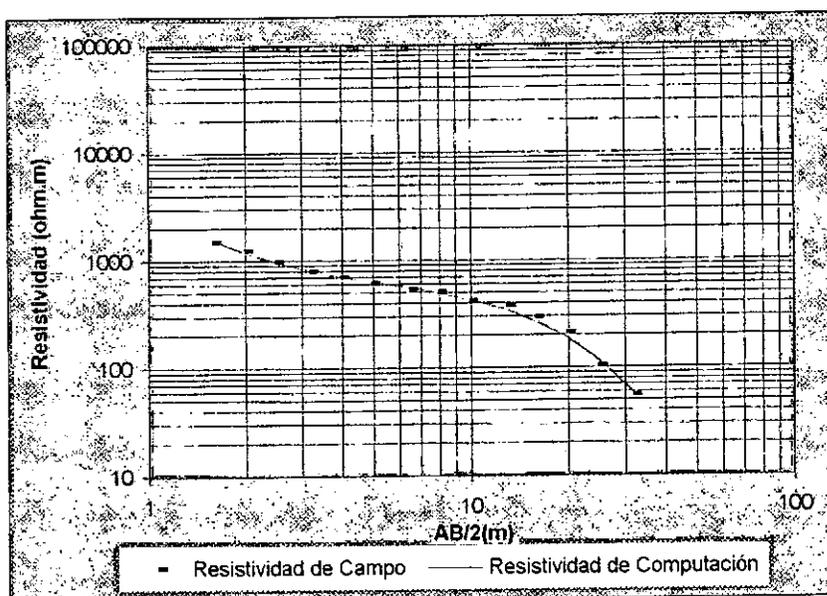


Geoelectrica SEV 2
Río Astillero

Profundidad (metros)	Esesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0,537	0,537	3754,555
1,679	1,142	845,139
4,47	2,791	577,741
11,022	6,552	393,992

10

Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1,6	1470	1507,614	2,5
2	2	1227	1178,68	-4,1
3	2,5	960	952,342	-0,8
4	3,2	785	793,543	1,1
5	4	700	698,113	-0,3
6	5	606	625,034	3
7	6,5	527	550,829	4,3
8	8	501	493,268	-1,6
9	10	417	427,517	2,5
10	13	371	341,599	-8,6
11	16	289	267,387	-8,1
12	20	209	186,669	-12
13	25	103	114,701	10,2
14	32	55	57,18	3,8



OBRA : Dren Subsuperficial Vega					
LOCALIDAD : TRES MORROS					
COMPUTOS ESTIMATIVOS					
ITEM	DESIGNACION DE LAS OBRAS	UNIDAD DE MEDIDA	DIMENSIONES	CANTIDADES	
				PARCIAL	TOTAL
RUBRO I					
1	a) Excavación de zanja a mano para colocación de filtros y cañería	m ³	5x2x1,5	15,00	15,00
	b) Excavación de zanja para construcción de cámara colectora	m ³	1x1x1	1,00	1,00
	c) Tapado y apisonado de zanja	m ³	5x2x1,5	15,00	15,00
RUBRO II					
2	a) Provisión de mano de obra y colocación de filtros R.C. y Cañería ciega de 8" de diámetro	m		2,00	2,00
	b) Provisión y colocación de material prefiltrante	m ³	5x2x1,5	15,00	15,00
	c) Provisión y colocación de juntas para unión de caños filtro - filtro y caño filtro caño ciego	gl		2,00	2,00
3	Provisión de mano de obra y materiales para la construcción de una cámara de carga	gl		1,00	1,00
4	OBRAS EXTRAORDINARIAS				
	a) Cerco perimetral con alambre romboidal en predio del dren	gl		1,00	1,00

OBRA : Dren Subsuperficial Vega LOCALIDAD : TRES MORROS COMPUTOS ESTIMATIVOS						
ITEM	DESIGNACION DE LAS OBRAS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE DE LAS OBRAS	
					PARCIAL	TOTAL
RUBRO I						
1	a) Excavación de zanja a mano para colocación de filtros y cañería	m ³	15,00	100,00	1500,00	
	b) Excavación de zanja para construcción de cámara colectora	m ³	1,00	25,00	25,00	
	c) Tapado y apisonado de zanja	m ³	15,00	5,50	82,50	1607,50
RUBRO II						
2	a) Provisión de mano de obra y colocación de filtros R.C. y Cañería ciega de 10" de diámetro	m	2,00	100,00	200,00	
	b) Provisión y colocación de material prefiltrante	m ³	15,00	160,00	2400,00	
	c) Provisión y colocación de juntas para unión caño filtro - filtro y caño filtro - caño ciego	gl	2,00	40,00	80,00	2680,00
3	Provisión de mano de obra y materiales para la construcción de una cámara de carga	gl	1,00	5000,00	5000,00	5000,00
4	OBRAS EXTRAORDINARIAS					
	a) Cerco perimetral con alambre romboidal en predio del dren	gl	1,00	2500,00	2500,00	2500,00

TOTAL**4287,50**

8 FOTOS

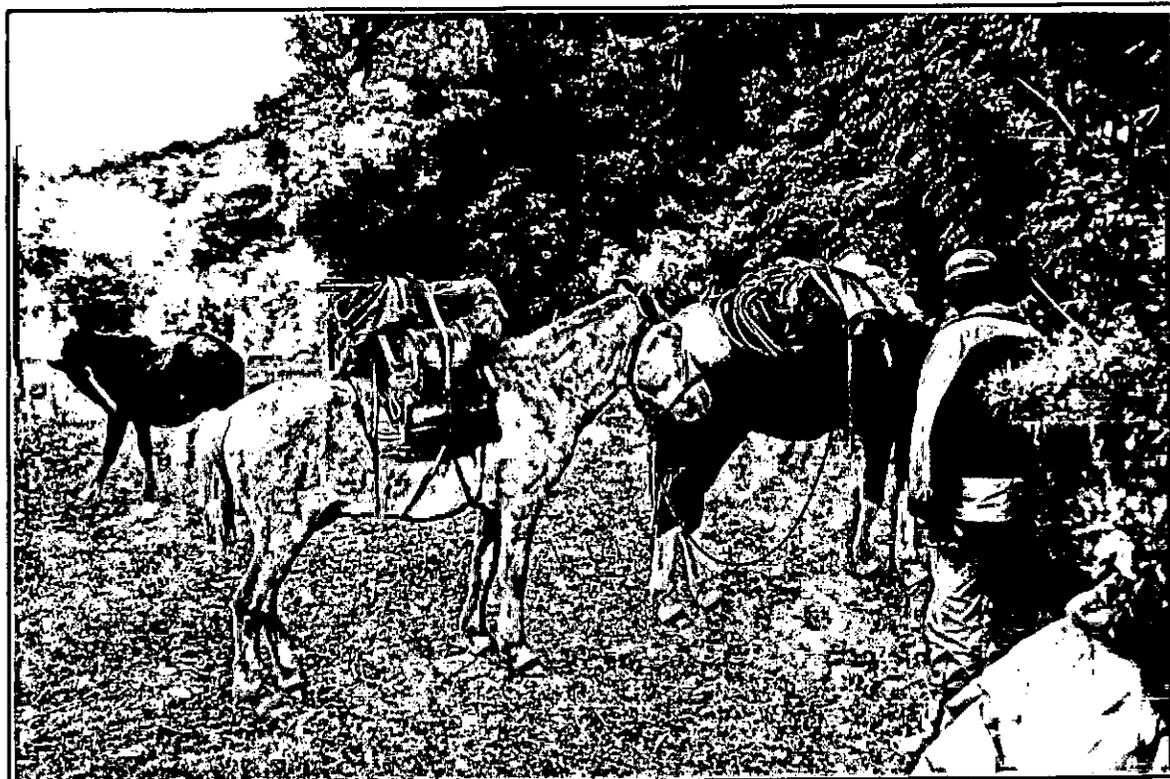


Foto1. Entrada a la localidad Tres Morros, cerca del SEV 1.

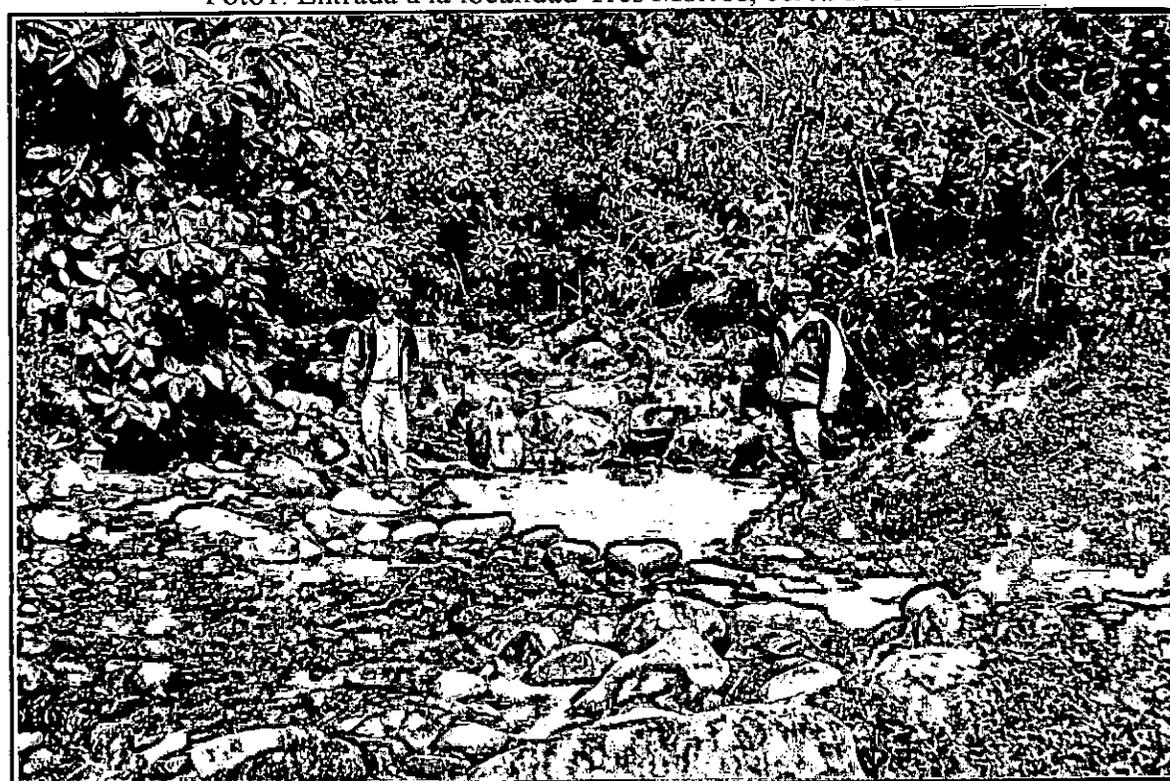


Foto 2. Vista del arroyo Palmarito.



Foto 3. Naciente del arroyo Tres Morros.



Foto 4. Vista de la vega ubicada en la naciente del arroyo Tres Morros.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

**- *SAN ANTONIO* -
*DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA***

Julio de 1999

INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1. *Localización*
- 1.2. *Síntesis Poblacional*
- 1.3. *Actividades Productivas*
- 1.4. *Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. *Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. *Hidrografía*
- 2.3. *Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL

4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

- 4.1. *Agua superficial*
- 4.2. *Agua subterránea*
 - 4.2.1. *Antecedentes*
 - 4.2.2. *Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1. *Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2. *Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.3. *Hidroquímica*
 - 4.2.2.4. *Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES

6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

7. ANEXOS

8. FOTOS

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de San Antonio se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss – Kruger correspondientes a esta localidad son: $X = 7.476.596,9$; $Y = 3.606.212,3$ y está situada a 1.505 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Desde esta última se continúa por la misma ruta hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca. Luego se debe transponer la sierra de Santa Victoria por el Abra del Cóndor (4000 m.s.n.m.) y después de 45 km se llega al pueblo de Iruya, desde allí se accede a la localidad de San Antonio a través de un camino de herradura de 32 km de longitud, que recorre la playa del río Iruya en dirección este.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de San Antonio tiene una población aproximada de 22 personas. La comunidad es propietaria de las tierras donde está asentado el paraje.

Las viviendas, en su mayoría, están construidas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Esta comunidad no posee escuela ni puesto sanitario. Los niños en edad escolar asisten a la escuela de la localidad de Higuera, allí se albergan de lunes a viernes, ya que la distancia que separa San Antonio de Higuera es aproximadamente de 18 km.

Debido a las intensas lluvias ocurridas durante la época estival, la comunidad migra desde el mes de diciembre hasta mayo a una paraje llamado El Tambo, ubicado aproximadamente a 10 km hacia el este sobre el sector serrano, y así, no quedan aislados por el río Iruya. En el paraje El Tambo pueden desarrollar durante estos meses actividades agrícolas y ganaderas. Allí, las viviendas construidas para vivir durante la época estival son más precarias aún que las de San Antonio. Algunas cuentan solamente con un habitáculo donde vive hacinada toda la familia.

1.3 *Actividades Productivas*

La economía se basa mayoritariamente en la agricultura y ganadería de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose zapallos, zanahorias, maíz, papas oca y lechuga. Los cultivos se realizan bajo riego y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria. También se dedican a la crianza de animales como ovejas, vacas y cabras.

1.4 *Saneamiento e Higiene*

La localidad es visitada por el agente sanitario Emilio Subelssa y el enfermero auxiliar Yamil Vargas del puesto sanitario de la localidad de Matancillas una vez por mes. Ellos realizan el diagnóstico y seguimiento sanitario de toda la población.

Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya y su traslado se realiza a lomo de burro ya que la localidad no posee caminos vehiculares que la comuniquen con el pueblo de Iruya.

En el verano el agente sanitario y el enfermero auxiliar deben trasladarse hasta el paraje El Tambo para poder realizar las visitas domiciliarias, ya que San Antonio queda despoblado en esta época del año.

Las enfermedades más comunes de la zona son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hidricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas.

2 **CARACTERIZACION FISICA**

2.1 *Clima, suelos, vegetación y fauna*

El clima imperante en esta comunidad es semiárido de montaña con precipitaciones del orden de los 400 mm anuales y una temperatura media anual de 14° C. Las temperatura mínimas extremas pueden alcanzar los -10 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. Ocurriendo precipitaciones sólidas en las cumbres del sector serrano, que superan los 5000 m.s.n.m., restringiéndose las precipitaciones líquidas a los sectores topográficamente más

deprimidos. Mientras que las temperaturas nocturnas descienden por debajo de 0 °C casi todo el año.

Las precipitaciones, son de carácter estacional y se concentran en el período estival, entre los meses de noviembre a marzo y provienen, predominantemente, del cuadrante este. En general son de mayor duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas, como las que acontecieron en el presente año, en el que se ha superado la media anual. El período de deficiencia se extiende desde marzo a noviembre con máximas en agosto-septiembre. El déficit hídrico medio, puede alcanzar hasta 400 mm anuales.

Los vientos húmedos que soplan del cuadrante este, se encuentran con la barrera orográfica de la Sierra de Santa Victoria, y se originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias a barlovento. Las masas de aire suelen presentarse como fuertes ráfagas de hasta 60 km/hora, utilizando como corredores a las abras y los profundos valles, como el del río Iruya en donde se halla asentada la localidad en estudio. Si bien no hay datos pluviométricos registrados para esta localidad, la vegetación es más abundante, lo que refleja un mayor aporte de agua precipitada.

La vegetación se encuentra enmarcada dentro de la provincia fitogeográfica Puneña (Cabrera, 1958). Su fisonomía es de estepa o de matorral arbustivo representado por la "tola" (*Parastrephia*), "tolilla" (*Fabiana densa*), combinada con pajonales en suelos más húmedos y basquecillos de "queñoa" (*Polylepis tomentalla*). Las especies características son el "añagua" (*Adesmia Horridiuscula*), "suncho" (*Vigueira Tucumanensis*), "cortadera" (*Cortadeira Speciosa*), "muña-muña" (*Satureja Parvifolia*) y varias especies de bracharis. También pastizales de "iro" (*Festuca sp Stipa sp.*) y "grama", (*Aristida Adscensionis* y *Aristida sp.*).

La fauna se halla representado por animales carnívoros como "zorros" (*Dusycicom*) y "pumas" (*Pumas Concolor*). Los roedores son muy abundantes, tales como ratas y ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se puede mencionar el cóndor, los "cuervos o jotes" (*Coragyps* y *Cathartes*), el "chimango" (*Milvago*), el "carancho" (*Polyborus*) y el "águila blanca" (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles, regosoles y fluvisoles. En las terrazas altas donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son pobremente desarrollados (debido fundamentalmente al clima imperante), con escaso contenido orgánico y muy permeables.

2.2 *Hidrografía*

La zona en estudio se halla enmarcada dentro de la cuenca del río Iruya, ubicada en la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse con su eje mayor orientado de norte a sur y cuya extensión es de 430 km de longitud (OEA, 1973).

La comunidad de San Antonio está asentada en la falda oriental de la Sierra de Santa Victoria. El punto más elevado del sector está representado por el Cerro Abra Grande. Esta unidad orográfica tiene rumbo preferencial Submeridiano. Aquí, el valle del río Iruya tiene rumbo transversal a esta unidad geológica pero sus afluentes principales son paralelos a esta dirección respondiendo al control litológico y estructural.

La red hidrográfica de la zona de estudio está integrada por los ríos Iruya y San Antonio. La dirección general de escurrimiento superficial es noroeste-sudeste.

Los cauces de los ríos San Antonio e Iruya drenan sus aguas en valles fluviales de 50 metros de ancho aproximadamente, poseen sus laderas subverticales debido a que erosionan sedimentitas precámbricas, cámbricas y ordovísicas con alto ángulo de buzamiento. Estos cursos de agua tienen mucha capacidad de transporte de sólidos lo que se traduce en el desarrollo de acuíferos en los sectores donde la configuración de lecho permite la depositación de sedimentación fluvial.

La comunidad se halla asentada en la confluencia de los ríos Iruya y San Antonio, siendo este último el tributario de mayor jerarquía del Iruya. Estos cursos de aguas superficiales son de régimen permanente con características torrenciales, que en la época estival transportan una importante carga de lecho y de sólidos en suspensión. Si bien la primera no se manifiesta en la época de estiaje la segunda es permanente durante todo el año, esto se ve reflejado en los análisis físico-químicos donde los valores de color y turbiedad exceden los límites de potabilidad.

2.3 *Geología Regional*

La zona estudiada se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur y en el área de estudio presentan rechazos considerables. La

estructura es el producto de varios ciclos diastróficos. El más importante de éstos es la orogenia Andica (mioceno), que fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual.

En el sector oriental, las rocas aflorantes son las más antiguas de la Cordillera Oriental, siendo éstas Precámbricas de la Formación Puncaviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfizados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado con esquistocidad bien marcada y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos dispuestas en bancos a veces potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes y se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora tanto en el sector occidental como en el oriental, en donde se lo encuentra expuesto debido a la presencia de fallas inversas de alto ángulo. Estas sedimentitas se disponen en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo que provienen de rocas precámbricas. A continuación se halla una sucesión de areniscas, de color blanco grisáceo, muy duras. Esta Formación se apoya discordantemente sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

La Formación Chalhualmayoc está integrada por areniscas silicificadas de color blanco y de grano mediano, semejantes en composición y estratificación a las areniscas de la Formación Lizoite. Como en las Formaciones anteriores, hay intercalaciones de estratos de lutitas verdes.

Sobre la Formación Puncoviscana (Precámbrico) y el Grupo Mesón (Cámbrico) se asientan, en discordancia angular, las rocas pertenecientes al Grupo Santa Victoria, y dentro de éste, las correspondientes a la Formación Santa Rosita asignadas al Ordovísico (Tremadociano). Esta Formación está constituida por un conglomerado basal de areniscas cuarcíticas de color violáceo pardusco, que tiene un espesor de 30 a 40 metros. Suprayaciendo a este conglomerado hay 10 metros de areniscas verdosas de grano fino a mediano, cubiertas a su vez, por lutitas de color verdoso a gris oscuro, con pocas

intercalaciones de lutitas areniscosas y bancos potentes de cuarcitas blancuzcas. En perfecta concordancia sobre los sedimentos de la Formación Santa Rosita, se apoya la Formación Acoite, compuesta por una sucesión monótona de lutitas y lutitas areniscosas, de verdosas a amarillentas verdosas, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color gris claro.

Discordantemente se disponen los depósitos asignados al cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: fanglomerados fluviales semi consolidados, que integran las terrazas altas y las gravas areno limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta 2 metros que componen el álveo del río Iruya.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

La localidad de San Antonio no cuenta con un sistema de provisión y distribución de agua potable. Esta localidad está integrada por tres viviendas, que originariamente se hallaban sobre las terrazas fluviales del río San Antonio, pero debido al gran poder erosivo de este río, los habitantes trasladaron el asentamiento aguas abajo, en las inmediaciones de la confluencia del San Antonio con el Iruya, lugar en donde las terrazas poseen mayor estabilidad.

Los habitantes se abastecen de agua de las numerosas vertientes que presenta el valle fluvial del río Iruya, ya que el agua del río Iruya como la del San Antonio transporta exceso de sólidos en suspensión durante todo el año.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 Agua Superficial.

En esta zona los cursos fluviales de mayor importancia están conformados por el río Iruya, y el San Antonio. La localidad en estudio se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del río Iruya, existiendo un desnivel de 25 metros entre el lecho del río y las viviendas. Si bien los caudales transportados por el Iruya y el San Antonio son muy importantes, el agua de estos dos ríos transporta exceso de sólidos disueltos durante todo el año, (ver análisis físico-químico).

El río Iruya es un curso de tipo permanente, que en este sector fluye en dirección noroeste - sudeste hasta la desembocadura con el río Bermejo. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar elevada torrencialidad, elevada pendiente y gran capacidad de transporte. Se realizó un aforo en este río, el cual arrojó un caudal de 930 m³/h en la tercera semana de mayo de 1999.

El río San Antonio es el tributario más importante del río Iruya en la zona y tiene sus nacientes en la ladera septentrional del cerro Rodeo. Esta fuente presenta limitaciones desde el punto de vista hidrogeológico, ya que se trata de un curso fluvial que transporta sólidos disueltos durante todo el año, si bien posee un gran caudal y es de régimen permanente a lo largo de todo el año, esto se debe a que posee una cuenca de gran superficie (área de aporte) que le confiere una excelente capacidad de regulación. El aforo realizado en este río promedió los 578 m³/h.

4.2 *Agua Subterránea*

Durante los trabajos de campaña y luego de realizar el reconocimiento hidrogeológico, se relevaron afloramientos de agua subterránea sobre el valle fluvial del río Iruya, a la altura de la localidad de estudio. Estos manantiales tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente; de esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica. También se pueden originar donde el basamento hidrogeológico se halla a escasa profundidad bajo el lecho del curso fluvial lo que ocasiona una disminución en la superficie drenante y por consiguiente la elevación de la freática. Estas vertientes son utilizadas por la comunidad para abastecerse de agua para consumo humano, pero las mismas se secan por completo en el periodo de estiaje.

En el sector que comprende la unión de los ríos Iruya y San Antonio se realizó una prospección geoelectrica, el resultado confirmó la presencia de un acuífero de más de 13 metros de potencia, siendo esto coherente con el ambiente geomorfológico e hidrogeológico del sector de estudio.

4.2.1 *Antecedentes*

Los únicos antecedentes de estudios de fuentes son los realizados en las localidades de Abra de Araguayoc, Pueblo Viejo, Campo Carrera, Campo La Cruz y Poscaya, (Guillermo Baudino, 1993) y el del pueblo de Iruya (Rodolfo García, 1997).

Si bien en la zona no existen antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las vertientes en el valle fluvial del río Iruya son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 *Estudio de Fuentes*

4.2.2.1 *Geoeléctrica*

Con el propósito de establecer las propiedades eléctricas de los sedimentos, como así también el espesor de las facies sedimentarias susceptibles de albergar posibles niveles acuíferos, se realizó una prospección geoeléctrica en la llanura de inundación del río Iruya.

El trabajo se efectuó con un equipo bicomensador de corriente continua con lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Se usaron electrodos de corriente de acero inoxidable y de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre. Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 200 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron cajas con baterías de 9 voltios que, interconectadas, alcanzan un valor máximo de 540 voltios. La prospección geoeléctrica se llevó a cabo por el método del SEV (sondeo eléctrico vertical), con un dispositivo electródico tetrapolar Schlumberger de constante geométrica $K = \Pi ((AM \cdot AN) / MN)$.

Las longitudes entre el centro de los sondeos y electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 65 metros.

Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 10 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogarítmico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA y la ordenada a los de δ_a (resistividad aparente). La interpretación se realizó, en primera instancia, en forma manual a través de la comparación de la curva de campo empalmada con los ábacos patrones de Orellana & Mooney (1966) y de Van Dam & Meulenkamp (1969). A continuación los resultados de la interpretación manual fueron optimizados con programas de computación. El resultado final es un gráfico donde las marcas representan a los puntos de la curva de campo empalmada y la línea

continua corresponde a la curva de interpretación optimizada que responde al modelo fisico-matemático.

Se ejecutaron dos sondeos sobre la llanura de inundación del río Iruya, en el sector de confluencia de éste con el río San Antonio. El SEV 1 se realizó a 30 metros de la terraza donde está emplazada la comunidad de San Antonio. En este sector se interdigitan los sedimentos fluviales de los ríos Iruya y San Antonio. El SEV 2 se ubicó a 30 metros del SEV 1 en dirección noroeste.

El modelo geoelectrico interpretado fue ajustado teniendo en cuenta el marco geológico existente. Los resultados obtenidos son los siguientes:

SEV 1 – Río Iruya.

Corte Geoelectrico	
787	0,20
205	13,6
130	

El corte geoelectrico muestra una sucesión de tres electrocapas. La primera, muy resistiva (787 Ohm.m) y de 0,20 metros de espesor, interpretada como sedimentos fluviales, de granulometría gruesa asignados al cuaternario. A continuación se identificó un horizonte más conductivo respecto al anterior (205 Ohm.m) hasta los 13,6 metros de profundidad y que fue interpretado como los mismos sedimentos que le suprayacen, pero saturados. Le sigue una capa de menor resistividad (130 Ohm.m) que fue interpretada como sedimentitas ordovísicas, éstas afloran por debajo de los sedimentos aluviales que conforman las terrazas en donde se asienta la localidad en estudio.

SEV 2 – Río Iruya.

Corte Geoelectrico	
202	2,5
146	26,30
36	

El corte geoelectrico muestra una sucesión de tres electrocapas. La primera, de (202 Ohm.m) se extiende hasta una profundidad aproximada de 2,5 metros. Esta secuencia es interpretada como sedimentos fluviales secos (gravas con matriz arenosa) asignados al cuaternario. Infrayaciendo se identificó una capa más conductiva que la anterior de 146 Ohm.m hasta los 26,3 metros de profundidad, interpretada como sedimentos fluviales saturados. Le infrayace una capa muy conductiva de 36 Ohm.m, asignada a sedimentitas ordovísicas, que componen el basamento hidrogeológico.

4.2.2.2 Hidroestratigrafía

La zona en estudio se encuentra sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria. El punto más alto de esta unidad orográfica, en este sector, es el cerro Abra Grande y se extiende en sentido submeridional.

La comunidad se asentó en la quebrada del río Iruya, sobre terrazas aluviales, depositadas a expensas de procesos en remoción en masa.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario eleva la región a su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios tienen una gran distribución areal y en ellos pueden reconocerse, por lo menos, tres ciclos morfogenéticos. En el primero, debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana, del Grupo Mesón asignado al Cámbrico y del Grupo Santa Victoria pertenecientes al Ordovísico. El segundo ciclo se caracterizó por un predominio de la acumulación sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales. En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, la erosión fluvial es el proceso dominante y como consecuencia, el río Iruya ha deprimido su nivel de base produciendo una intensa disección y aterrazamiento de las bajadas aluviales, la que se ve reflejada en los distintos conos colgados que emergen de los valles.

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas precámbricas, cámbricas y ordovísicas que afloran en el sector serrano de la zona. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen, sólo entregan agua durante el período estival debido a que su zona de recarga, en general, es demasiado pequeña para generar reservas suficientes, que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Como consecuencia, las mismas durante el período de estiaje no entregan caudal alguno. Las manifestaciones de agua subterránea más significativa las constituyen los manantiales ubicados sobre el valle fluvial del río Iruya. Los mismos tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente (control topográfico) y por otro lado existe un control litológico de las rocas del basamento hidrogeológico que está a menor profundidad; de esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, produciéndose una superficie de drenaje (vertientes). Estas no son estables y van cambiando su posición en el tiempo, en función de la nueva configuración de lecho, esto se debe a la gran capacidad de transporte de carga de arrastre que posee este río. En el período de estiaje estas vertientes desaparecen por completo al deprimirse el nivel estático del acuífero conformado por el subálveo del río Iruya.

4.2.2.3 *Hidroquímica*

Se tomaron muestras de agua en los ríos Iruya y San Antonio.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 201 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 10,2 °C de temperatura para el río Iruya. Los del río San Antonio son: 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 6 °C de temperatura.

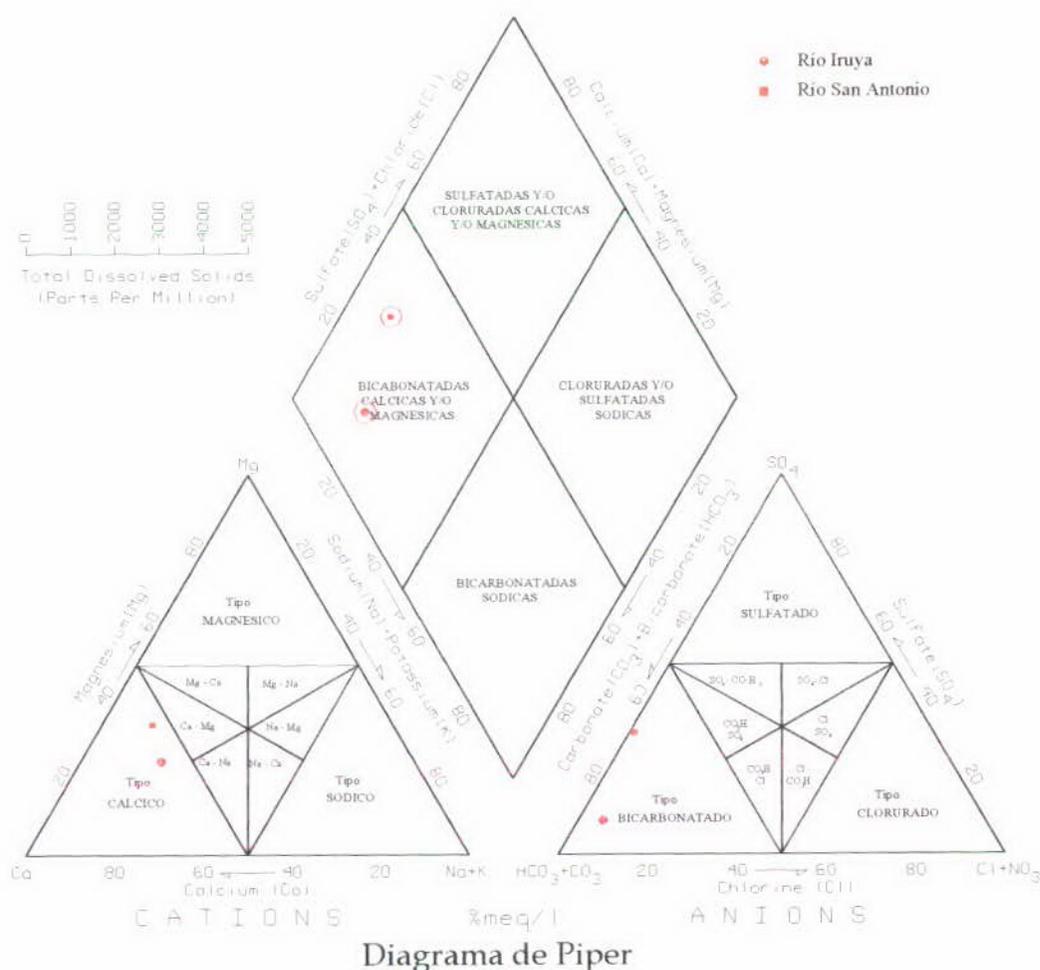
Los resultados de los análisis físicos-químicos indican que el agua del río Iruya y del San Antonio presentan en exceso color y turbiedad, los demás parámetros analizados poseen valores aceptables para el consumo humano.

El centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1992), aconseja no consumir aguas con índices de color alto, debido a que éste puede tener su origen en materias orgánicas disueltas y coloidales o enmascarar a éstas si la turbiedad es de origen mineral, basándose en que la aplicación del cloro como desinfectante en presencia de materia orgánica puede generar compuestos orgánico-clorados que han tenido efectos cancerígenos en animales. Por lo tanto, a estas aguas no se las considerará potables hasta que no sean tratadas a fin de eliminar todos los sólidos en suspensión.

Los resultados de los análisis fueron graficados en un diagrama de Piper. El agua del río Iruya y del San Antonio es clasificada como bicarbonatada cálcica. La tipología de las aguas analizadas sigue el patrón normal de evolución geoquímica, que puede ser expresado de la siguiente forma:



Las aguas muestreadas pertenecen a una misma familia (bicarbonatadas), y se hallan en los primeros estadios de la evolución (bicarbonatada cálcica), siendo esto coherente desde el punto de vista geoquímico.



4.2.2.4 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de San Antonio se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta después de la confluencia de los ríos Iruya y San Antonio.

No se cuenta con antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero las vertientes de la zona, si bien no son significativas son la prueba irrefutable de que este recurso existe desde el punto de vista cualitativo.

El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en los resultados de la prospección geoelectrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal.

En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (areniscas, lutitas, pizarras y esquistos), al escaso a nulo desarrollo de suelos, la escasez de cobertura vegetal y la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo.

En el sector de estudio, los cursos fluviales más importantes son el río San Antonio e Iruya, éstos han profundizado sus cauces disectando los conos de eyección que descienden de las numerosas quebradas, generando terrazas colgadas. De esta manera, sólo es posible esperar la formación de yacimientos de agua con la reserva suficiente para tener capacidad de regulación durante todo el año, en el acuífero formado por el subálveo del río Iruya. La prospección geoelectrica realizada en la playa de este río, a la altura de la localidad en estudio, indica que en este sector la potencia del acuífero está en el orden de los 13 metros en el SEV 1 y de los 24 en el SEV 2. Este resultado es coherente debido a que el SEV 1 se halla en las proximidades del límite del valle fluvial y el SEV 2 se encuentra más cerca del eje del mismo, en donde se hallan los máximos espesores de relleno fluvial. Los análisis físico-químico del agua superficial del río Iruya y del San Antonio presentan exceso en color y turbiedad, esto indica que de realizarse una captación superficial de este río, el agua deberá ser tratada para eliminar los sólidos disueltos a fin de que sea potable.

5 CONCLUSIONES

La localidad de San Antonio, en la actualidad, no posee un sistema de abastecimiento de agua potable. El paraje se provee de agua para consumo desde las vertientes que afloran en el valle fluvial del río Iruya hasta que se secan durante la época de estiaje, luego no les queda otra alternativa que consumir agua del río Iruya o del San Antonio. En el período estival la comunidad se traslada a otro paraje denominado El Tambo. Allí habitan hasta mayo, mes en que regresan y pueden aprovechar las vertientes por un par de meses más hasta que su caudal se deprime totalmente.

En el río Iruya es inviable la ejecución de una captación superficial. Si bien este río posee grandes caudales durante todo el año, su gran poder erosivo hace que la configuración de la llanura de inundación se modifique de manera abrupta amenazando la estabilidad de una captación de este tipo. Además, la captación debería ser acompañada con la construcción de una planta de tratamiento para la eliminación de los sólidos disueltos a fin de que el agua sea apta para el consumo humano. Por otro lado, este río posee un acuífero bien desarrollado conformado por el subálveo del mismo, el cual a la altura de la localidad de San Antonio posee 13 metros de espesor como mínimo, el que podría ser explotado para el abastecimiento de agua para consumo humano a través de una captación subsuperficial. En este caso, el único inconveniente a superar sería el de poder elevar la columna de agua hasta la cota donde se halla asentada la localidad. La diferencia de cota entre la comunidad y el lecho del río es de aproximadamente 25 metros.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

De acuerdo al marco general descripto y al trabajo de campaña realizado, se propone la siguiente alternativa:

- Realizar una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en el álveo del río Iruya, en el sector de la playa a la altura de la localidad y donde se interdigitan los sedimentos de los ríos Iruya y San Antonio. En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes permiten la ejecución de una obra de estas características, con la cual se puede obtener el caudal necesario para satisfacer las demandas actuales de la población de San Antonio. La ejecución de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación, como así también minimiza los efectos de erosión que posee el río sobre las obras de infraestructura que se interponen a su flujo natural.

En virtud de los resultados obtenidos, se aconseja fundar la futura obra a una profundidad mínima de 4 metros (o mayor si es posible), localizada en las inmediaciones del SEV 2 y que su disposición sea paralela al eje del río Iruya. La longitud de filtros deberá ser calculada en base a un ensayo de bombeo que se realizaría para tal fin. El dren tendrá una pendiente media del 1% y el material prefiltrante que recubrirá la zona de admisión de agua, será de 0,5 metros de espesor como mínimo, el diámetro de éste estará en función de la granulometría del acuífero a la profundidad de fundación final.

El dren deberá contar con un tramo de conducción que desemboque en una cámara de carga la que deberá ser construída en la base de las terrazas aluviales donde afloran rocas ordovísicas a fin de poder anclarla y protegerla de las eventuales crecidas del río. Desde ésta, una bomba deberá elevar la columna de agua hasta una cisterna para su posterior tratamiento y distribución domiciliaria.

7 ANEXOS

- Figura 1: Mapa de Ubicación General
- Figura 2: Mapa Hidrológico
- Figura 3: Mapa Geológico
- Figura 4: Perfil geoelectrico – Río Iruya
- Planilla 1: Análisis fisico-químico Río Iruya
- Planilla 2: Análisis fisico-químico Río San Antonio
- Planilla 3: Sondeo Eléctrico Vertical 1 Río Iruya
- Planilla 4: Sondeo Eléctrico Vertical 2 Río Iruya

FIGURA 1 - PLANO DE UBICACION GENERAL

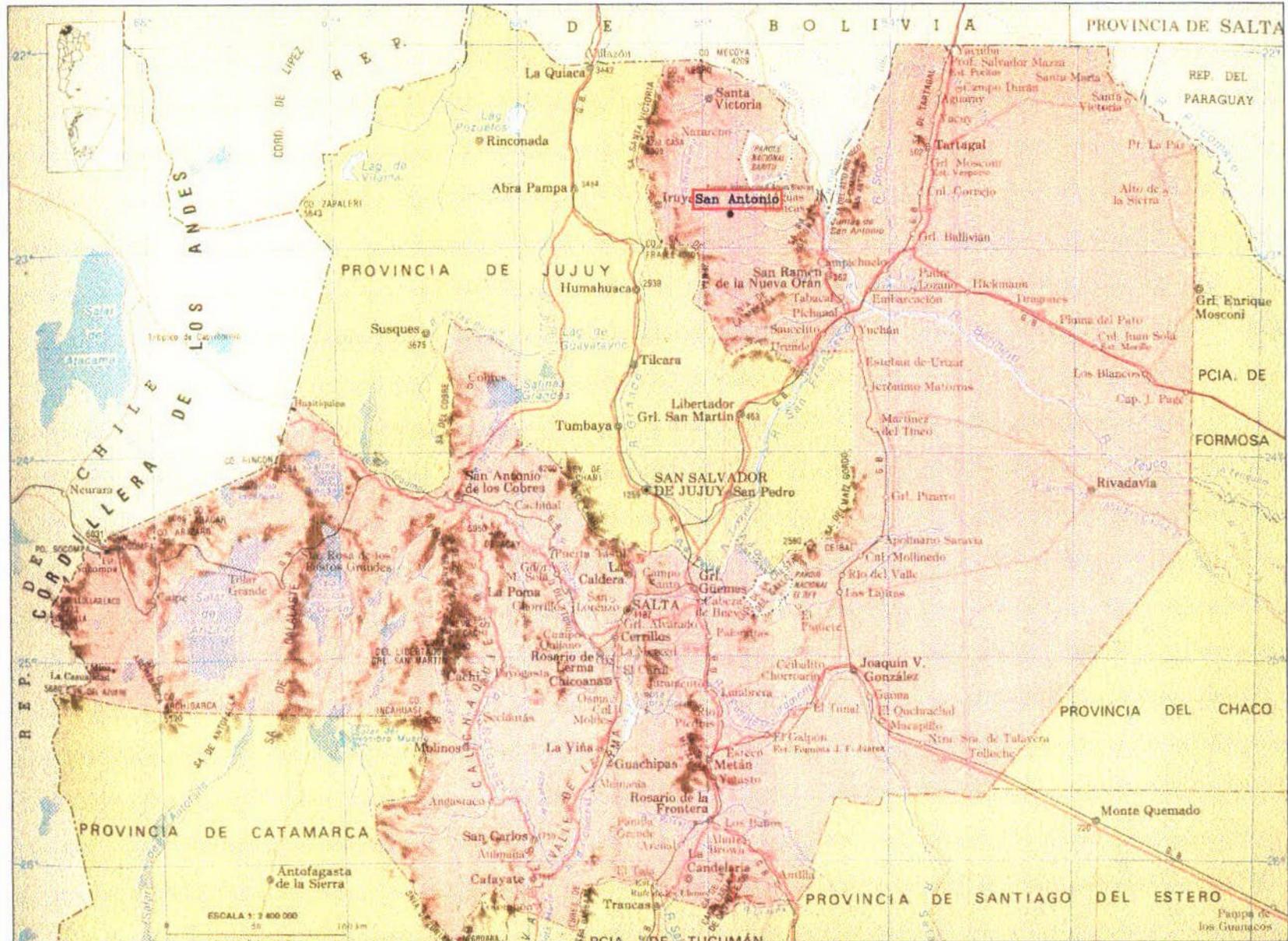
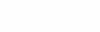


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

-  SEV 1 (Sondeo Eléctrico Vertical)
-  Vivienda Desocupada
-  Vivienda
-  Toma Propuesta
-  (1505) Punto Altimétrico expeditivo, (m.s.n.m.)
-  Río Permanente
-  Río Temporario
-  Vertiente
-  Escurrimiento superficial
-  Escurrimiento Subterráneo

7.476.596,9 | 3.606.212,3 | Coordenadas Gauss - Kruger

Escala Gráfica

0 1000 2000 m

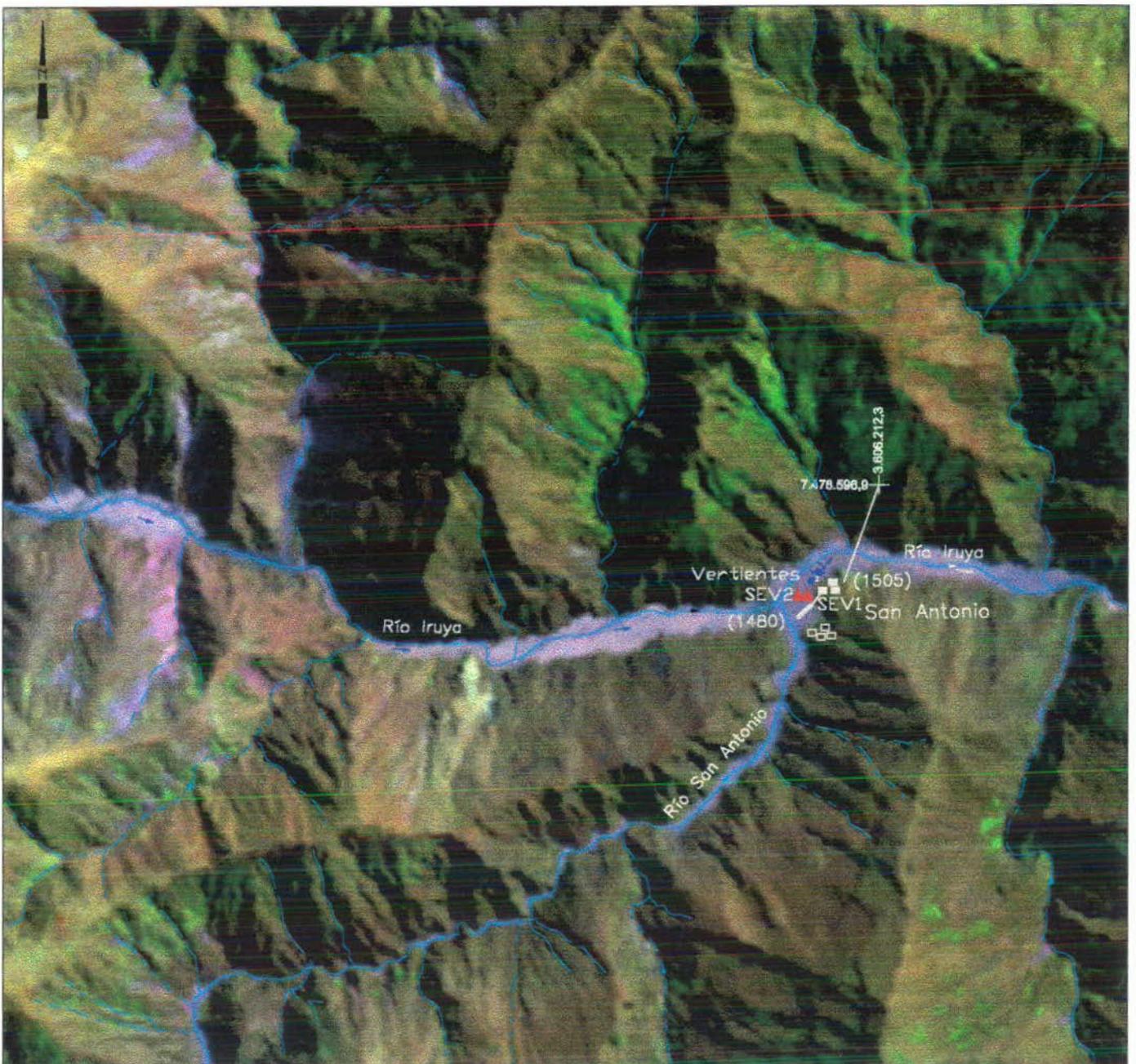
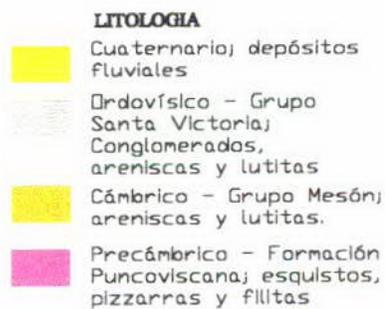
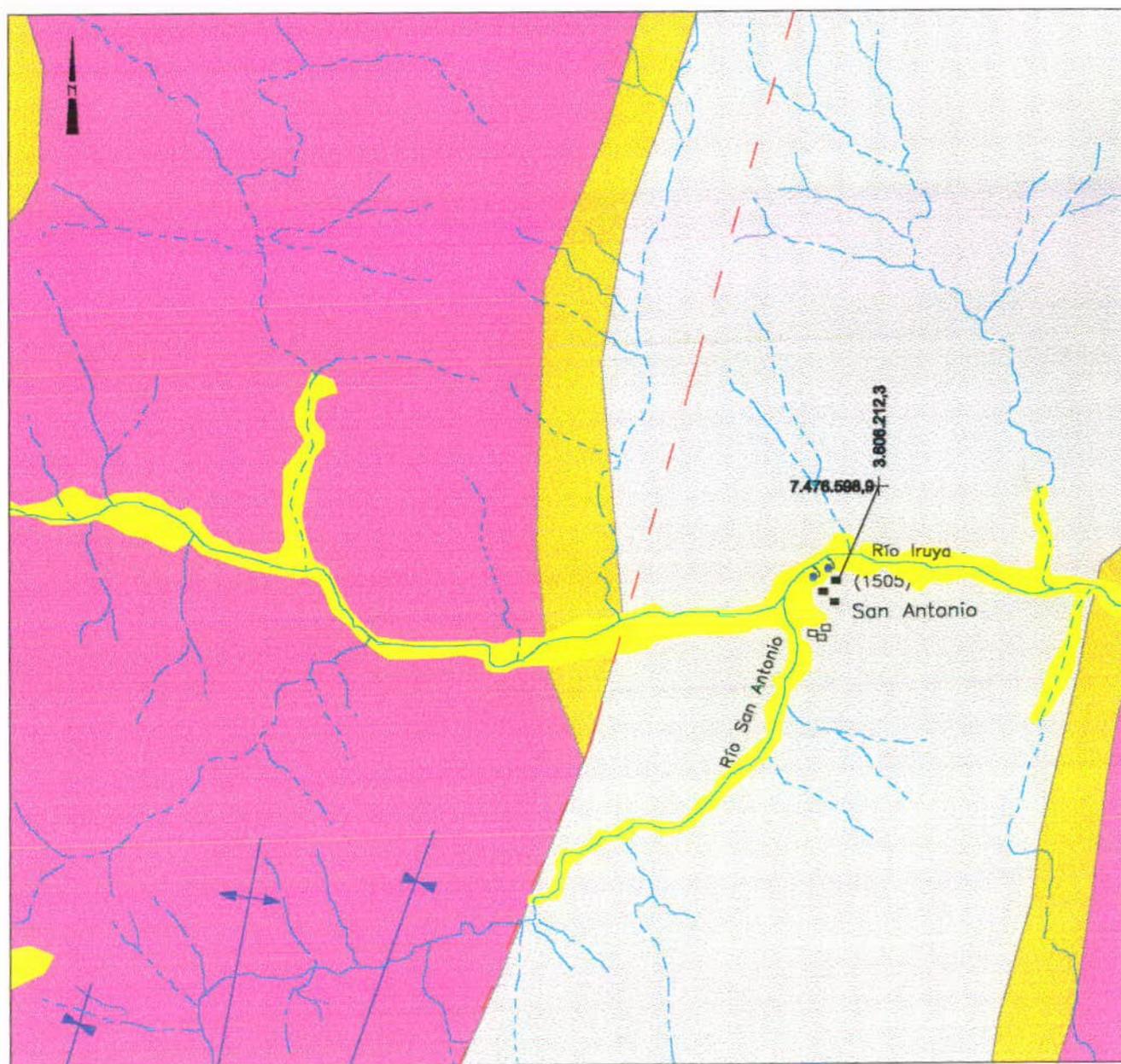


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS

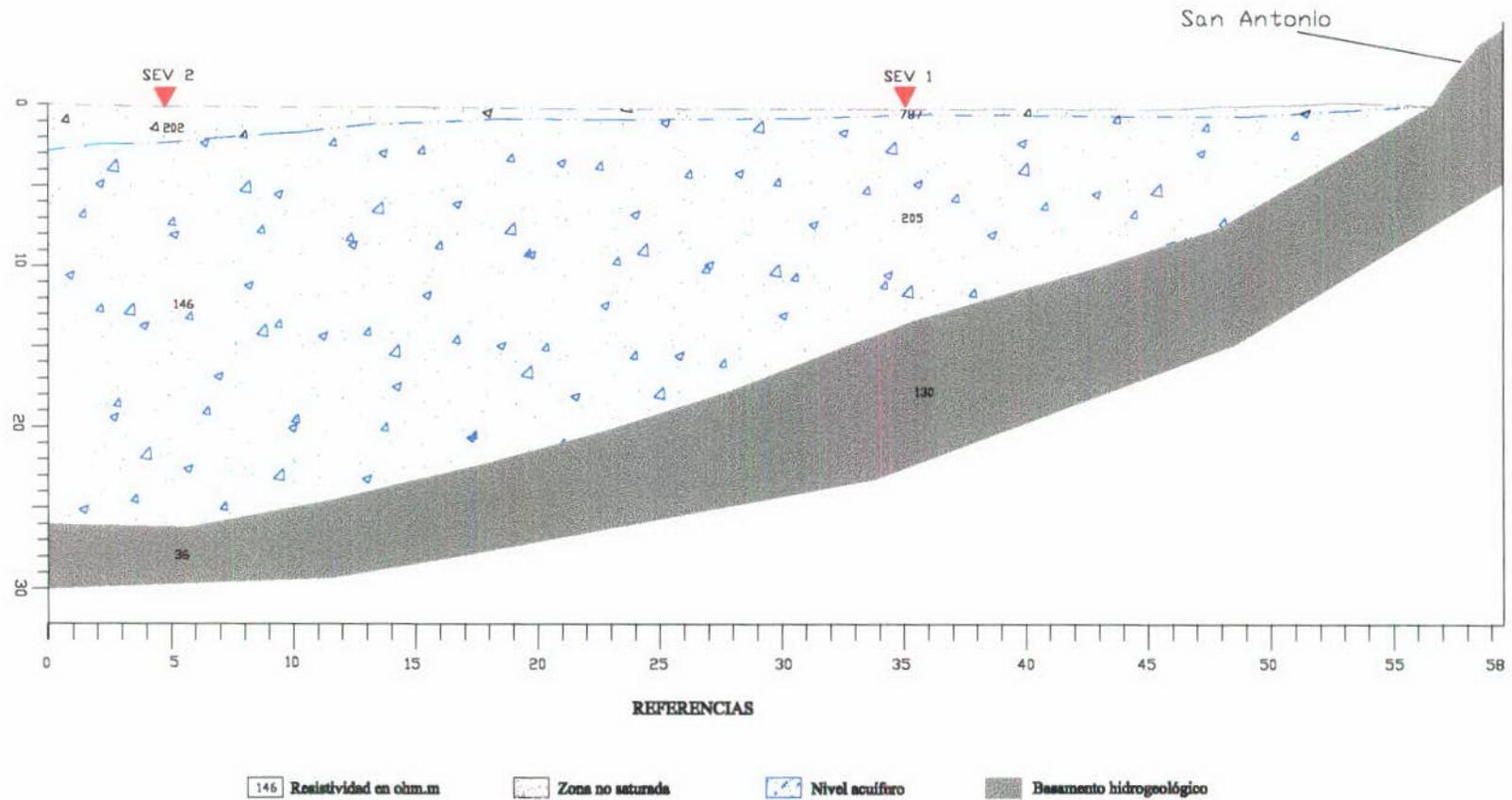


Escala Gráfica



Río Iruya

FIGURA 4 - PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL NO - SE



Análisis Físico Químico
Río Iruya

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	185	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	143	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	150	200	500		
Color (U.C.)	18	5	10		
pH a 25 °C	7,2	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	26	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	283		2000		
Sodio	14				
Potasio	2,2				
Calcio	42				
Magnesio	11				250
Cloruros	6,4	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	174,46	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	15	200	400	2000	4000
Hierro total	0,4	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	3,67				
Sumatoria Aniones (meq/l)	3,35				
Error analítico	8,95	4	8		
Potabilidad	No Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Río San Antonio

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	180	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	108	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	160	200	500		
Color (U.C.)	26	5	10		
pH a 25 °C	7,6	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	360	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	265		2000		
Sodio	8				
Potasio	2,6				
Calcio	39				
Magnesio	15				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	131,76	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	50	200	400	2000	4000
Hierro total	9,2	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	3,59				
Sumatoria Aniones (meq/l)	3,23				
Error analítico	10,73	4	8		
Potabilidad	No Potable				

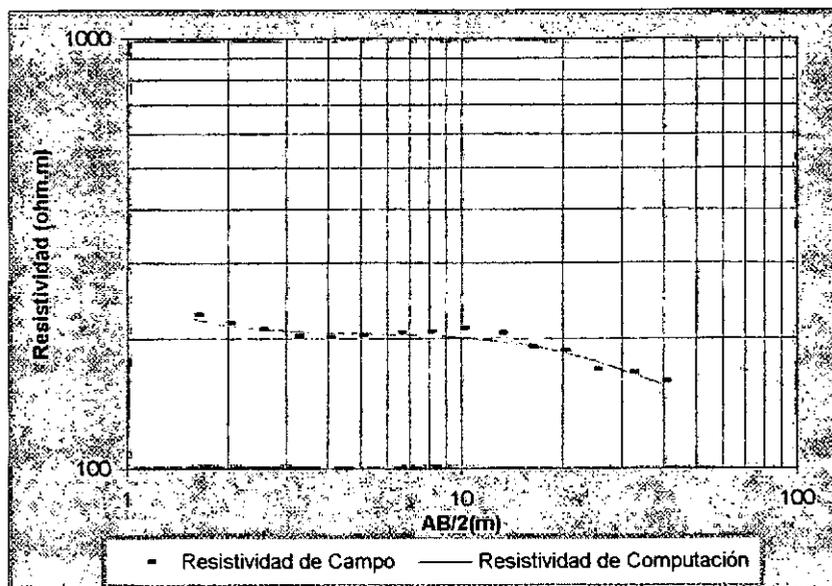
Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Geoeléctrica SEV 1
Río Iruya

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0.242	0.242	787.962
13.663	13.421	205.443
		130.031

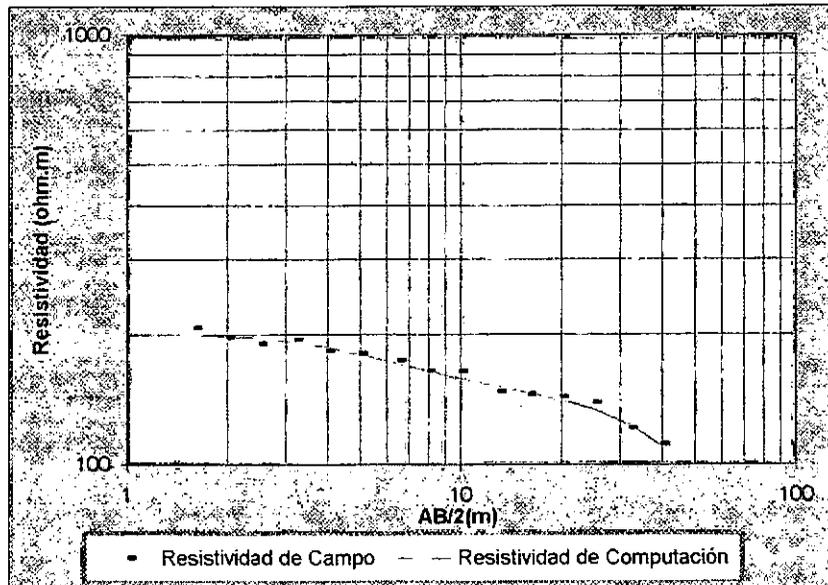
Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1.6	228	223,052	-2.2
2	2	218	215,373	-1.2
3	2.5	210.4	211,312	0.4
4	3.2	203	208,776	2.8
5	4	201.37	207,34	2.9
6	5	203.3	206,277	1.4
7	6.5	206.3	205,097	-0.6
8	8	208	203,913	-2
9	10	211	202,02	-4.4
10	13	206	198,334	-3.9
11	16	191.6	193,756	1.1
12	20	188	186,823	-0.6
13	25	170	177,914	4.4
14	32	167	166,726	-0.2
15	40	159	156,844	-1.4



Geoeléctrica SEV 2
Río Iruya

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
2,576	2,576	202,234
26,386	23,81	146,065
		36,113

Número	AB/2	Resistividad	Resistividad	Error. %
		de Campo	Computación	
1	1,6	208	200,558	-3,7
2	2	197	199,201	1,1
3	2,5	191	196,919	3
4	3,2	195	192,873	-1,1
5	4	184	187,584	1,9
6	5	181	180,878	-0,1
7	6,5	174	172,021	-1,2
8	8	165	165,149	0,1
9	10	164	158,578	-3,4
10	13	147	152,075	3,3
11	16	145	147,391	1,6
12	20	143	141,91	-0,8
13	25	139	134,852	-3,1
14	32	121	123,875	2,3
15	40	111	110,457	-0,5



8 FOTOS

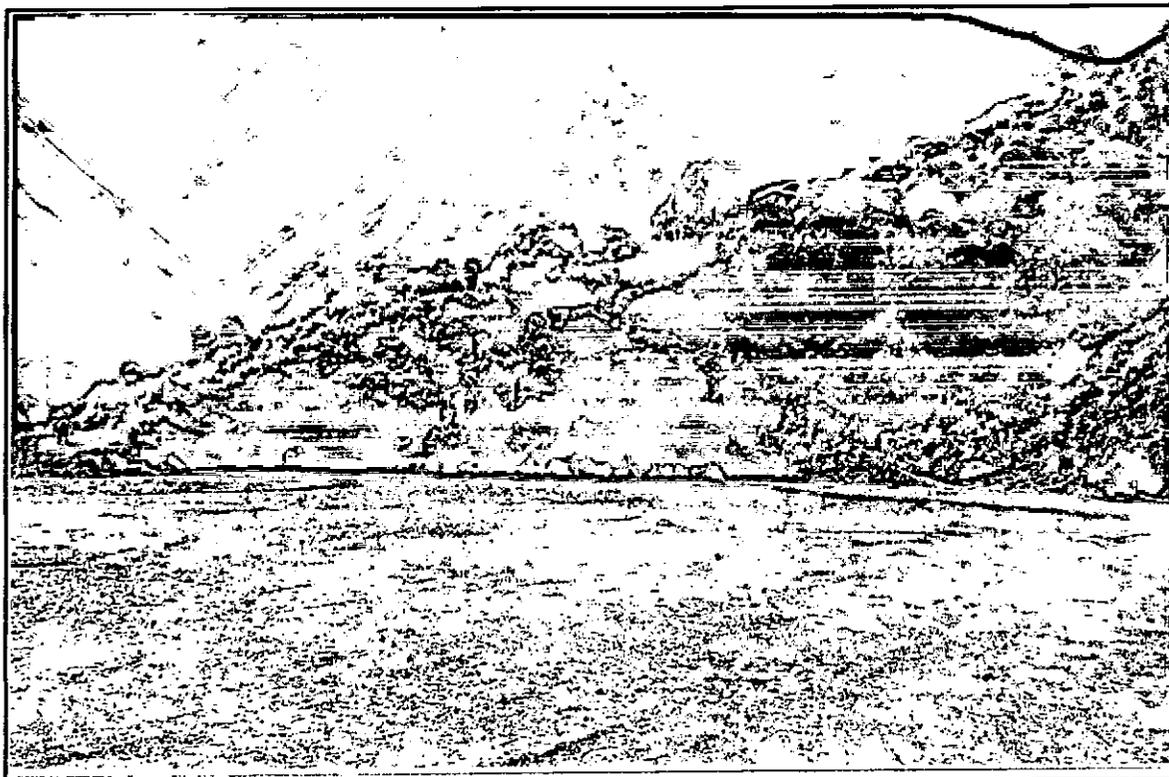


Foto1. Vista de la localidad de San Antonio.

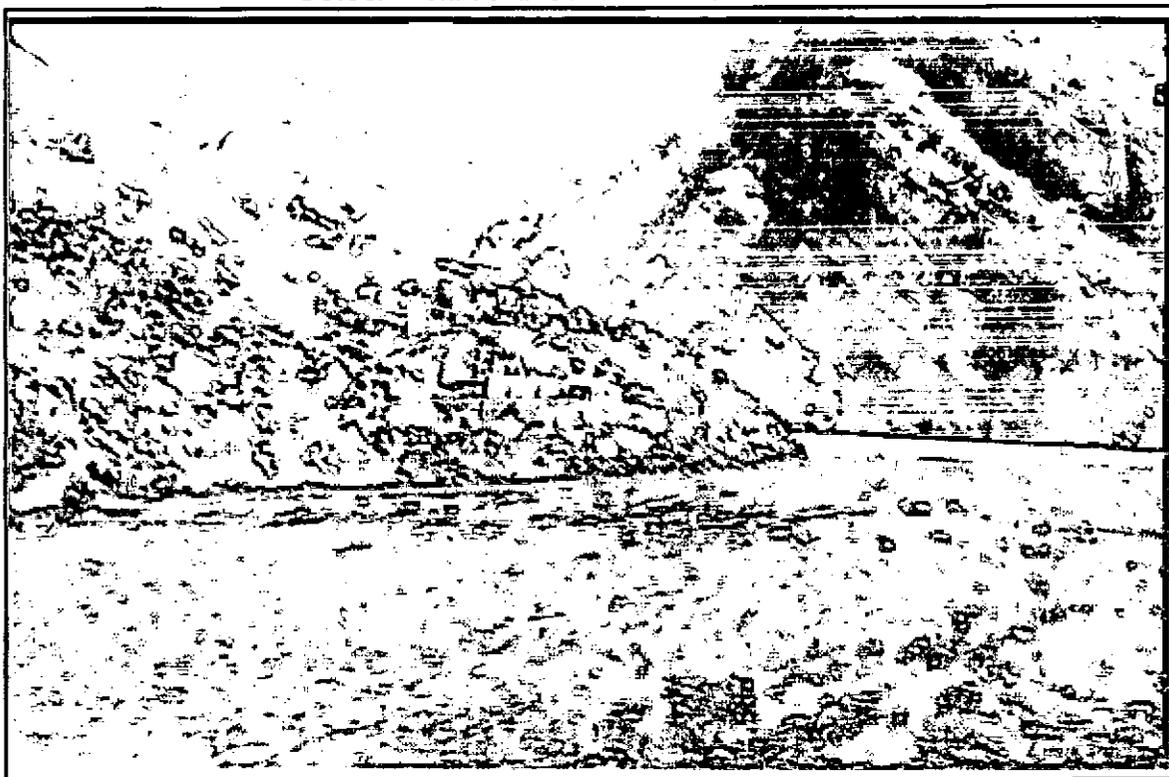


Foto 2. Vista del primer asentamiento de la localidad, sobre la quebrada del río San Antonio.

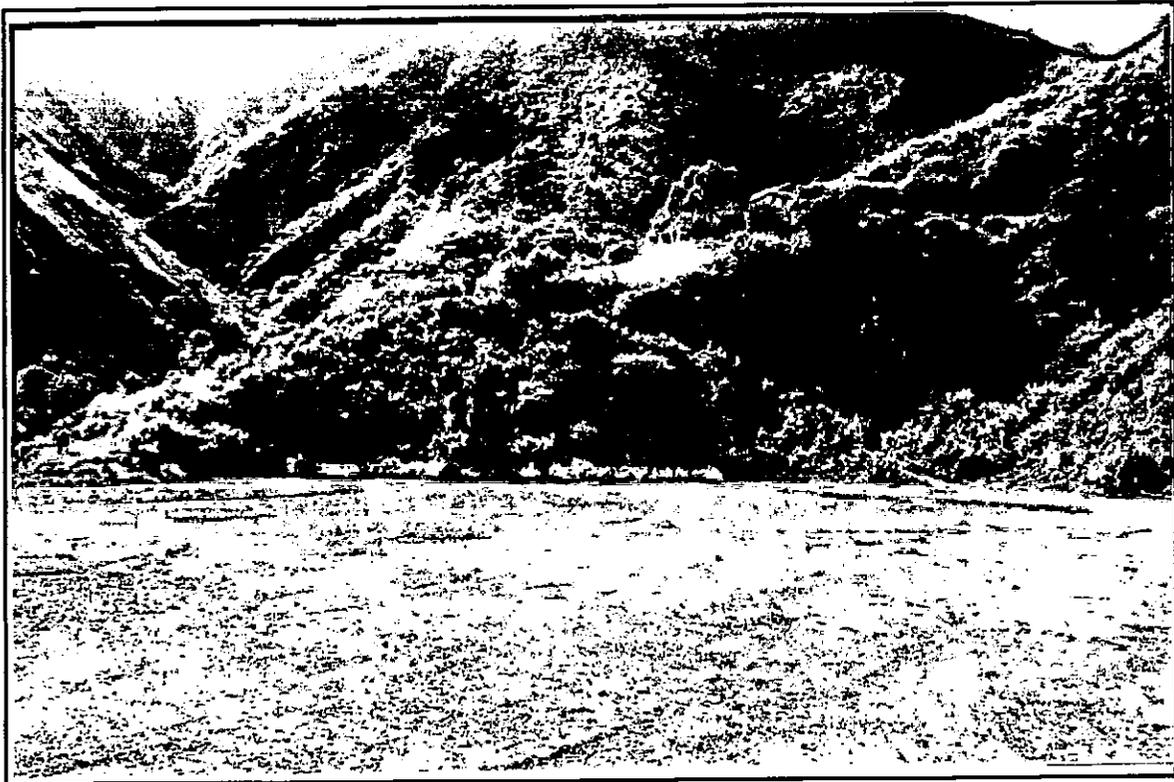


Foto 3. Sector donde se realizaron los sondeos geoelectricos.

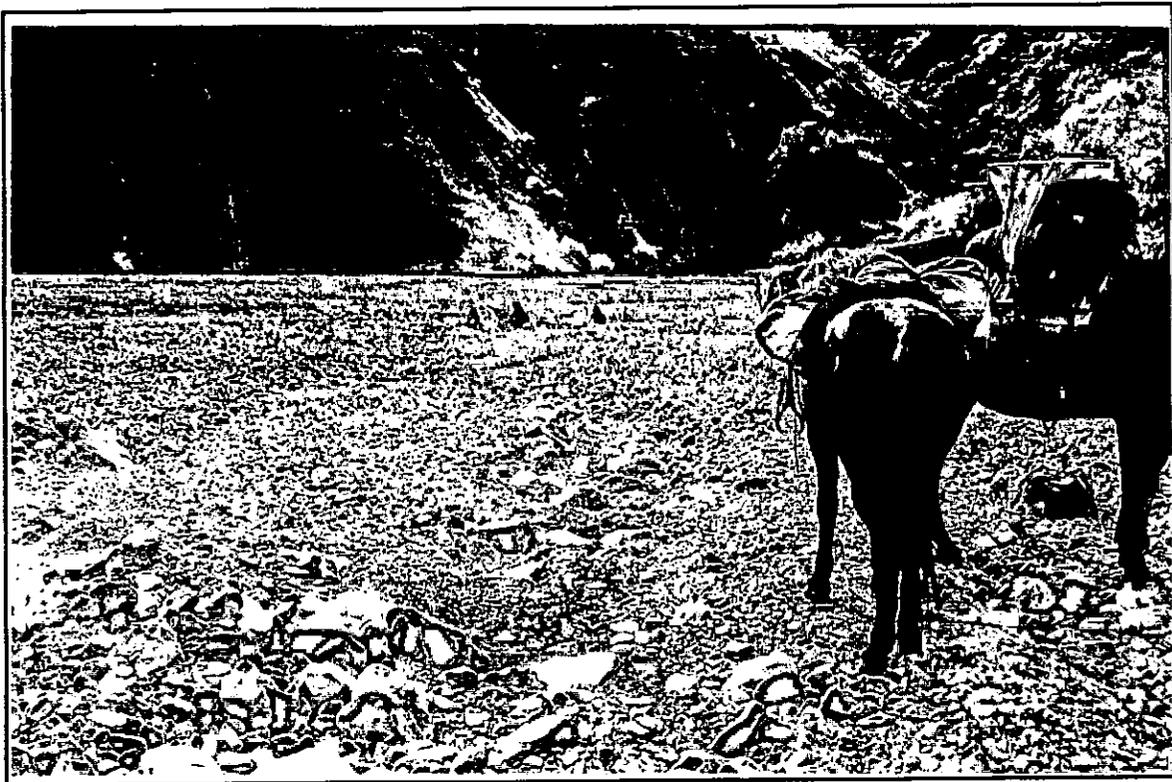


Foto 4. Vista de las vertientes sobre el valle fluvial del río Iruya, la foto registra como una habitante del paraje recoje agua para su consumo.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

- *CAPILLAS* -

DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA

Julio de 1999

INDICE**1. GENERALIDADES**

- 1.1. Localización*
- 1.2. Síntesis Poblacional*
- 1.3. Actividades Productivas*
- 1.4. Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. Hidrografía*
- 2.3. Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL**4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

- 4.1. Agua superficial*
- 4.2. Agua subterránea*
 - 4.2.1 Antecedentes*
 - 4.2.2. Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.1. Hidroquímica*
 - 4.2.2.2. Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES**6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION****7. ANEXOS****8. FOTOS**

I GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Capillas se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss – Kruger correspondientes a esta localidad son $X = 7.479.188$; $Y = 3.575.941$, y está situada a 3835 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Desde esta última se continúa por la misma ruta hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca. Se prosigue hasta el paraje Cóndor y desde allí se toma un camino vecinal en dirección noroeste, y luego de 14 km. se arriba a la localidad en estudio.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Capillas tiene una población aproximada de 69 personas. La comunidad es propietaria de las tierras que habita.

Las viviendas están construidas en su mayoría con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Las mismas se encuentran agrupadas en torno a la escuela.

En la localidad se encuentra la Escuela-Albergue N° 4283 de nivel inicial, donde concurren dieciocho alumnos. La misma posee jornada parcial y su plantel está compuesto por dos maestros de grado y un auxiliar, que cumple tareas de cocina y limpieza del establecimiento. La infraestructura de la escuela se encuentra bastante deteriorada. Esta escuela posee baños con vía húmeda.

1.3 Actividades Productivas

La economía se basa mayoritariamente en la cría de llamas y vicuñas, y en la agricultura de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose habas, arvejas, zanahorias, maíz, papas oca y verde. Los cultivos se realizan a más de 5 km de la localidad, sobre las terrazas aluviales del río Capillas. Esto se debe a que en las cercanías de la localidad no hay posibilidades de obtener suficiente caudal de agua para el riego de los cultivos.

1.4 *Sanearamiento e Higiene*

La localidad posee un puesto sanitario. En el mismo atiende dos veces por mes el agente sanitario Angel Miguel Gutierrez, que pertenece al hospital de Iruya. En el puesto sanitario se realiza un diagnóstico de los habitantes de la localidad. Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya. Generalmente, el traslado se realiza en la ambulancia del hospital, aunque en el verano los ríos cortan los caminos de acceso a la localidad y el traslado debe realizarse a caballo o mula. El puesto sanitario es una construcción precaria y no cuenta con baño.

Las enfermedades más comunes de la zona son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, en la localidad hay un solo caso de desnutrición calórico proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas en su mayoría poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas.

2 CARACTERIZACION FISICA

2.1 *Clima, suelos, vegetación y fauna*

La zona en estudio se caracteriza por el hecho de que su configuración altitudinal ejerce mayor influencia sobre el clima que los factores que dependen directamente de los efectos solares. Los vientos húmedos que soplan del cuadrante este, al encontrarse con una barrera orográfica como lo es la Sierra de Santa Victoria, originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias a barlovento. Debido a la gran altura en la que se halla esta localidad, el agua precipitada es sensiblemente inferior a la registrada en sectores más bajos de la cuenca, como en el caso del pueblo de Iruya, lo anterior dicho lamentablemente no puede ser cuantificado, ya que esta localidad no posee estación meteorológica.

Las masas de aire suelen presentarse como fuertes ráfagas de hasta 60 km/hora, que utilizan preferentemente como corredores a las abras y los profundos valles (como el del río Iruya) que disectan la topografía de la zona. El clima imperante en esta comunidad es semiárido de montaña, con precipitaciones del orden de los 217 mm anuales para la localidad de Iruya y una temperatura media anual de 14° C. Las temperatura mínimas extremas pueden alcanzar los -20 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. Las

precipitaciones sólidas ocurren en las cumbres del sector serrano, restringiéndose las líquidas a los sectores topográficamente más deprimidos. La temperatura media anual ronda los 10 °C.

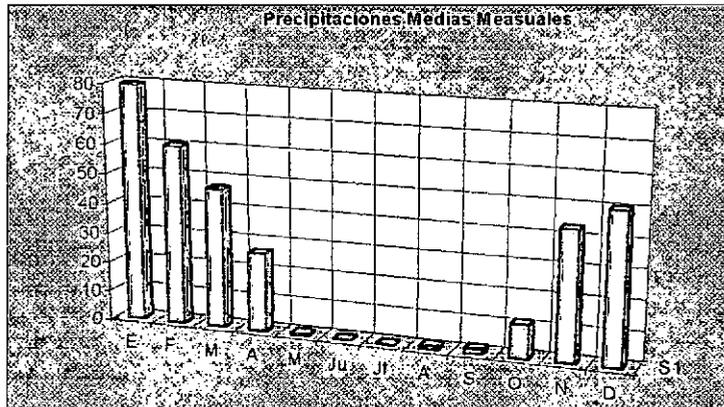


Grafico de precipitaciones medias mensuales en Iruya (año 1983-1997)

Las precipitaciones son estacionales y se concentran en el periodo estival, entre los meses de noviembre a marzo. Proviene predominantemente del cuadrante este, son generalmente de corta duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas como las que acontecieron en el presente año, en el que se ha superado la media anual. Durante la primavera es notable el déficit hídrico, debido a la carencia de precipitaciones (época de estiaje) y a las altas temperaturas diurnas.

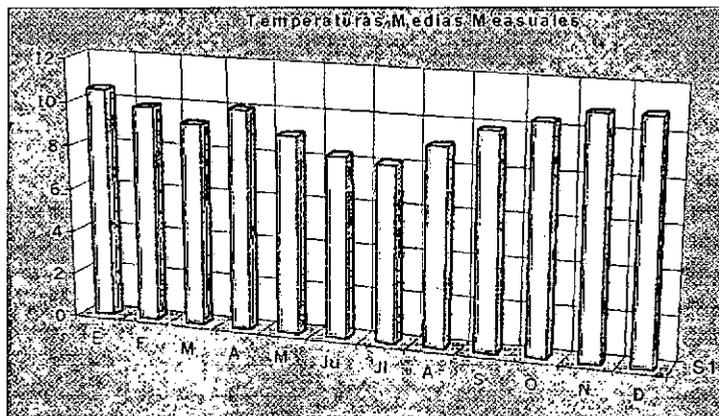


Gráfico de temperaturas medias mensuales en Colanzulí (año 1992 - 1997)

La vegetación se encuentra enmarcada dentro de la provincia fitogeográfica Puneña (Cabrera, 1958). Su fisonomía es de estepa o de matorral arbustivo representado por la "Tola" (*Parastreioia*), "Tolilla" (*Fabiana densa*), combinada con pajonales en suelos más húmedos y basquecillos de "Queñoa" (*Polilepis tomentalla*). En Capillas se observan distintas unidades de vegetación que corresponden a la variación topoclimática producida por el abrupto relieve (Quiroga, 1996). Las especies características son el "Añagua" (*Adesmia Horridiuscula*), "Suncho" (*Vigueira Tucumanensis*), "Cortadera" (*Cortadeira*

Speciosa), “Muña-Muña” (*Satureja Parvifolia*) y varias especies de “Bracharis”. También pastizales de “Iro” (*Festuca sp Stipa sp*), “Gramas”, (*Aristida Adscensionis* y *Aristida sp*).

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los “Zorros” (*Dusycicom*) y “Pumas” (*Pumas Concolor*). Los roedores son muy abundantes, como ratas y ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se puede mencionar el “Cóndor”, los “Dos Cuervos o Jotes” (*Coragyps y Cathartes*), el “Chimango” (*Milvago*), el “Carancho” (*Polyborus*) y el “Aguila Blanca” (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles, regosoles y fluvisoles. En las terrazas altas, donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son pobremente desarrollados (debido fundamentalmente al clima imperante), con escaso contenido orgánico y muy permeables.

2.2 Hidrografía

La zona en estudio se encuentra entre el límite de la cuenca del río Iruya y la Río Grande. Este sector pertenece a la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sudeste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse, y su eje mayor, se orienta de norte a sur, recorriendo una extensión de 430 km de longitud (OEA, 1973).

La red hidrográfica está integrada por los ríos San Isidro, Capillas (en el sector de nacientes de su cuenca se halla la localidad) y Colanzulí, y el arroyo Cóndor que drena a la cuenca del río Grande. Ciento cincuenta metros aguas arriba de la localidad se encuentra la divisoria de aguas entre estas dos cuencas y por ésta pasa el límite provincial de Salta y Jujuy.

2.3 Geología Regional

La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur, y en el área de estudio presentan rechazos considerables. La estructura es el producto de varios ciclos diastróficos. El más importante de éstos, la

orogenia Andica (Mioceno), fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual.

Las rocas aflorantes de la zona son, mayoritariamente las más antiguas de la Cordillera Oriental. Pertenecen al Precámbrico, Formación Puncaviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfizados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado con esquistocidad bien marcada, y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos, dispuestas en bancos a veces potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes y se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso, que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora en el sector occidental de la zona, apoyándose en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo. Estos materiales provienen de rocas precámbricas. A continuación se halla una sucesión de areniscas, de color blanco grisáceo, muy duras. Esta se apoya discordantemente sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

La Formación Chalhualmayoc está integrada por areniscas silicificadas de color blanco y de grano mediano, semejantes en composición y estratificación a las areniscas de la Formación Lizoite. Como en las formaciones anteriores, hay intercalaciones de estratos de lutitas verdes.

Sobre el Grupo Mesón en discordancia angular se asientan las rocas pertenecientes al grupo Santa Victoria, y dentro de éste, las correspondientes a la formación Santa Rosita, asignadas al Ordovísico (Tremadociano). Esta formación, está constituida por un conglomerado basal de areniscas cuarcíticas, de color violáceo pardusco, que tiene un espesor de 30 a 40 metros. Suprayaciendo a este conglomerado hay 10 metros de areniscas verdosas de grano fino a mediano, cubiertas a su vez por lutitas de color verdoso a gris oscuro, con pocas intercalaciones de lutitas areniscosas y bancos potentes de cuarcitas blancuzcas.

En perfecta concordancia sobre los sedimentos de la formación Santa Rosita se apoya la Formación Acoite, compuesta por una sucesión monótona de lutitas y lutitas areniscosas, de verdosas a amarillentas verdosas, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color gris claro.

En el sector oriental de la zona de trabajo afloran rocas cretácicas del Grupo Salta (Brackenbusch, 1891), representado en la zona por un conglomerado basal, al que le siguen areniscas y arcilitas de color rojizo, asignado por Viera et al, (1981) al Subgrupo Pirgua. Las areniscas y arcilitas no presentan un grado alto de compacidad y en general son fácilmente erosionables por la acción del agua encauzada.

Discordantemente se disponen los depósitos asignados al Cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: fanglomerados fluviales semi consolidados, que integran las terrazas altas, y las gravas arena limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta dos metros que componen el álveo del río Colamzuli y San Isidro.



3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

La localidad de Capillas posee un sistema de captación y distribución de agua para consumo humano. La población realizó una captación superficial precaria en una vega. Desde allí conducen el agua a través de cañería de pvc de distintos diámetros hasta una cisterna ubicada en las inmediaciones de las viviendas, y desde ésta se distribuye el agua al poblado. La cloración se realiza ocasionalmente de forma manual y no controlada.

Es importante destacar la desprotección sanitaria de ésta toma de agua, ya que en este sector pastorean alrededor de trescientas vicuñas y llamas durante todo el año. Esto la hace vulnerable a la contaminación orgánica causada por las excretas del ganado que circula libremente por la zona.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia en la zona son los ríos Capillas, San Isidro y Colanzulí. Los dos primeros se desestimaron para el presente trabajo, ya que la población se halla asentada sobre las terrazas aluviales del sector alto de la cuenca del río Capillas, a 4300 metros de distancia en línea recta del río Colanzulí y a 1100 metros por encima del lecho de este curso fluvial. El río San Isidro escurre por un valle paralelo al del río Capillas, 4000 metros hacia el norte de éste.

El río Colanzulí es un curso de tipo permanente, que fluye en dirección meridiana hasta el pueblo de Iruya, donde toma el nombre homónimo de la localidad. Después de recibir el aporte del río Nazareno por su margen izquierda, cambia la dirección de escurrimiento hacia el sudeste. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar una elevada torrencialidad, pendiente y gran capacidad de transporte.

El río San Isidro tiene sus nacientes en la ladera oriental de los cerros Mesón y Patahuasi. Esta fuente presenta limitaciones desde el punto de vista hidrogeológico, ya que se trata de un curso fluvial de gran competencia que transporta caudales significativos, durante todo el año.

El río Capillas es un curso de tipo torrencial, y en épocas de lluvias transporta una gran cantidad de material sólido y en suspensión. Tiene una superficie de 10,288284 km² y fluye en sentido noroeste-sudeste sobre un valle muy estrecho, de 20 metros de ancho en su nacimiento. Los pequeños arroyos tributarios del río Capillas poseen las mismas características hidrológicas de este curso.

La comunidad se halla en el sector alto de la cuenca (sector de nacimiento), muy cerca del límite de ésta. Durante la época de estiaje este curso no transporta agua, y por este motivo los terrenos de cultivos se hallan sobre el mismo valle del río Capillas pero 6 km. aguas abajo, lugar en donde el curso de agua es permanente durante todo el año.

En la zona estudiada del río Capillas, la excesiva profundidad y pendiente de los valles, y los procesos erosivos de remoción en masa que ocurren sobre la quebrada, hacen inviables obras de captación superficial estables que permitan el aprovechamiento perdurable y económico de este curso de agua.

4.2 *Agua Subterránea*

El recurso subterráneo de este sector está representado por agua de almacenamiento y circulación en el subálveo del río Colanzulí y por los distintos manantiales ubicados en la zona serrana de estudio.

El agua subterránea que circula por el subálveo del río Colanzulí fue desestimada debido a la gran distancia y diferencia de cota entre la localidad y la base de este río.

Se relevaron dos emanaciones de agua subterránea en el sector serrano. Estas se encuentran enmarcadas dentro de pequeños valles intermontanos, ubicados en las nacientes de la cuenca del río Capillas. En estos valles se han desarrollado acuíferos de poco espesor. Los manantiales tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente, de esta forma, la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, produciéndose una superficie de drenaje denominada vega. Estas vegas entregan agua durante la época estival (época de recarga) y gran parte del otoño, para luego secarse por completo en el período de estiaje. Los habitantes de la localidad de Capillas ya han intentado dos captaciones, mediante canales de drenaje, y los esfuerzos resultaron estériles debido a que en la época de estiaje las vegas se secan por completo. Esto pudo ser verificado durante la presente campaña: éstas no entregaban caudal alguno, motivo por el cual se las desestimó como fuente de agua para el abastecimiento de la comunidad de Capillas.

Durante el trabajo de campaña se relevó también la vega que alimenta el sistema de conducción de agua de la localidad. Esta se encuentra en la cuenca del río San Isidro, a 4.170 m.s.n.m., y posee una superficie de 180 m². Su origen es el mismo descrito para las otras dos vegas, pero entrega mayor caudal y es permanente durante todo el año. Esto se debe a que posee mayor superficie de recarga. El aforo de esta vega arrojó un caudal de 4,26 m³/h durante la primera semana de junio de 1999.

4.2.1 *Antecedentes*

Los únicos antecedentes de estudios de fuentes en la zona son los realizados en las localidades de Abra de Araguayoc, Pueblo Viejo, Campo Carrera, Campo la Cruz y Poscaya, (Guillermo Baudino, 1993) y en el pueblo de Iruya (Rodolfo García, 1997).

Si bien no existen antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las numerosas vertientes en las laderas de los cerros y valles fluviales son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2. Hidroestratigrafía

La zona en estudio está localizada sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria. Los cerros más elevados de esta unidad orográfica en el sector son el Mesón y el Patahuasi.

La comunidad se asentó en la quebrada del río Capillas, sobre las terrazas aluviales que están en la ladera oriental de las nacientes de este curso de agua superficial.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja, en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario elevó la región a su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios tienen en este sector de la cuenca una distribución areal restringida a los cursos fluviales y al relleno de valles intermontanos.

En el sector bajo de la cuenca del río Capillas, en las inmediaciones de su confluencia con el río Colanzulí, pueden reconocerse por lo menos, tres ciclos morfogenéticos:

En el primero, debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre rocas precámbricas, cámbricas y cretácicas.

El segundo ciclo se caracterizó por un predominio de la acumulación sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales.

En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, es la erosión fluvial el proceso dominante. Como consecuencia de esto, los ríos han deprimido su nivel de base, produciendo una intensa disección y aterrazamiento de las bajadas aluviales. La faja montañosa de ésta área es disectada por los valles de los cursos de los ríos Capillas y San Isidro, que fluyen hacia el río Colanzulí constituyendo un desnivel de unos 1100 metros en 5 km, lo que equivale a una pendiente media del 22 %.

El río Capillas y el San Isidro no han desarrollado un álveo potente en gran parte de su recorrido, sin duda como resultado de condiciones geomorfológicas desfavorables, como excesiva pendiente, poca capacidad de acomodación de la cuenca y lluvias intensas de corta duración. Estos factores son responsables de los frecuentes picos de remoción en masa, que

le otorgan a este tipo de cursos fluviales características de elevada torrencialidad e inestabilidad en la configuración de su lecho.

Estos ríos escurren en la mayor parte de su recorrido sobre rocas precámbricas, cámbricas y cretácicas que conforman el basamento hidrogeológico, el cual en algunos sectores está intensamente diaclasado. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el período estival, debido a que su zona de recarga es demasiado pequeña para generar reservas suficientes que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Las manifestaciones de agua subterránea más significativas de la zona las constituyen los manantiales. El agua subterránea emerge a la superficie, a través de una superficie de drenaje (vega). A este tipo de emanación pertenece la fuente de agua que alimenta el sistema de provisión de agua de Capillas.

Cabe acotar que en esta área la precipitación sólida tiene una fuerte incidencia sobre la capacidad de regulación de este tipo de fuentes de agua, ya que se produce normalmente en la época de estiaje, cuando los acuíferos presentan el nivel estático más deprimido a lo largo del año.

4.2.2.1 Hidroquímica

Para el presente estudio se tomó una sola muestra de agua, en la vega que alimenta el actual sistema de conducción y distribución de agua.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 8,8 °C de temperatura.

El resultado del análisis físico – químico indica que la muestra de agua no presenta exceso en los parámetros analizados, por lo cual se la considera potable, según el SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable).

El resultado del análisis fue graficado en un diagrama Piper. El agua de la vega es bicarbonatada – magnésica cálcica. La tipología del agua analizada sigue el patrón normal de evolución geoquímica, el que puede ser expresado de la siguiente forma:



Donde se puede observar que el agua de la vega se halla en los primeros estadios de la evolución geoquímica, lo que indica un escaso tiempo de permanencia en el medio de circulación antes de aflorar a la superficie.

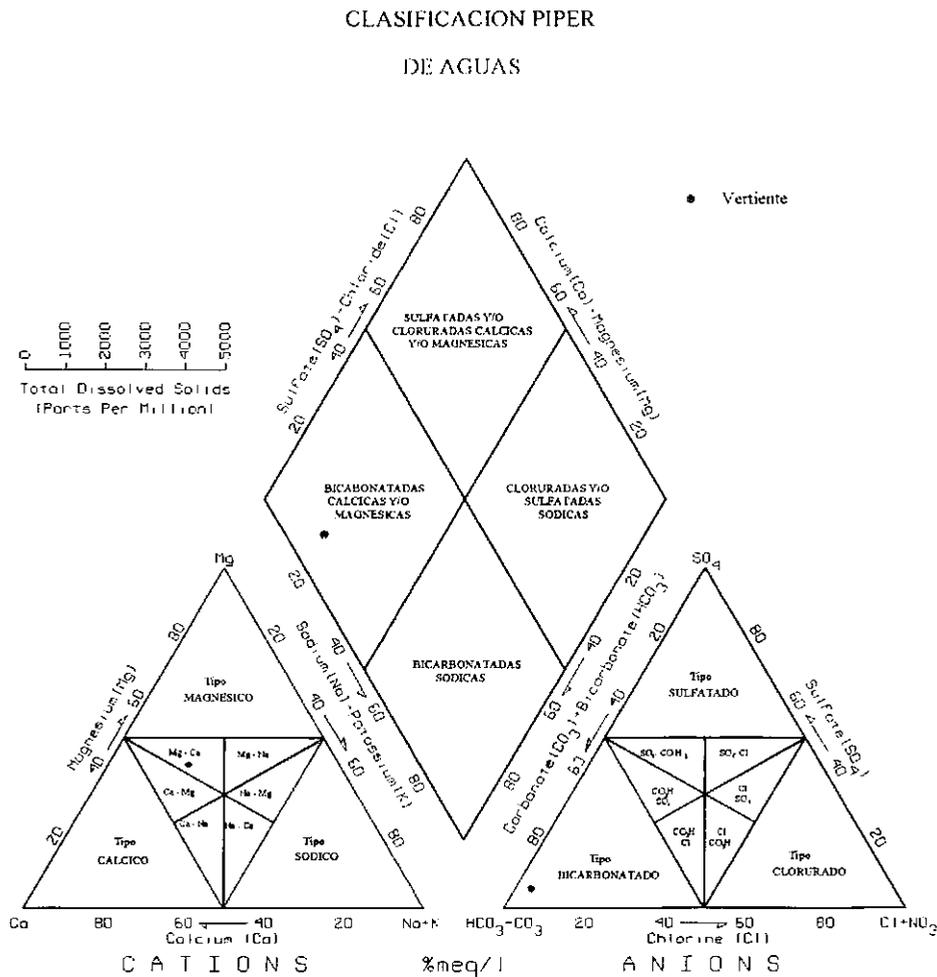


Diagrama de Piper

4.2.2.2 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de Capillas se encuentra dentro de un ambiente hidrológico de valles intermontanos. El pueblo se asienta sobre el límite de la cuenca del río Capillas, en el sector de sus nacientes. Por esta razón las condiciones hidrológicas son muy poco favorables para el desarrollo de fuentes de agua que brinden caudales suficientes para abastecer a la comunidad.

Como anteriormente dijimos, no hay en la zona antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo. Sí se pudieron

evaluar las vertientes más significativas de la zona, y debido a que este tipo de emanaciones son la prueba irrefutable de que el recurso existe, el modelo que aquí se esboza tiene su sustento en el análisis de estas vertientes, y en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico – geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal. En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (pizarras, esquistos y areniscas), al escaso o nulo desarrollo de suelos, la escasez de cobertura vegetal y la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial, inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo.

En el sector donde se asienta la localidad, el curso fluvial más importante es el río Capillas, el cual ha profundizado su cauces disectando los sedimentos modernos. Por esta razón, los depósitos cuaternarios conforman terrazas colgadas (en donde se asienta el paraje de Capillas), y permanecen desconectados del escurrimiento superficial, por lo que éste no actúa como fuente de recarga. De cualquier forma, este curso de agua superficial es permanente todo el año recién varios kilómetros aguas abajo de la localidad, y por este motivo no puede ser considerado como fuente de agua para Capillas. Por la misma razón, la comunidad posee sus terrenos de cultivo 6 km. aguas abajo de las viviendas, donde hay disponibilidad de agua proveniente del río Capillas durante todo el año para el riego de sus cultivos.

Si bien en la zona serrana se han desarrollado acuíferos colgados, como las dos vegas que se hallan en el sector más alto de la cuenca del río Capillas, los esfuerzos realizados por la comunidad para captar agua suficiente para consumo humano en estas vegas fueron infructuosos debido a que el nivel estático en la época de estiaje se deprime por completo. Por esta razón, los habitantes del paraje han realizado una verdadera obra de ingeniería al captar agua de una vega que se halla en la cuenca del río San Isidro (ver mapa topográfico). Para ello han tenido que realizar un trasvase de cuenca, conduciendo el agua a través de cañería de pvc de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro. Esta vertiente generada, a expensas de un control topográfico, tiene una área de recarga lo suficientemente grande para entregar agua durante todo el año.

Por último también debe tenerse presente que las precipitaciones sólidas que acontecen de manera frecuente en la zona serrana a lo largo del periodo de estiaje, cumplen un rol fundamental en la recarga del acuífero que alimenta a esta vega.

5 CONCLUSIONES

La localidad de Capillas posee en la actualidad un sistema de abastecimiento de agua potable. La comunidad se provee de agua para consumo de una vega ubicada en la cuenca del río San Isidro, a 5000 metros de distancia aproximadamente. Desde allí se realiza una conducción con cañería de pvc de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro, que alimenta una cisterna de $16,2 \text{ m}^3$ de capacidad, desde donde se realiza una distribución domiciliaria muy precaria con cañería de pvc de $\frac{1}{4}$ pulgadas.

La localidad se halla asentada sobre la divisoria de aguas, en el límite de la cuenca del río Capillas. Este no puede ser utilizado como fuente de agua, ya que en este sector sólo transporta agua durante la época estival. Por otra parte no posee un álveo desarrollado como para generar un acuífero, ya que escurre sobre el basamento hidrogeológico en todo su recorrido. El río San Isidro comparte las mismas características enunciadas para el río Capillas, el río Colanzuli, si bien posee las características hidrogeológicas (existencia de álveo) necesarias para realizar una captación subsuperficial, se halla a 1100 metros por debajo de la cota de la localidad en estudio, condición que lo descalifica, por ser inviable una obra de esta características por motivos técnicos y económicos.

De las manifestaciones de agua subterránea relevadas en la zona, la única que puede entregar el caudal suficiente, y garantizar la calidad y permanencia de la fuente durante todo el año para abastecer a la comunidad de agua para consumo humano, es la vega que se utiliza actualmente para este fin, ya que entrega agua libre de sólidos en suspensión y mantiene todo el año el caudal necesario. Del reconocimiento de esta fuente se desprende que la misma no es aprovechada en toda su potencialidad, puesto que la captación se realiza a través de una manguera de $\frac{3}{4}$ pulgadas introducida en la surgencia de agua, de esta forma se producen pérdidas por derrame y un significativo caudal es desaprovechado.

De acuerdo a todo lo expuesto anteriormente hay dos formas de explotación de este recurso: una de ellas sería realizar una captación en superficie de la vega, este tipo de captación tiene como serio inconveniente que deberá ser protegida en la época estival del agua de escurrimiento no canalizada que desciende de las laderas de los distintos cerros. La segunda opción sería realizar una captación del tipo subsuperficial en el subálveo de este arroyo en el sector de la vega, en el cual existen condiciones geológicas e hidrogeológicas para proyectar un dren y a partir de allí, realizar la conducción por gravedad a toda la localidad.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descrito en el apartado anterior, se propone la realización de una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en la vega ubicada en la cuenca del río San Isidro. En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población Capillas. La ejecución de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación, como así también minimiza los efectos de erosión que posee el arroyo sobre las obras de infraestructura que se interponen a su flujo natural.

En virtud de los resultados del presente estudio, se aconseja fundar la futura obra a una profundidad mínima de 1,5 metros, el dren tendrá una pendiente media de por lo menos el 1% y el material prefiltrante que recubrirá la zona de admisión de agua, será de 0,5 metros de espesor como mínimo, el diámetro de éste estará en función de la granulometría del acuífero a la profundidad de fundación final.

Desde el sector propuesto para la ejecución de la obra de captación hasta la escuela, hay una diferencia de cota de 335 metros aproximadamente. Por esta razón, en la actualidad la cañería de conducción colapsa por exceso de presión, para evitar que esto suceda se deberán construir cámaras rompe cargas como máximo cada 50 metros de desnivel. De todas las viviendas que componen la localidad de Capillas, sólo una está por encima de la cisterna existente, motivo por el cual se deberá prever la forma de conducir agua hasta ésta.

7 ANEXOS

Figura 1: Mapa de Ubicación General

Figura 2: Mapa Hidrológico

Figura 3: Mapa Geológico

Planilla 1: Análisis físico - químico Vega

Planilla 2: Cómputo métrico del dren

Planilla 3: Presupuesto estimativo del dren

FIGURA 1 – PLANO DE UBICACION GENERAL

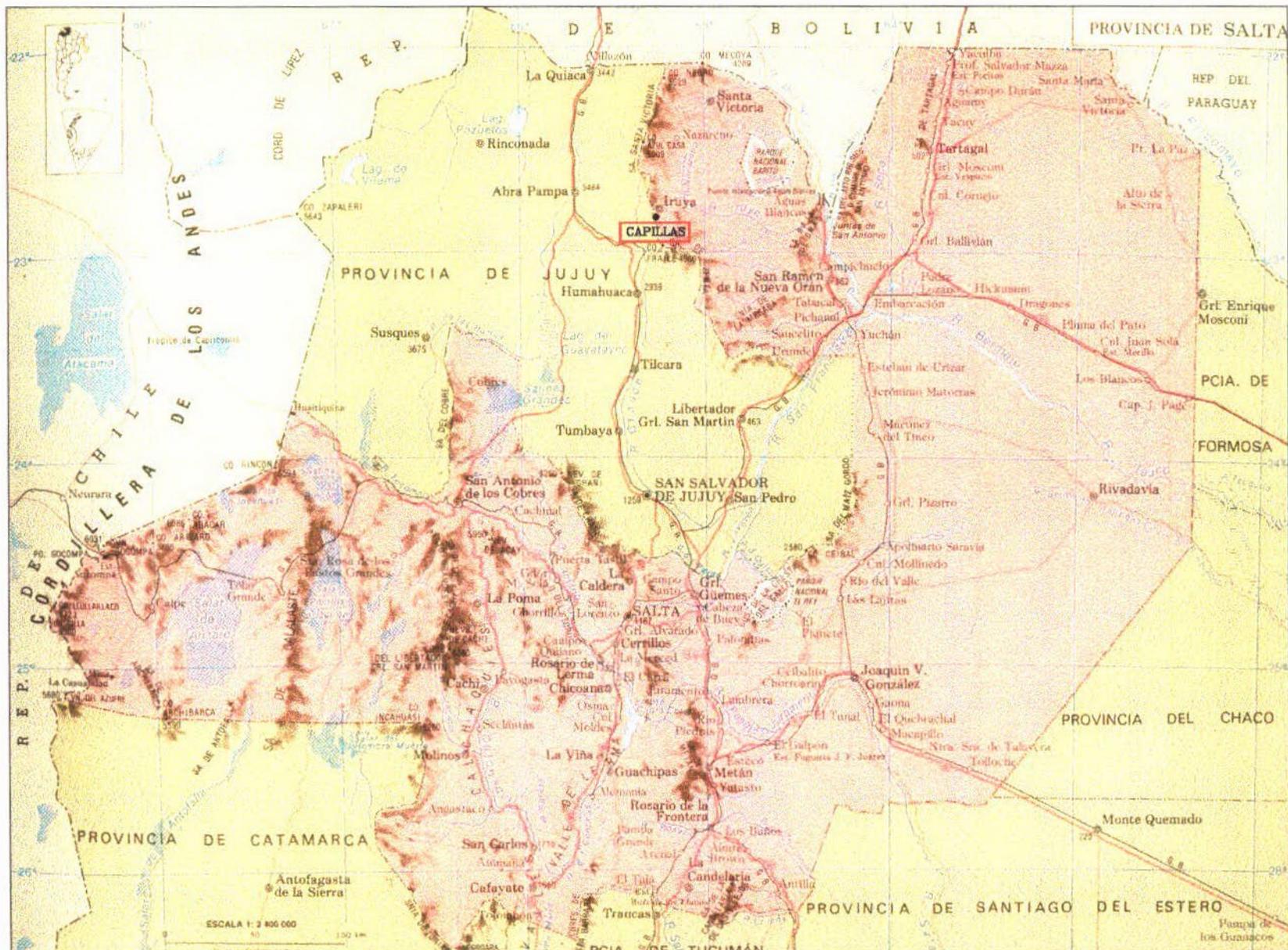


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

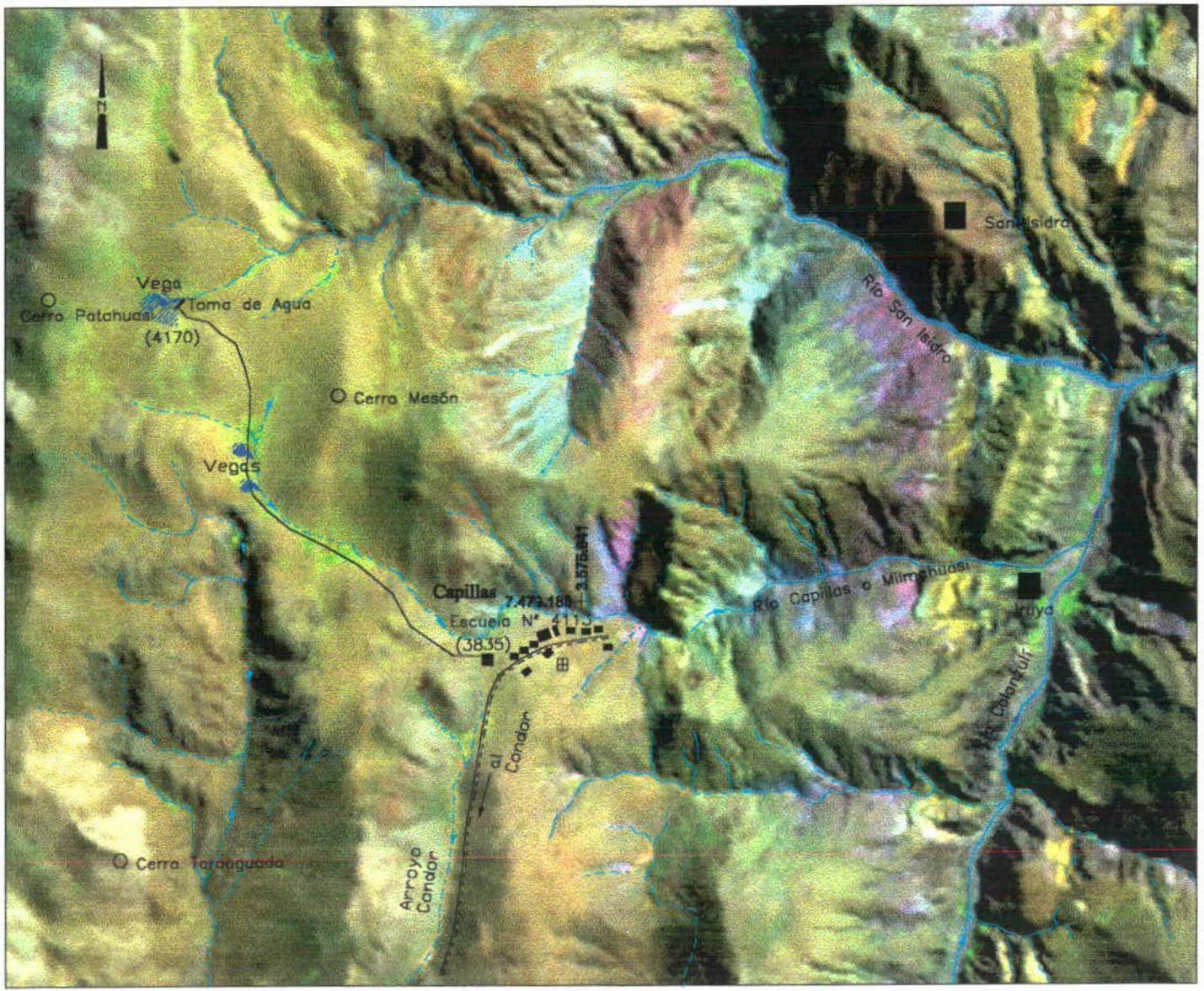
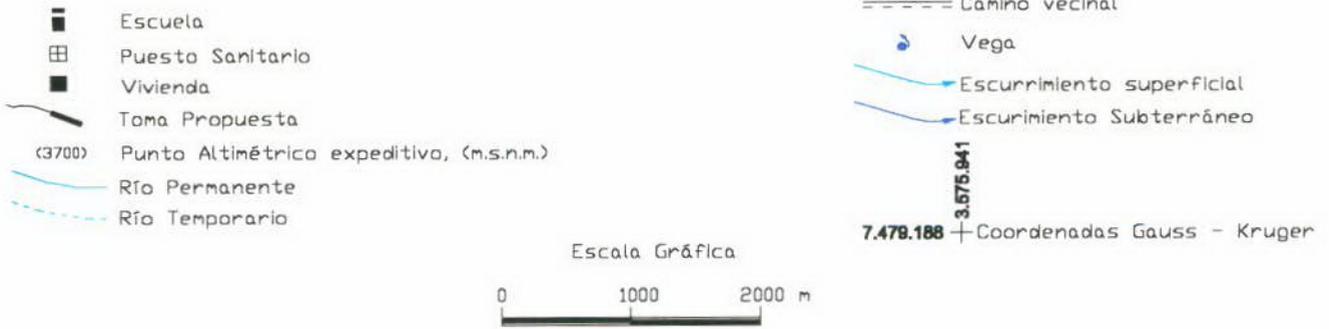
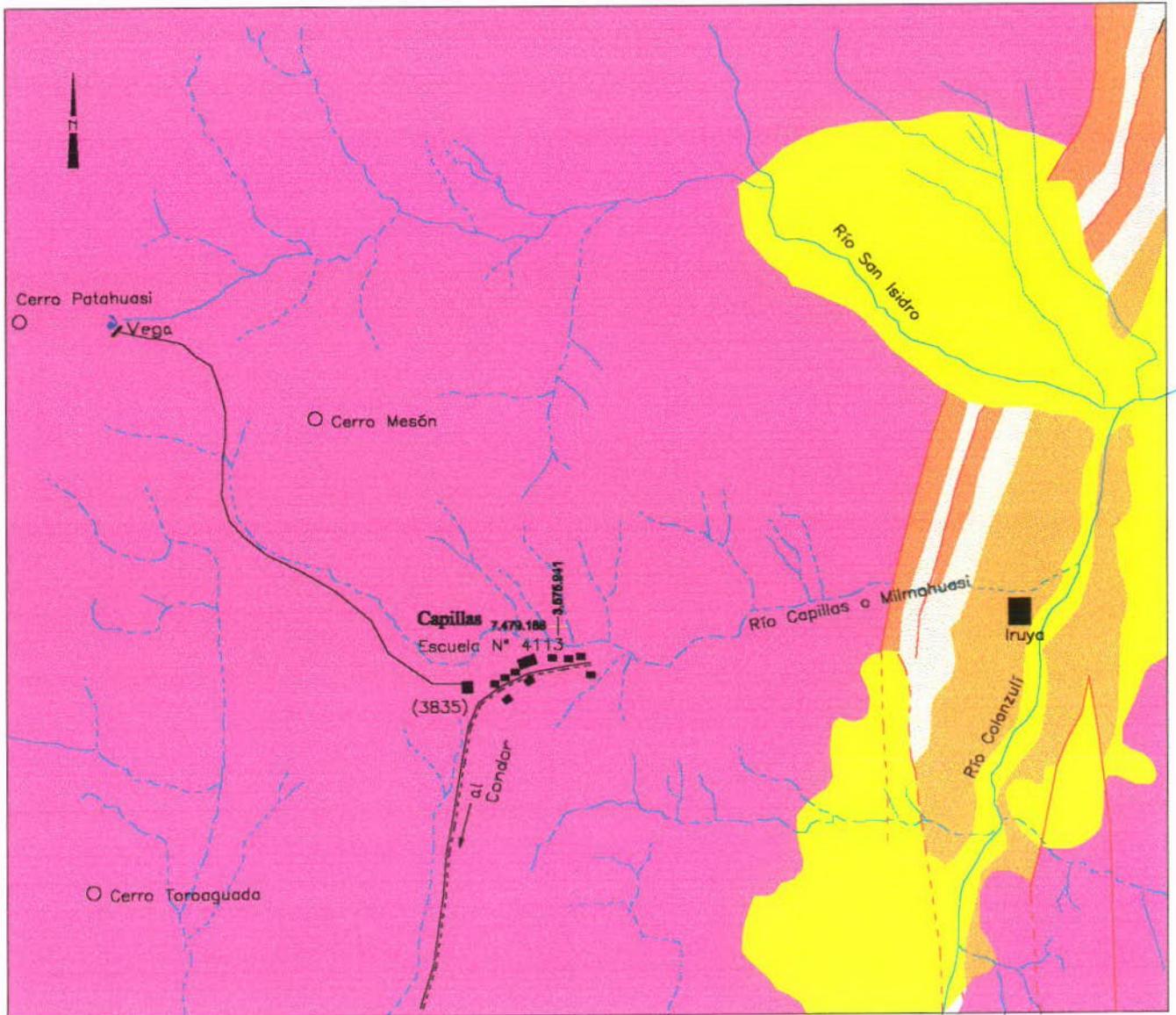
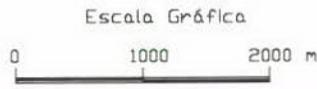


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS

- Vivienda
- Falla Inversa
- - - Falla Invertida
- Río Permanente
- - - Río Temporario
- Vega
- 7479.188 + 3675.041
+ Coordenadas Gauss - Kruger

- LITOLOGIA**
- Cuaternario; depósitos fluviales y aluviales
 - Cretácico - Grupo Salta; Conglomerados, areniscas y arcilitas
 - Ordovísico - Grupo Santa Victoria; areniscas y lutitas
 - Cámbrico - Grupo Mesón; areniscas y lutitas.
 - Precámbrico - Formación Puncoviscana; esquistos, pizarras y filitas



Análisis Físico Químico
Capillas Toma de Agua

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	31	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	32	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	30	200	500		
Color (U.C.)	<1	5	10		
pH a 25 °C	5,5	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	0,2	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	45		2000		
Sodio	2,9				
Potasio	0,9				
Calcio	5,6				
Magnesio	3,8				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	39,04	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	2	200	400	2000	4000
Hierro total	0,02	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	0,74				
Sumatoria Aniones (meq/l)	0,71				
Error analítico	4,36	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

OBRA : Dren Subsuperficial Vega					
LOCALIDAD : CAPILLAS					
COMPUTOS ESTIMATIVOS					
ITEM	DESIGNACION DE LAS OBRAS	UNIDAD DE MEDIDA	DIMENSIONES	CANTIDADES	
				PARCIAL	TOTAL
RUBRO I					
1	a) Excavación de zanja a mano para colocación de filtros y cañería	m ³	10x2x1,5	30,00	30,00
	b) Excavación de zanja para construcción de cámara colectora	m ³	1x1x1	1,00	1,00
	c) Tapado y apisonado de zanja	m ³	10x2x1,5	30,00	30,00
RUBRO II					
2	a) Provisión de mano de obra y colocación de filtros R.C. y Cañería ciega de 8" de diámetro	m		2,00	2,00
	b) Provisión y colocación de material prefiltrante	m ³	10x2x1,5	30,00	30,00
	c) Provisión y colocación de juntas para unión de caños filtro - filtro y caño filtro caño ciego	gl		2,00	2,00
3	Provisión de mano de obra y materiales para la construcción de una cámara de carga	gl		1,00	1,00
4	OBRAS EXTRAORDINARIAS				
	a) Cerco perimetral con alambre romboidal en predio del dren	gl		1,00	1,00

<p align="center">OBRA : Dren Subsuperficial Vega LOCALIDAD : CAPILLAS COMPUTOS ESTIMATIVOS</p>						
ITEM	DESIGNACION DE LAS OBRAS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE DE LAS OBRAS	
					PARCIAL	TOTAL
RUBRO I						
1	a) Excavación de zanja a mano para colocación de filtros y cañería	m ³	30,00	100,00	3000,00	
	b) Excavación de zanja para construcción de cámara colectora	m ³	1,00	25,00	25,00	
	c) Tapado y apisonado de zanja	m ³	30,00	5,50	165,00	3190,00
RUBRO II						
2	a) Provisión de mano de obra y colocación de filtros R.C. y Cañería ciega de 10" de diámetro	m	2,00	100,00	200,00	
	b) Provisión y colocación de material prefiltrante	m ³	30,00	160,00	4800,00	
	c) Provisión y colocación de juntas para unión caño filtro - filtro y caño filtro - caño ciego	gl	2,00	40,00	80,00	5080,00
3	Provisión de mano de obra y materiales para la construcción de una cámara de carga	gl	1,00	5000,00	5000,00	5000,00
4	OBRAS EXTRAORDINARIAS					
	a) Cerco perimetral con alambre romboidal en predio del dren	gl	1,00	2500,00	2500,00	2500,00

TOTAL

8270,00

8 FOTOS

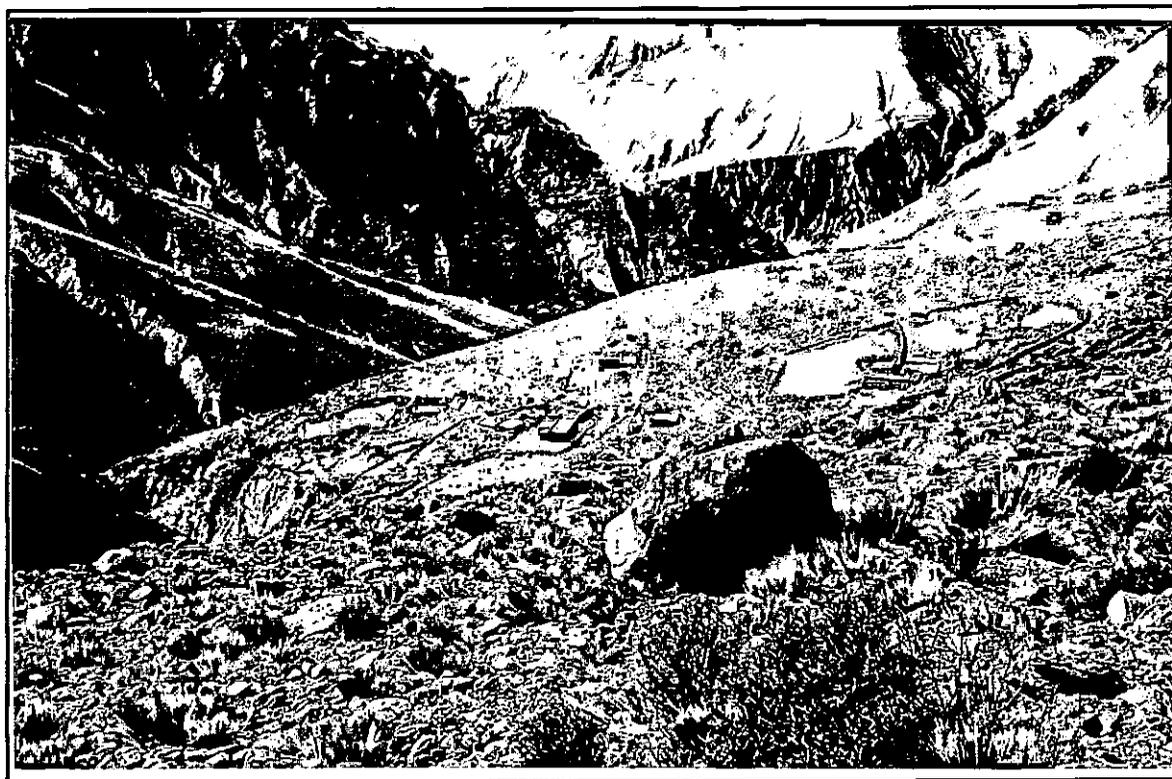


Foto 1. Vista de la localidad y de la quebrada del río Capillas.

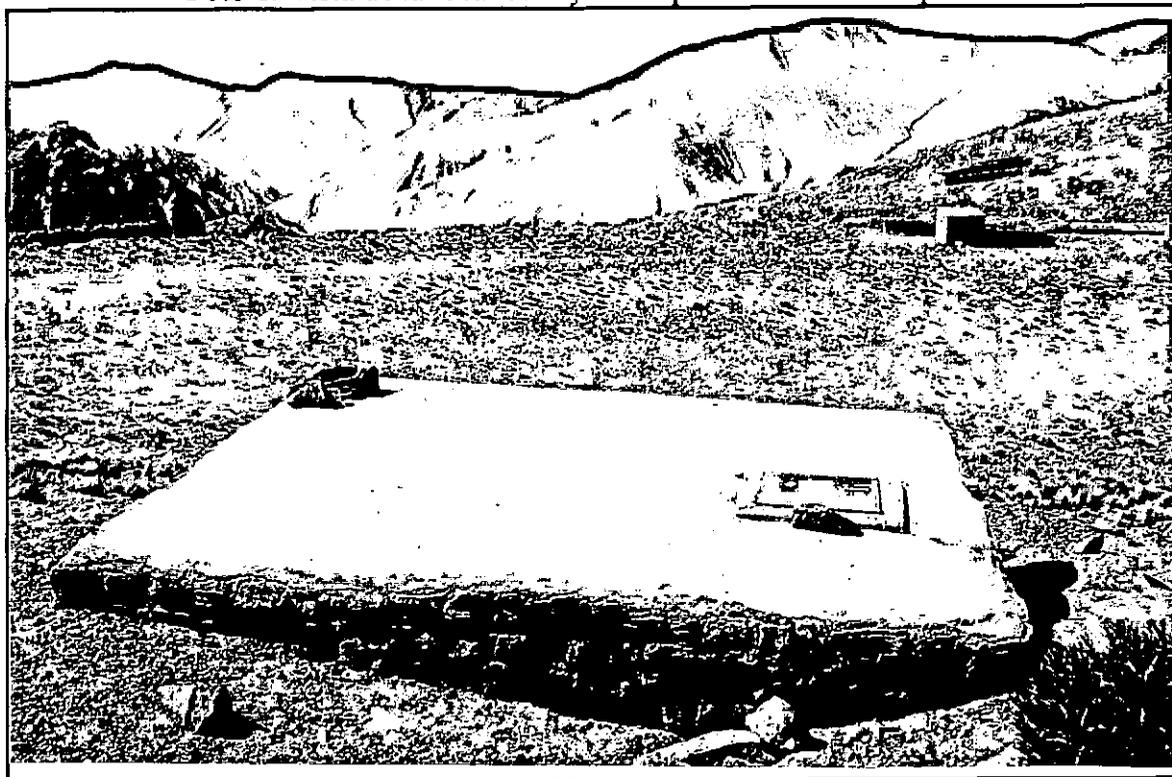


Foto 2. Cisterna de acopio de agua de la localidad de Capillas.



Foto 3. Escuela de Capillas

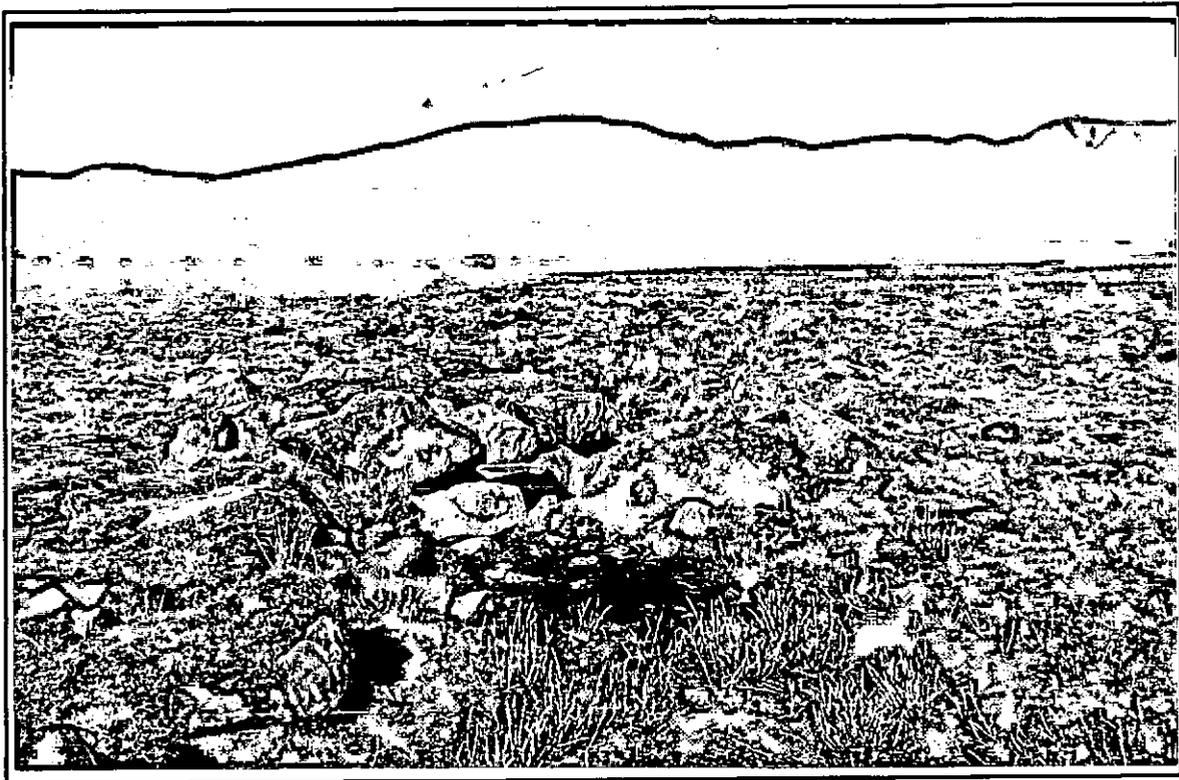


Foto 4. Vista de la toma de agua sobre la vega.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

**- *MATANCILLAS* -
*DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA***

Julio de 1999

INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1. *Localización*
- 1.2. *Síntesis Poblacional*
- 1.3. *Actividades Productivas*
- 1.4. *Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. *Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. *Hidrografía*
- 2.3. *Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL

4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

- 4.1. *Agua superficial*
- 4.2. *Agua subterránea*
 - 4.2.1. *Antecedentes*
 - 4.2.2. *Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1. *Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2. *Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.3. *Hidroquímica*
 - 4.2.2.4. *Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES

6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

7. ANEXOS

8. FOTOS

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Matancillas se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss – Kruger correspondientes a esta localidad son: X = 7.476.974,16; Y = 3.611.279,16; y está situada a 1.325 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Desde esta última se continua por la misma ruta hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca. Y luego se debe atravesar la sierra de Santa Victoria por el Abra del Cóndor (4000 m.s.n.m.) y después de recorrer 45 km se llega al pueblo de Iruya. Desde allí se accede a la localidad de Matancillas por medio de un camino de herradura de 38,2 km de longitud, que recorre la playa del río Iruya en dirección este.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Matancillas tiene una población aproximada de 150 personas. La comunidad es propietaria de las tierras donde se asienta.

Las viviendas en su mayoría están construidas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Las mismas se encuentran agrupadas en torno a la escuela y al puesto sanitario.

La localidad en estudio cuenta con la Escuela-Albergue N° 4518 s/n de nivel EGB, donde concurren cuarenta y cinco alumnos, de los cuales quince se albergan en la escuela de lunes a viernes. La misma es de jornada simple y su plantel está compuesto por dos maestros de grado y dos auxiliares que cumplen con las tareas de cocina y mantenimiento del establecimiento. Los docentes realizan talleres de literatura, música y plástica. La infraestructura de la escuela se halla en muy mal estado de mantenimiento.

Debido a las intensas lluvias ocurridas durante la época estival, los ríos hacen intransitable y peligroso el acceso a la localidad, motivo por el cual desde diciembre hasta marzo la comunidad migra a un paraje llamado Los Alisos, ubicado a unos 20 km hacia el oeste sobre el sector serrano, de esta forma no quedan aislados por el río Iruya. En el paraje

Los Alisos pueden desarrollar, durante estos meses, actividades agrícolas y ganaderas. En este paraje las viviendas construidas para habitar durante la época estival son más precarias aún que las de Matancillas. Los maestros se trasladan junto con la población a este paraje y siguen dando sus clases en una escuela rancho.

1.3 *Actividades Productivas*

La economía se basa mayoritariamente en la agricultura y ganadería de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose zapallos, zanahorias, maíz, papas oca y lechuga. Los cultivos se realizan bajo riego y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria. También se dedican a la crianza de animales como ovejas, vacas y cabras.

1.4 *Saneamiento e Higiene*

La localidad posee un puesto sanitario nuevo y actualmente se está terminando su construcción. El mismo es atendido de forma permanente por el enfermero auxiliar Yamil Vargas y el agente sanitario Emilio Subelssa. Estos realizan el diagnóstico y seguimiento sanitario de toda la población. Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya y su traslado se realiza a lomo de burro o caballo.

Las enfermedades más comunes son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas, solo la escuela y el puesto sanitario tienen baños con vía húmeda.

2 **CARACTERIZACION FISICA**

2.1 *Clima, suelos, vegetación y fauna*

El clima imperante en esta comunidad es Subtropical Serrano con precipitaciones del orden de los 400 mm anuales. Las temperaturas mínimas extremas pueden alcanzar los -10 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. La temperatura media anual ronda los 16

°C. En este sector las condiciones climáticas son favorables debido a que se encuentra influenciado por la buena orientación de la quebrada del río Iruya para la penetración de vientos húmedos provenientes del este, siendo estas condiciones propicias para la precipitación. A su vez la localidad se encuentra topográficamente más deprimida que las otras localidades estudiadas, motivo por el cual las heladas son menos frecuentes.

Las precipitaciones son de carácter estacional y se concentran en el período estival, entre los meses de noviembre a marzo y provienen predominantemente del cuadrante este. En general son de mayor duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas, como las que acontecieron en el presente año, en el que se ha superado la media anual. El período de deficiencia se extiende desde marzo a noviembre con máximas en agosto-septiembre.

Los vientos húmedos que soplan del cuadrante este, al encontrarse con una barrera orográfica como la Sierra de Santa Victoria, originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias más intensas a barlovento que sotavento. Las masas de aire suelen presentarse como fuertes ráfagas de hasta 60 km/hora y utilizan preferentemente como corredores a las abras y los profundos valles, como el del río Iruya en donde se halla asentada esta localidad. Si bien no hay datos pluviométricos registrados, la vegetación es más abundante lo que refleja un mayor aporte de agua precipitada que los sectores ubicados quebrada arriba.

La vegetación se encuentra enmarcada en la provincia fitogeográfica de las Yungas, y dentro de ésta, en el distrito de los Bosque Montanos (Cabrera, 1992), ocupando la parte superior de la Provincia de las Yungas. Su clima es más frío que el de los distritos selváticos con precipitaciones sólidas en los sectores más altos. Pueden diferenciarse tres tipos de bosques: bosque de pino (*Podocarpusparlatorei*), bosques de queñoa (*Polylepisaustralis*) y bosques de aliso (*Alnus jorullensis*), pero generalmente en cualquiera de los tres tipos aparecen individuos de las especies dominantes en los otros como elementos secundarios. Además entre estos bosques y por encima de ellos, existen praderas herbosas que ascienden hasta los 2700 m.s.n.m. En la zona de estudio predomina el bosque de aliso, la especie dominante es el aliso (*Alnus jorullensis* var. *Spachi*), betulácea de unos 8 metros de altura, con hojas caducas, que crece formando bosques casi puros. Como elementos secundarios podemos encontrar ejemplares de *Pedocarpus parlatorei* o de *Polylepis australis*, los más frecuentes son *Sambucus peruviana*, *Schinus gracilipes*, *Duranta serratifolia* y algunos otros elementos que ascienden de la selva. Entre los arbustos más frecuentes tenemos *Eupatorium bubupleurifolium* var. *Eusifolium*, *Lepechina*

graveolens, *Tibouchina paratropica*, *Eupatorium viscidum*, *Senecio rudbeckiaefolius* etc. El estrato herbáceo es bajo y bastante variado. Suelen hallarse *Pteris deflexa*, *Oxalis pubescens*, *Oplismenus hirtellus*, *Selaginella novae-hollandiae* y muchas otras especies. Además son muy frecuentes los musgos y las hepáticas, y sobre todo los líquenes sobre los troncos de los árboles.

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los “zorros” (*Dusycicom*) y “pumas” (*Pumas Concolor*), “chanchos de monte”, “anta”, “monos” entre otros. Los roedores son muy abundantes, tales como ratas, ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se puede mencionar el cóndor, los “cuervos o jotes” (*Coragyps* y *Cathartes*), el “chimango” (*Milvago*), el “carancho” (*Polyborus*) y el “águila blanca” (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles y fluvisoles. En las terrazas altas donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son inmaduros, con un horizonte orgánico pobremente desarrollado.

2.2 Hidrografía

La zona en estudio se halla enmarcada dentro de la cuenca del río Iruya, ubicada en la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse, y su eje mayor está orientado de norte a sur, cuya extensión es de 430 km de longitud (OEA,1973). La comunidad de Matancillas está asentada en la falda oriental de la Sierra de Santa Victoria, donde el punto más elevado está representado por el Cerro Abra Grande. Esta unidad orográfica tiene rumbo preferencial Submeridiano. En este sector el valle del río Iruya tiene rumbo transversal a esta estructura geológica pero sus afluentes principales son paralelos a esta dirección respondiendo al control litológico y estructural.

La red hidrográfica de la zona está integrada por los ríos Iruya y Astillerito y el arroyo Matancillas. La dirección general de escurrimiento superficial es noroeste-sudeste.

Los cauces de los ríos Astillerito e Iruya drenan sus aguas en valles fluviales de 50 metros de ancho aproximadamente, con laderas subverticales debido a que erosionan sedimentitas precámbricas, cámbricas y ordovísicas con alto ángulo de buzamiento. Estos cursos de agua tienen mucha capacidad de transporte de sólidos lo que se traduce en el desarrollo de acuíferos, en los sectores donde la configuración de lecho permite la depositación de sedimentos fluviales.

La comunidad se halla asentada en la confluencia del río Iruya y el arroyo Matancillas. En este sector el río Astillerito es el tributario de mayor jerarquía del Iruya. Estos cursos de aguas superficiales son de régimen permanente con características torrenciales, que en la época estival transportan una importante carga de lecho y de sólidos en suspensión. El Iruya transporta sólidos en suspensión durante todo el año, esto se ve reflejado en los análisis físico-químicos donde los valores de color y turbiedad exceden los límites de potabilidad.

2.3 *Geología Regional*

Esta zona, se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur, en el área de estudio presentan rechazos considerables. La estructura es el producto de varios ciclos diastróficos, el más importante de éstos es la Orogenia Andica (Mioceno), que fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual.

En el sector centro-oriental las rocas aflorantes son las más antiguas de la Cordillera Oriental siendo Precámbricas de la Formación Puncoviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfizados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado, con esquistocidad bien marcada y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos, dispuestas en bancos, a veces, potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes, se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso, que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora en los mismos sectores que lo hace el Precámbrico, en donde se lo encuentra expuesto debido a la presencia de fallas inversas de alto ángulo. Las sedimentitas se disponen en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo. Estos materiales provienen de rocas precámbricas. A

continuación se halla una sucesión de areniscas, de color blanco grisáceo muy duras. Esta se apoya, discordantemente, sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

La Formación Chalhualmayoc está integrada por areniscas silicificadas de color blanco y de grano mediano semejantes, en composición y estratificación, a las areniscas de la Formación Lizoite. Como en las formaciones anteriores, hay intercalaciones de estratos de lutitas verdes.

Sobre la Formación Puncoviscana (Precámbrico) y el Grupo Mesón (Cámbrico) se asientan, en discordancia angular, las rocas pertenecientes al Grupo Santa Victoria y, dentro de éste, las correspondientes a la Formación Santa Rosita, asignadas al Ordovísico (Tremadociano). Esta Formación, está constituida por un conglomerado basal de areniscas cuarcíticas de color violáceo pardusco que tiene un espesor de 30 a 40 metros. Suprayaciendo a este conglomerado hay 10 metros de areniscas verdosas de grano fino a mediano, cubiertas a su vez, por lutitas de color verdoso a gris oscuro, con pocas intercalaciones de lutitas areniscosas y bancos potentes de cuarcitas blancuzcas.

En perfecta concordancia sobre los sedimentos de la Formación Santa Rosita se apoya la Formación Acoite, compuesta por una sucesión monótona de lutitas y lutitas areniscosas de verdosas a amarillentas verdosas, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color gris claro.

Discordantemente, se disponen los depósitos asignados al Cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: fanglomerados fluviales semiconsolidados, que integran las terrazas altas y las gravas areno limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta 2 metros que componen el álveo del río Iruya.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

La localidad de Matancillas, cuenta con un sistema precario de provisión y distribución de agua potable. Esta obra fue construida por los habitantes del paraje y los materiales fueron provistos por el Plan Social, que depende del Ministerio de Salud de la provincia de Salta. La misma consta de una captación superficial muy precaria realizada en

el arroyo Matancillas a 1200 metros aguas arriba de la escuela y a 1515 m.s.n.m. Para realizar la captación los habitantes de la localidad realizan una toma superficial sobre el arroyo el cual escurre sobre rocas ordovísicas. La toma consta de una manguera de pvc de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro, envuelta en tela metálica a modo de filtro, sumergida en el lecho del arroyo. La misma conduce agua hasta una cisterna de $15,62 \text{ m}^3$ de capacidad ubicada a 300 metros de la toma y a 1420 m.s.n.m., desde la cual se conduce el agua a la escuela, al puesto sanitario y a dos viviendas de la comunidad, a través de una cañería de pvc de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro. El resto de la población debe abastecerse del agua para su consumo de los establecimientos que cuentan con sistema de conducción o lo hace acarreado agua del arroyo Matancillas.

Antes de que la población se traslade al paraje de Los Alisos, en la época estival, se recoge la manguera de la toma para que las crecientes del arroyo no la arrastren aguas abajo. El agua de la cisterna no es clorada en ninguna época del año.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia están conformados por el río Iruya, y el arroyo Matancillas. La localidad en estudio se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del arroyo Matancillas, presentando un desnivel de 25 metros entre el lecho del río y las viviendas. Si bien los caudales transportados por el Iruya son muy importantes, el agua de este río transporta exceso en sólidos disueltos durante todo el año (ver análisis físico químico).

El río Iruya es un curso de tipo permanente, que en este sector fluye en dirección noroeste-sudeste hasta la desembocadura con el río Bermejo. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar elevada torrencialidad, elevada pendiente y gran capacidad de transporte. Se realizó un aforo el cual arrojó un caudal de $950 \text{ m}^3/\text{h}$ en la última semana de mayo de 1999.

El arroyo Matancillas tiene sus nacientes en el Abra Astillerito (2719 m.s.n.m.). Aguas debajo de la toma, este curso de agua superficial experimenta saltos de más de 20 metros de altura sobre rocas ordovísicas, esto se debe a que el mismo transpone escalones tectónicos producto de las numerosas fallas que se encuentran en esta zona.

Desde el punto de vista hidrogeológico, esta fuente presenta ciertas limitaciones ya que se trata de un curso fluvial del tipo torrencial que transporta sólidos disueltos durante la época estival. El mismo es de régimen permanente, esto se debe a que posee una cuenca de 3,249 km² de superficie y a que se halla en una zona donde las precipitaciones son altas. El aforo realizado en este arroyo arrojó un caudal de 111,86 m³/h, en la última semana de mayo de 1999.

4.2 *Agua Subterránea*

Durante los trabajos de campaña y luego de realizar el reconocimiento hidrogeológico se relevaron afloramientos de agua subterránea sobre el valle fluvial del río Iruya, a la altura de la localidad de estudio. Estos manantiales tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente, de esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, y también se originan donde el basamento hidrogeológico se encuentra a escasa profundidad bajo el lecho del curso fluvial que ocasionan una disminución en la superficie drenante y por consiguiente la elevación de la freática (control litológico). Estas vertientes, en el periodo de estiaje, se secan por completo.

En el sector serrano no se detectaron manantiales de agua subterránea, si bien en esta zona el relevamiento hidrogeológico es muy difícil de realizar debido a la espesa vegetación que enmascara la topografía.

4.2.1 *Antecedentes*

En la zona en estudio no existen antecedentes de estudios de fuentes.

Si bien tampoco existen antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las vertientes en el valle fluvial del río Iruya son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 *Estudio de Fuentes*

4.2.2.1 *Hidroestratigrafía*

Matancillas se encuentra sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria. El punto más alto de esta unidad orográfica es el cerro Abra Grande y se extiende en sentido submeridional.

La comunidad se asentó en la quebrada del arroyo Mancillas, sobre terrazas aluviales, depositadas a expensas de procesos de remoción en masa.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario eleva la región a su posición actual.

Los sedimentos Cuaternarios, en este sector de la cuenca, tienen una gran distribución areal y en ellos pueden reconocerse, por lo menos, tres ciclos morfogenéticos.

En el primero debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana, del Grupo Mesón asignado al Cámbrico y del Grupo Santa Victoria perteneciente al Ordovísico.

El segundo ciclo se caracterizó por el predominio de la acumulación sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales.

En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, es la erosión fluvial el proceso dominante, como consecuencia de esto, el río Iruya ha deprimido su nivel de base produciendo una intensa disección y aterrazamiento de las bajadas aluviales, la que se ve reflejada en los distintos conos colgados que emergen de los valles.

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas Precámbricas, Cámbricas y Ordovísicas que afloran en el sector serrano. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el período estival, debido a que su zona de recarga en general es demasiado pequeña para generar reservas suficientes que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Como consecuencia de esto, las mismas durante el período de estiaje no entregan caudal alguno. Las manifestaciones de agua subterránea más significativas las constituyen los manantiales ubicados sobre el valle fluvial del río Iruya. Los mismos tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente (control topográfico) y por otro lado, existe un control litológico de las rocas del basamento

hidrogeológico. Estas vertientes no son estables y van cambiando su posición en el tiempo en función de la nueva configuración de lecho, esto es debido a la gran capacidad de transporte de carga de arrastre que posee este río. En el período de estiaje estas vertientes desaparecen por completo al deprimirse el nivel estático del acuífero conformado por el subálveo del río Iruya.

4.2.2.3 Hidroquímica

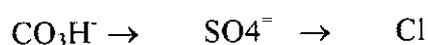
Se tomaron muestras de agua en el río Iruya y el arroyo Matancillas.

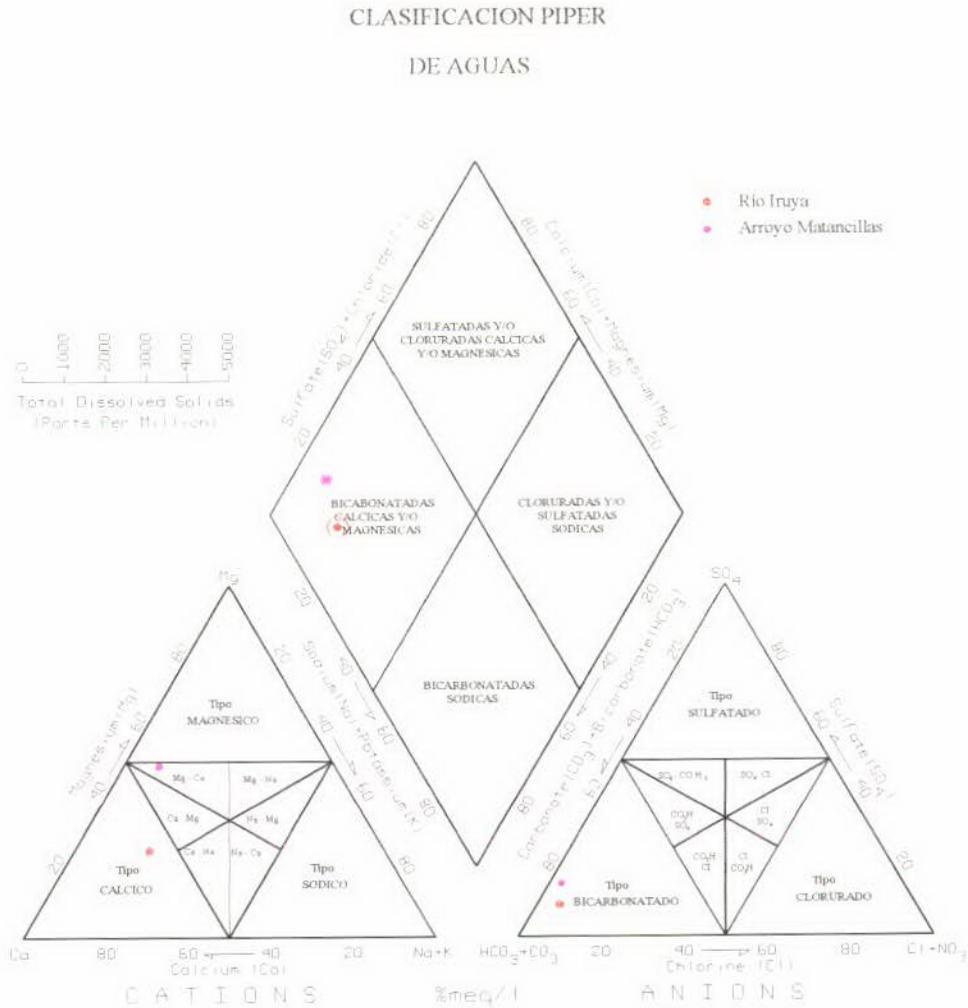
En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 135,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 12,2 °C de temperatura para el río Iruya y los del agua del arroyo Matancillas son: 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 10 °C de temperatura.

Los resultados de los análisis físico-químicos indican que el agua del río Iruya presenta exceso de color y turbiedad, los demás parámetros analizados poseen valores aceptables para el consumo humano. El centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1992), aconseja no consumir aguas con índices de color alto, debido a que este puede tener su origen en materias orgánicas disueltas y coloidales o enmascarar a éstas si la turbiedad es de origen mineral, basándose en que la aplicación del cloro como desinfectante en presencia de materia orgánica puede generar compuestos orgánico-clorados que han tenido efectos cancerígenos en animales. Como consecuencia de lo antes mencionado, a esta agua no se la considerará potable hasta que no sea tratada a fin de eliminar todos los sólidos en suspensión. En cambio el agua del arroyo Matancillas presenta valores normales en los parámetros analizados, por lo que la considerará potable según el SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable).

Los resultados de los análisis fueron graficados en un diagrama de Piper. El agua del río Iruya es bicarbonatada y la del arroyo Matancillas es bicarbonatada magnésica-cálcica.

La tipología de las aguas analizadas sigue el patrón normal de evolución geoquímica, que puede ser expresado de la siguiente forma:





Las aguas muestreadas pertenecen a una misma familia (bicarbonatadas). Las aguas se hallan en los primeros estadios de la evolución (bicarbonatada cálcica), siendo esto coherente desde el punto de vista geoquímico.

4.2.2.4 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de Matancillas se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta en la quebrada del arroyo Matancillas.

No se cuenta en la zona, con antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero las vertientes si bien no son significativas son la prueba irrefutable de que este recurso existe desde el punto de vista cualitativo.

El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en los resultados de la prospección geoelectrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal. En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (areniscas, lutitas), al escaso a nulo desarrollo de suelos, a la escasez de cobertura vegetal y a la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial, inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo. En la zona de los valles, donde asienta el poblado, estas condiciones varían notablemente debido al desarrollo de la vegetación y de los suelos que actuarían como reguladores de la infiltración a pesar de las elevadas pendientes topográficas.

Los cursos fluviales más importantes son el río Iruya y el arroyo Matancillas, estos han profundizado sus cauces disectando los conos de eyección que descienden de las numerosas quebradas, generando terrazas colgadas. De esta manera, sólo es posible esperar la formación de yacimientos de agua con la reserva suficiente para tener capacidad de regulación durante todo el año, en el acuífero formado por el subálveo del río Iruya a lo largo de toda su cuenca. Los análisis físico-químicos del agua superficial del río Iruya presentan exceso en color y turbiedad, lo cual indica que de realizarse una captación superficial de este río, el agua deberá ser tratada para eliminar los sólidos disueltos a fin de que sea potable.

El arroyo Matancillas es un curso que escurre en el sector alto y medio de su cuenca sobre rocas ordovísicas (lutitas y areniscas) y en el sector bajo éste desarrolla un álveo de menos de un metro de potencia. Este arroyo posee un gran caudal y sus aguas son aptas para el consumo humano.

5 CONCLUSIONES

La localidad de Matancillas en la actualidad posee un sistema parcial de abastecimiento de agua potable, debido a que no todas las viviendas poseen distribución domiciliaria. La manguera que une la toma con la cisterna es colocada de tal manera que capte agua recién en mayo, mes en el cual la población regresa del paraje Los Alisos, donde pasa toda el periodo estival. Desde esta época hasta diciembre (en que vuelve a Los Alisos) el arroyo Matancillas entrega un caudal muy superior al que necesita la localidad para abastecerse y el agua del mismo está libre de sólidos. Por otro lado, la conducción posee deficiencias constructivas, ya que es normal el colapso de las mangueras de pvc por exceso de presión y faltan conexiones a muchas viviendas de la localidad.

En base a lo dicho anteriormente, se podría realizar una captación del tipo superficial en la misma posición donde se encuentra la actual toma, ya que este lugar está a 95 metros por encima de la cisterna (dominio topográfico) y que este sector de la cuenca escurre sobre lutitas ordovísicas, donde normalmente no transporta material de arrastre y los sólidos disueltos están restringidos a los días de lluvias, época en que no está habitada la localidad.

En el río Iruya es inviable la ejecución de una captación superficial. Si bien este río posee grandes caudales durante todo el año, su gran poder erosivo hace que la configuración de la llanura de inundación se modifique de manera abrupta, amenazando la estabilidad de una captación de este tipo. Además, la captación debería ser acompañada con la construcción de una planta de tratamiento para la eliminación de los sólidos disueltos a fin de que ésta sea apta para el consumo humano. Por otro lado, este río posee un acuífero bien desarrollado conformado por el subálveo del mismo, el que podría ser explotado para el abastecimiento de agua para consumo humano, a través de una captación subsuperficial. En este caso el único inconveniente a superar sería el de elevar la columna de agua hasta la cota donde se halla construida la cisterna, cuya diferencia de altura es de 120 metros.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descrito y del trabajo de campaña realizado, se proponen las siguientes alternativas:

- Realizar una obra de captación superficial en el arroyo Matancillas en el sector de la actual toma, sobre la margen occidental del arroyo (ver fotos). Debido a la carga sólida presente durante los meses de precipitaciones, será necesario una planta potabilizadora dotada de unidades de decantación, filtrado y cloración. En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes sólo permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población.
- Realizar una obra de captación subsuperficial (tipo dren) en el álveo del río Iruya, en el sector de la playa a la altura de la localidad. La ejecución de un dren subsuperficial, por su metodología y técnica constructiva, asegura la explotación de agua sin entrada de sólidos a la captación, como así también minimiza los efectos de erosión que posee el río sobre las obras de infraestructura que se interponen a su flujo natural.

El dren deberá contar con un tramo de conducción que desemboque en una cámara de carga, la que deberá ser construída en la base de las terrazas aluviales, donde afloran rocas ordovísicas a fin de poder anclarla y protegerla de las eventuales crecidas del río. Desde ésta, una bomba deberá elevar la columna de agua hasta la cisterna para su posterior tratamiento y distribución domiciliaria.

7 ANEXOS

Figura 1: Mapa de Ubicación General

Figura 2: Mapa Hidrológico

Figura 3: Mapa Geológico

Planilla 1: Análisis físico-químico Río Iruya

Planilla 2: Análisis físico-químico arroyo Matancillas

FIGURA 1 - PLANO DE UBICACION GENERAL

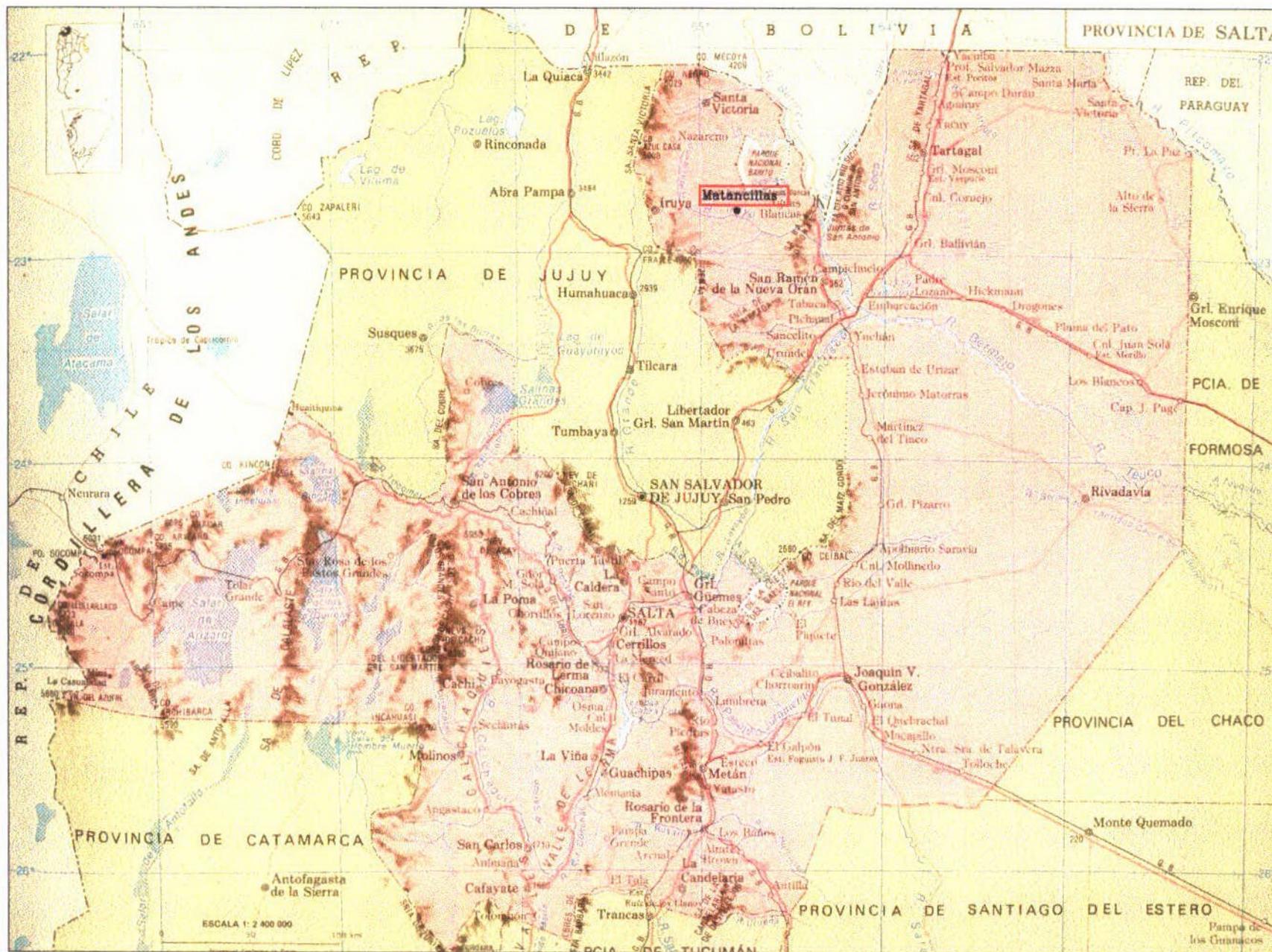
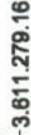


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

-  Puesto Sanitario
-  Escuela
-  Vivienda
-  Toma Propuesta
-  (1325) Punto Altimétrico expeditivo, (m.s.n.m.)
-  Río Permanente
-  Río Temporario
-  Escurrimiento superficial
-  Escurrimiento Subterráneo
-  3.611.279.16
-  7.476.974.49 + Coordenadas Gauss - Kruger

Escala Gráfica

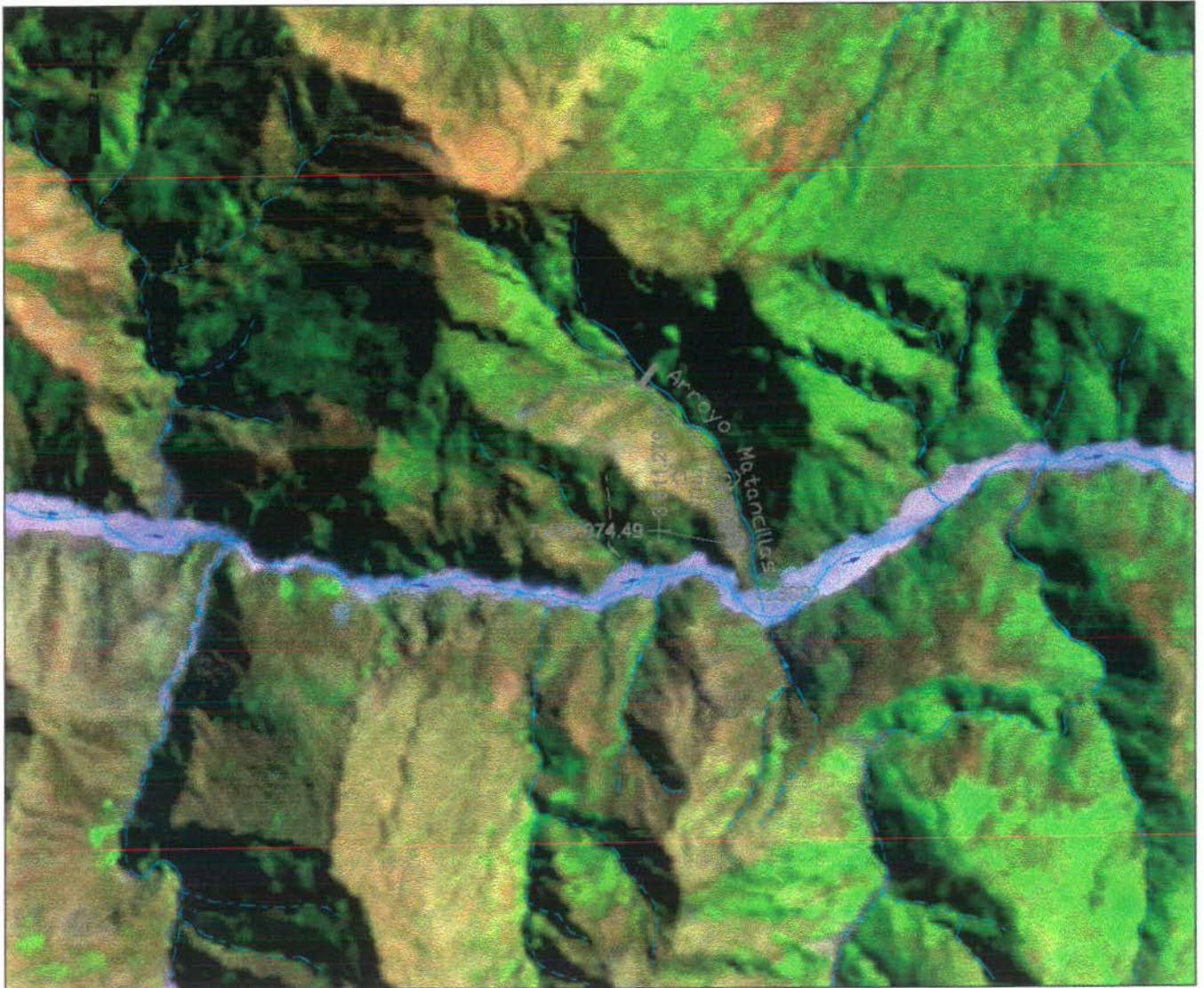
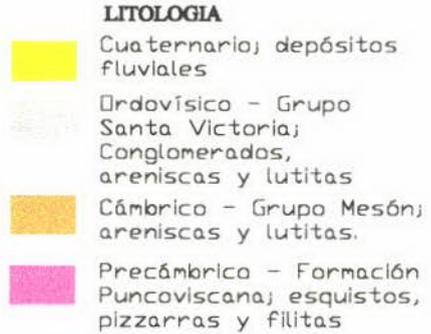
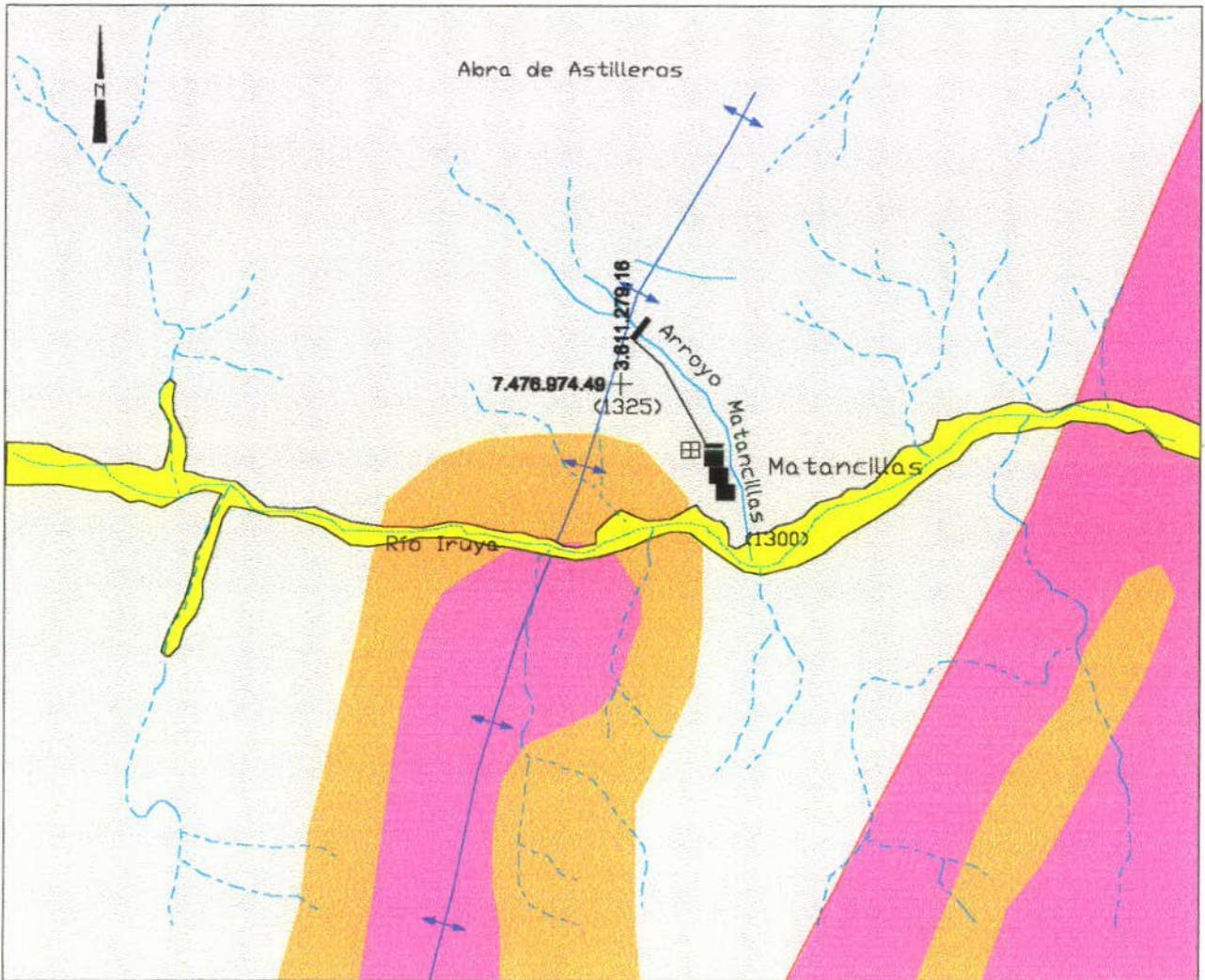


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS



Escala Gráfica



Análisis Físico Químico
Río Iruya

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	185	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	143	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	150	200	500		
Color (U.C.)	18	5	10		
pH a 25 °C	7,2	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	26	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	283		2000		
Sodio	14				
Potasio	2,2				
Calcio	42				
Magnesio	11				250
Cloruros	6,4	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	174,46	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	15	200	400	2000	4000
Hierro total	0,4	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	3,67				
Sumatoria Aniones (meq/l)	3,35				
Error analítico	8,95	4	8		
Potabilidad	No Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Arroyo Matancillas

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	80	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	66	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	87	200	500		
Color (U.C.)	1	5	10		
pH a 25 °C	7,2	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	1	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	202		2000		
Sodio	4				
Potasio	1,1				
Calcio	20				
Magnesio	13				250
Cloruros	3	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	80,52	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	40	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoníaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	2,27				
Sumatoria Aniones (meq/l)	2,24				
Error analítico	1,45	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

8 FOTOS

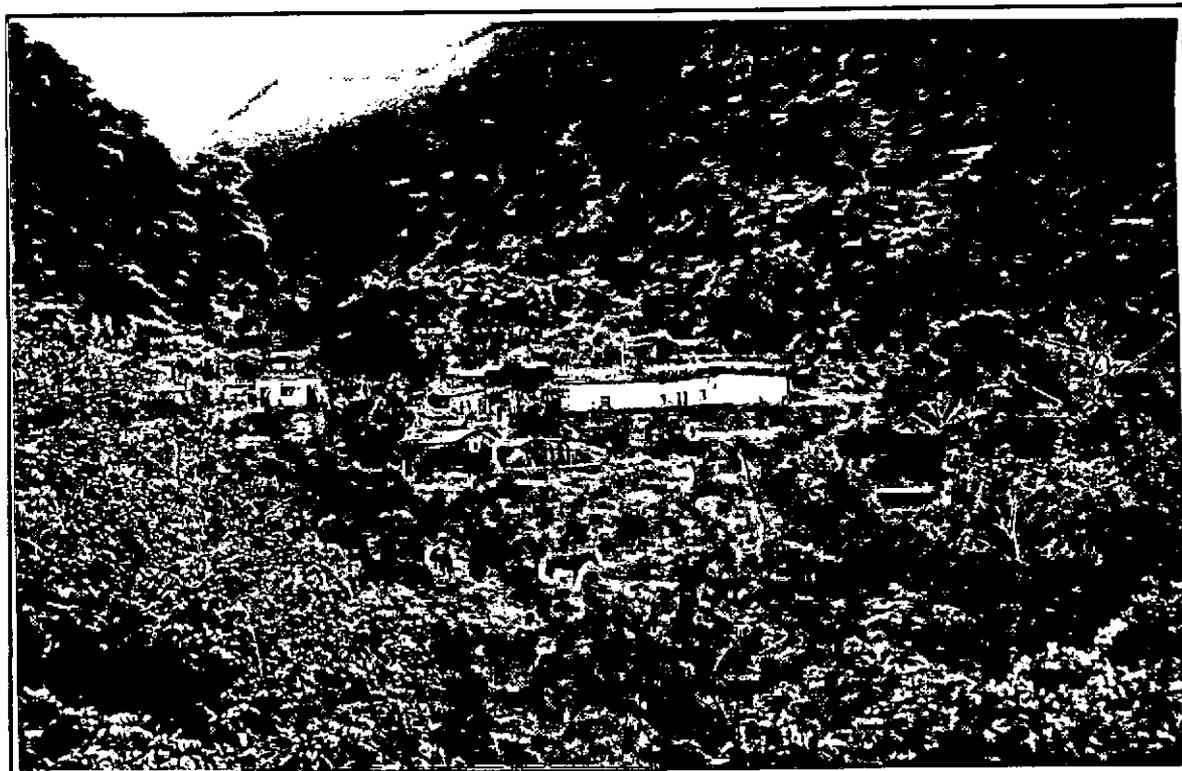


Foto 1. Vista de la localidad de Matancillas.

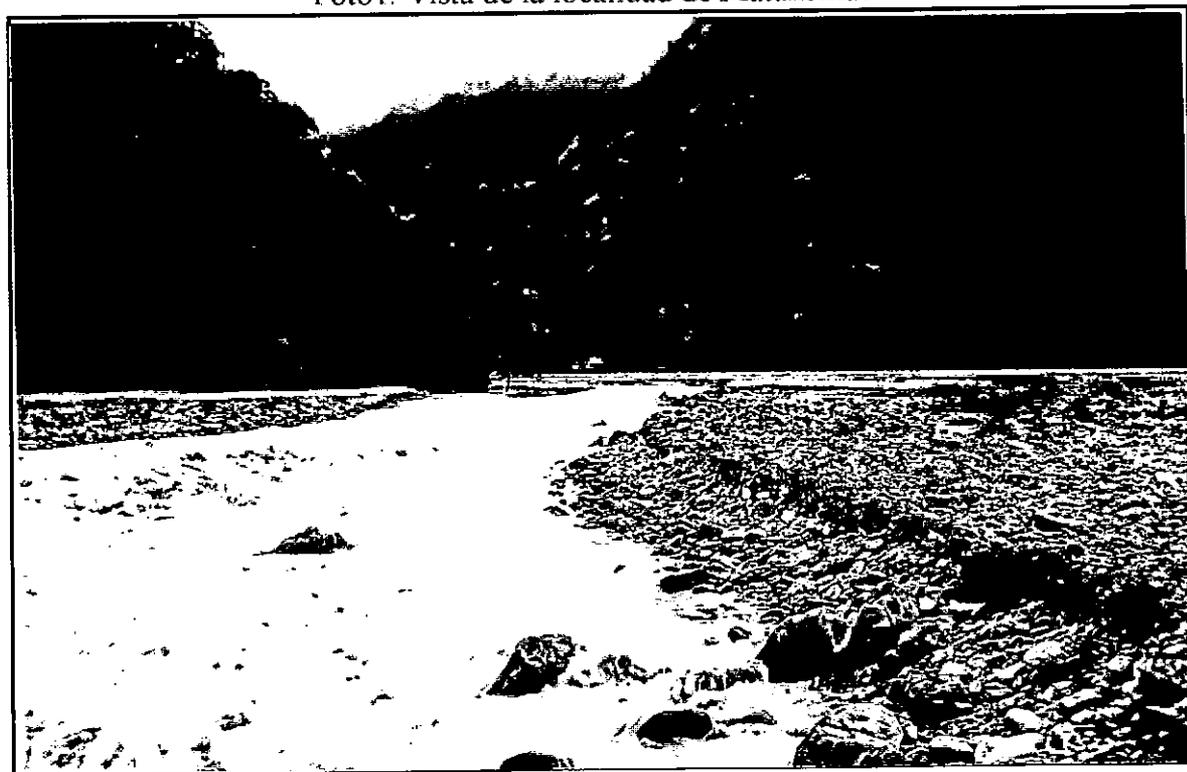


Foto 2. Vista del río Iruya a la altura de la localidad de estudio.



Foto 3. Toma de agua sobre el arroyo Matancillas.



Foto 4. Vista de la cisterna de acopio de agua de la localidad.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

- *HIGUERAS* -

DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA

Julio de 1999

INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1. *Localización*
- 1.2. *Síntesis Poblacional*
- 1.3. *Actividades Productivas*
- 1.4. *Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. *Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. *Hidrografía*
- 2.3. *Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL

4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

- 4.1. *Agua superficial*
- 4.2. *Agua subterránea*
 - 4.2.1. *Antecedentes*
 - 4.2.2. *Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1. *Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2. *Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.3. *Hidroquímica*
 - 4.2.2.4. *Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES

6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

7. ANEXOS

8. FOTOS

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Higueras se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss-Kruger correspondientes a esta localidad son: $X = 7.484.268$; $Y = 3.592.378$; y está situada a 1.980 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Desde esta última se debe transitar por la misma ruta hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca, para luego transponer la sierra de Santa Victoria por el Abra del Cóndor (4000 m.s.n.m.) donde luego de 45 km se llega al pueblo de Iruya. Desde allí se accede a la localidad de Higueras por medio de un camino de herradura de 15 km de longitud, que recorre la playa del río Iruya en dirección este.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Higueras tiene una población aproximada de 90 personas. La comunidad es propietaria de las tierras donde se asienta.

Las viviendas en su mayoría están construidas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Las mismas se encuentran agrupadas en torno a la escuela y el puesto sanitario.

La localidad cuenta con una Escuela-Albergue N° 4170 "Higueras" de nivel EGB 1 y 2, donde concurren 80 alumnos, de los cuales 65 se albergan en la escuela de lunes a viernes. La misma es de doble escolaridad y su plantel está compuesto por cinco maestros de grado y cinco auxiliares, que cumplen tareas de cocina y mantenimiento del establecimiento. Los docentes realizan talleres de literatura, música y plástica. La infraestructura de la escuela se halla en muy buen estado de mantenimiento. En la misma EDESA. S.A., en el año 1998, realizó la instalación de un sistema de iluminación con energía solar que cubre por completo las demandas de la escuela.

1.3 *Actividades Productivas*

La economía se basa mayoritariamente en la agricultura y ganadería de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose zapallos, zanahorias, maíz, papas oca y lechuga. Los cultivos se realizan bajo riego, y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria. También se dedican a la crianza de animales como ovejas, vacas y cabras.

1.4 *Saneamiento e Higiene*

La localidad posee un puesto sanitario, que es atendido de forma permanente por el enfermero auxiliar Galo Subelssa y el agente sanitario Zerpa Martínez. Ellos realizan el diagnóstico y seguimiento sanitario de toda la población. Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya y su traslado se realiza a lomo de burro, pero en el verano los ríos hacen intransitable y peligroso el acceso a la localidad, motivo por el cual se hallan aislados desde los meses de diciembre a marzo.

Las enfermedades más comunes de la zona son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piодermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica. En la comunidad hay siete casos de desnutrición, de los cuales cuatro son de riesgo.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas, sólo la escuela y el puesto sanitario tienen baños con vía húmeda.

2 **CARACTERIZACION FISICA**

2.1 *Clima, suelos, vegetación y fauna*

El clima imperante en esta comunidad es semiárido de montaña, con precipitaciones del orden de los 400 mm anuales y una temperatura media anual de 14° C. Las temperatura mínimas extremas pueden alcanzar los -10 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. Las precipitaciones sólidas que ocurren en las cumbres del sector serrano que superan los 5000 m.s.n.m., restringiéndose las líquidas a los sectores topográficamente más deprimidos. Las temperaturas nocturnas descienden por debajo de 0 °C casi todo el año. En este sector las condiciones climáticas son más favorables que las descriptas para la

localidad de Colanzulí, debido a que se encuentra topográficamente más baja que ésta última. Es por ello que las heladas son menos frecuentes en este paraje

Las precipitaciones son de carácter estacional y se concentran en el período estival, entre los meses de noviembre a marzo, y provienen predominantemente del cuadrante este. En general son de corta duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas, como las que acontecieron en el presente año, en el que se ha superado la media anual. El período de deficiencia se extiende desde marzo a noviembre, con máximas en agosto-septiembre. El déficit hídrico medio puede alcanzar hasta 400 mm anuales.

La configuración altitudinal ejerce mayor influencia sobre el clima que los factores que dependen directamente de los efectos solares. Los vientos húmedos que soplan del cuadrante este, al encontrarse con una barrera orográfica como lo es la Sierra de Santa Victoria originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias a barlovento. Las masas de aire suelen presentarse como fuertes ráfagas de hasta 60 km/hora, utilizando preferentemente como corredores a las abras y los profundos valles, como el del río Iruya, que disectan la topografía de la zona.

La vegetación se encuentra enmarcada dentro de la provincia fitogeográfica Puneña (Cabrera, 1958). Su fisonomía es de estepa o de matorral arbustivo, representado por la "tola" (*Parastreoia*), "tolilla" (*Fabiana densa*), combinada con pajonales en suelos más húmedos y bosquesillos de "queñoa" (*Polilepis tomentalla*). En Higuera se observan distintas unidades de vegetación que corresponden a la variación topoclimática producida por el abrupto relieve (Quiroga, 1996). Las especies características son el "añagua" (*Adesmia Horridiuscula*), "suncho" (*Vigueira Tucumanensis*), "cortadera" (*Cortadeira Speciosa*), "muña-muña" (*Satureja Parvifolia*) y varias especies de bracharis. También pastizales de "iro" (*Festuca sp Stipa sp*) y "grama", (*Aristida Adscensionis* y *Aristida sp*).

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los "zorros" (*Dusycicom*) y "pumas" (*Pumas Concolor*). Los roedores son muy abundantes, tales como ratas y ratones de campo y vizcachas. Entre las aves se puede mencionar el "cóndor", los dos "cuervos o jotes" (*Coragyps* y *Cathartes*), el "chimango" (*Milvago*), el "carancho" (*Polyborus*) y el "águila blanca" (*Geranoaetus*) entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles, regosoles y fluvisoles. En las terrazas altas donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son pobremente desarrollados (debido fundamentalmente al clima imperante), con escaso contenido orgánico y muy permeables.

2.2 *Hidrografía*

La zona en estudio se halla enmarcada dentro de la cuenca del río Iruya, perteneciente a la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia. Esta abarca una superficie de 24.450 km², tiene forma de elipse, con su eje mayor orientado de norte a sur, cuya extensión es de 430 km de longitud (OEA, 1973). La comunidad de Higuera está asentada en la falda occidental de la Sierra de Santa Victoria, donde el punto más elevado del sector está representado por el Cerro San Gregorio. Esta unidad orográfica tiene rumbo preferencial submeridiano. En este sector, el valle del río Iruya tiene rumbo transversal a esta unidad geológica, pero sus afluentes principales son paralelos a esta dirección, respondiendo al control litológico y estructural.

La red hidrográfica de la zona está integrada por los ríos Iruya, Nazareno y el arroyo Higuera. La dirección general de escurrimiento superficial es noroeste-sudeste.

Los cauces de los ríos Nazareno e Iruya drenan sus aguas en valles fluviales de 50 metros de ancho aproximadamente, con laderas subverticales debido a que erosionan sedimentitas precámbricas con alto grado de buzamiento. Estos cursos de agua tienen mucha capacidad de transporte de sólidos, lo que se traduce en el desarrollo de acuíferos en donde la configuración del lecho permite la depositación de sedimentos fluviales.

La comunidad se asienta en la confluencia de los ríos Iruya y Nazareno, siendo este último el tributario de mayor jerarquía del Iruya. Estos cursos de aguas superficiales son de régimen permanente con características torrenciales, que en la época estival transportan una importante carga de lecho y de sólidos en suspensión. Si bien la primera no se manifiesta en la época de estiaje, los sólidos son permanentes durante todo el año. Esto se ve reflejado en los análisis físico-químicos, donde los valores de color y turbiedad exceden los límites de potabilidad.

2.3 *Geología Regional*

La zona en estudio se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur, y en el área presentan rechazos considerables. La estructura es el producto de varios ciclos diastróficos. El más importante de éstos es la Orogenia

Andica (Mioceno), que fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual

Las rocas aflorantes en la zona son, en su mayoría las más antiguas de la Cordillera Oriental. Pertenecen al Precámbrico, Formación Puncoviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfizados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado con esquistocidad bien marcada, y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos dispuestas en bancos a veces potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes y se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora tanto en el sector occidental como en el oriental, en donde se lo encuentra expuesto debido a la presencia de fallas inversas de alto ángulo. Estas sedimentitas se disponen en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo. Estos materiales provienen de rocas precámbricas. A continuación se halla una sucesión de areniscas de color blanco grisáceo muy duras. Esta se apoya, discordantemente, sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

La Formación Chalhualmayoc está integrada por areniscas silicificadas de color blanco y de grano mediano, semejantes en composición y estratificación, a las areniscas de la Formación Lizoite. Como en las formaciones anteriores, hay intercalaciones de estratos de lutitas verdes.

Sobre la Formación Puncoviscana (Precámbrico) y el Grupo Mesón (Cámbrico) se asientan, en discordancia angular, las rocas pertenecientes al Grupo Santa Victoria, y dentro de éste, las correspondientes a la Formación Santa Rosita, asignadas al Ordovísico (Tremadociano). Esta formación está constituida por un conglomerado basal de areniscas cuarcíticas de color violáceo pardusco, que tiene un espesor de 30 a 40 metros. Suprayaciendo a este conglomerado hay 10 metros de areniscas verdosas de grano fino a mediano cubiertas, a su vez, por lutitas de color verdoso a gris oscuro, con pocas intercalaciones de lutitas areniscosas y bancos potentes de cuarcitas blancuzcas. En perfecta

concordancia sobre los sedimentos de la Formación Santa Rosita se apoya la Formación Acoite, compuesta por una sucesión monótona de lutitas y lutitas areniscosas, de verdosas a amarillentas verdosas, con intercalaciones de areniscas calcáreas de color gris claro.

Discordantemente se disponen los depósitos asignados al Cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: fanglomerados fluviales semi consolidados, que integran las terrazas altas y las gravas areno limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta 2 metros que componen el álveo del río Iruya.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

En Higuera, sólo la escuela y el puesto sanitario poseen sistema de captación y distribución de agua, el cual es precario y no está protegido sanitariamente. Esta obra fue construida por los habitantes del paraje y los materiales fueron provistos por la Municipalidad de Iruya. La misma consta de una captación superficial muy precaria sobre el arroyo Higuera, 650 metros aguas arriba de la escuela. Para realizar la captación, la gente de la localidad construye una toma en el arroyo con los mismos sedimentos del lecho. El agua es conducida por un canal realizado en la margen derecha del mismo hasta una cisterna de 8m³ de capacidad, desde la cual se conduce a la escuela y el puesto sanitario a través de una cañería de PVC de ¾ pulgadas de diámetro. El resto de la población se abastece de agua para consumo de estos establecimientos, o lo hace acarreándola desde el arroyo. La toma es sistemáticamente destruida por el arroyo en la época estival, motivo por el cual la población cuenta con frecuentes períodos sin agua, o la misma transporta muchos sólidos en suspensión. El agua de la cisterna no es clorada en ninguna época del año.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia en la zona, son los ríos Iruya y Nazareno y el arroyo Higuera. La localidad se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del arroyo Higuera, presentando un desnivel de 25 metros entre el lecho del río

y la misma. Si bien los caudales transportados por los ríos Iruya y Nazareno son muy importantes, el agua de ambos transporta exceso en sólidos disueltos durante todo el año, (ver análisis físico químico).

El río Iruya es un curso de tipo permanente, que en este sector fluye en dirección noroeste-sudeste hasta su desembocadura en el río Bermejo. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar una elevada torrencialidad, una elevada pendiente y gran capacidad de transporte. Se realizó un aforo en este río el cual arrojó un caudal de 930 m³/h en la tercera semana de mayo de 1999.

El río Nazareno es el tributario más importante del río Iruya y tiene sus nacientes en la ladera austral del cerro Negro (3999 m.s.n.m.) y el Abra del Cóndor. Esta fuente no presenta limitaciones desde el punto de vista hidrogeológico, ya que se trata de un curso fluvial que transporta caudales muy significativos durante todo el año, debido a que posee una cuenca de gran superficie (área de aporte) que le confiere una excelente capacidad de regulación. El aforo realizado en este río promedió los 720 m³/h.

Ciento cincuenta metros agua abajo de la localidad, el río Iruya recibe por la margen izquierda al arroyo Higuera, el cual es de carácter permanente. Este arroyo es un curso de agua del tipo torrencial, cuya cuenca tiene una superficie de 9680810 km². El mismo fluye en sentido noroeste-sudeste sobre un valle muy estrecho de 6 metros de ancho, donde escurre sobre rocas precámbricas en gran parte de su recorrido. En el sector bajo de su cuenca ha desarrollado un amplio cono de eyección antes de desembocar al río Iruya, sobre el quiebre de pendiente. Este en época de lluvias aumenta su competencia y con ésta el transporte de sólidos. El arroyo Higuera tiene pequeños tributarios con sus mismas características.

Durante el trabajo de campaña, se efectuó un aforo sobre el arroyo Higuera, en el sector medio de su cuenca, antes de la toma de agua, el cual arrojó un valor de 280 m³/h en la tercera semana de mayo de 1999. También se tomó la diferencia de cota existente entre el punto aforado y la comunidad, la cual es de 65 metros lo que asegura el dominio topográfico de este punto sobre la localidad en estudio.

4.2 Agua Subterránea

Durante los trabajos de campaña, y luego de realizar el reconocimiento hidrogeológico del sector se advirtió que en varios tramos de los ríos Iruya y Nazareno, existen numerosos afloramientos de agua subterránea en los valles fluviales. Estos

manantiales tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente, de esta forma, la superficie piezométrica intercepta a la topográfica; o también en aquellas zonas donde el valle fluvial se estrecha (elevación de la freática), produciéndose una superficie de drenaje por donde emerge el agua subterránea.

En el sector que comprende la unión de los ríos Iruya y Nazareno se realizó una prospección geoelectrica. El resultado de ésta confirmó la presencia de un acuífero de 14,7 metros de potencia en el SEV 2, siendo esto coherente con el ambiente geomorfológico e hidrogeológico del sector de estudio.

En el sector serrano, la vertiente de mayor importancia se halla sobre la ladera oriental la cuenca del arroyo Higuera, a 1000 metros agua arriba de la confluencia de este arroyo con el río Iruya. Esta emanación de agua subterránea se debe a que las rocas precámbricas de baja permeabilidad primaria están altamente fisuradas (permeabilidad secundaria), permitiendo el almacenamiento subterráneo de las precipitaciones sólidas y líquidas que ocurren en el sector serrano. El área de recarga de esta vertiente es de aproximadamente 15.598 m².

Durante los trabajos de campaña se realizó un aforo sobre esta vertiente arrojando un caudal de 0,157 m³/h.

4.2.1 Antecedentes

Los únicos antecedentes de estudios de fuentes son los realizados en las localidades de Abra de Araguayoc, Pueblo Viejo, Campo Carrera, Campo La Cruz y Poscaya (Guillermo Baudino, 1993) y en el pueblo de Iruya (Rodolfo García, 1997).

Tampoco existen en la zona antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las numerosas vertientes en las laderas de los cerros y valles son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 Estudio de Fuentes

4.2.2.1 Geoelectrica

Con el propósito de establecer las propiedades eléctricas de los sedimentos, como así también el espesor de las facies sedimentarias susceptibles de albergar posibles niveles acuíferos, se realizó una prospección geoelectrica en la llanura de inundación del río Iruya.

El trabajo se efectuó con un equipo bicomensador de corriente continua con lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Se usaron electrodos de corriente de acero inoxidable y de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre. Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 200 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron cajas con baterías de 9 voltios que, interconectadas, alcanzan un valor máximo de 540 voltios. La prospección geoelectrica se llevó a cabo por el método del SEV (sondeo eléctrico vertical), con un dispositivo electródico tetrapolar Schlumberger de constante geométrica $K = \frac{\pi}{4} \frac{(AM \cdot AN)}{MN}$.

Las longitudes entre el centro de los sondeos y los electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 65 metros.

Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 10 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogarítmico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA y la ordenada a los de δ_a (resistividad aparente). La interpretación se realizó primeramente en forma manual a través de la comparación de la curva de campo empalmada, con los ábacos patrones de Orellana & Mooney (1966) y de van Dam & Meulenkamp (1969). A continuación los resultados de la interpretación manual fueron optimizados con programas de computación. El resultado final es un gráfico donde las marcas representan a los puntos de la curva de campo empalmada y la línea continua corresponde a la curva de interpretación optimizada que responde al modelo físico - matemático.

Se ejecutaron dos sondeos sobre la llanura de inundación del río Iruya, en el sector de confluencia de éste con el río Nazareno. El SEV 1 se realizó a 30 metros del cauce del río Iruya, en el sector donde desemboca el río Nazareno y sobre los depósitos más distales del abanico de eyección del arroyo Higuera, a la altura de la escuela. El SEV 2 se ubicó paralelo al SEV 1 a 30 metros al norte sobre la margen derecha del río Iruya y a 40 metros de los afloramientos de las rocas precámbricas.

El modelo geoelectrico interpretado fue ajustado teniendo en cuenta el marco geológico existente. Los resultados obtenidos son los siguientes:

SEV 1 – Río Iruya.

El corte geoelectrico muestra la sucesión de cuatro electrocapas. La primera, muy resistiva (338 Ohm.m) y de 1,44 metros de espesor, interpretada como sedimentos fluviales, de granulometría gruesa (pizarras y esquistos) asignadas al Cuaternario.

Corte Geoeléctrico	
<u>338</u>	1,44
<u>197</u>	7,44
<u>85</u>	22,20
302	

A continuación se identificó un horizonte más conductivo respecto del anterior (197 Ohm.m) hasta los 7,44 metros de profundidad y que fue interpretado como los mismos sedimentos que le suprayacen, pero con mayor contenido de la fracción fina. Le sigue una capa de menor resistividad (85 Ohm.m) que fue interpretada como sedimentos fluviales saturados. Por último, conformando la

base de la secuencia investigada, se detectó una electrocapa más resistiva que la anterior (302 Ohm.m) que se asigna a sedimentitas precámbricas de la Formación Puncoviscana, la que conforma el basamento hidrogeológico.

SEV 2 – Río Iruya.

Corte Geoeléctrico	
<u>350</u>	1,27
<u>252</u>	5,8
79	

El corte geoelectrico muestra la sucesión de tres electrocapas. La primera, de (350 Ohm.m) se extiende hasta una profundidad aproximada de 1,27 metros. Esta secuencia es interpretada como sedimentos fluviales secos (gravas con matriz arenosa) asignadas al Cuaternario. Infrayaciendo, se identificó una más

conductiva que la anterior, de 252 Ohm.m hasta los 5,8 metros de profundidad, interpretada como la misma capa de sedimentos que la suprayacente pero con intervención de fracciones más finas. Le infrayace una capa conductiva de 79 Ohm.m interpretada como sedimentos fluviales saturados. En este corte no se pudo definir la base de esta capa.

4.2.2.2 Hidroestratigrafía

La zona en estudio se encuentra sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria. El punto más alto de esta unidad orográfica es el cerro San Gregorio y se extiende en sentido submeridional.

La comunidad se asentó en la quebrada del arroyo Higueras, sobre las terrazas aluviales del cono de eyección de este arroyo.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario elevaron la región a su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios en este sector de la cuenca tienen una gran distribución areal, y en ellos pueden reconocerse, por lo menos tres ciclos morfogenéticos. En el primero, debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana y del Grupo Mesón asignado al Cámbrico. El segundo ciclo se caracterizó por un predominio de la acumulación

sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales. En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, es la erosión fluvial el proceso dominante. Como consecuencia de esto, el río Iruya ha deprimido su nivel de base, produciendo una intensa disección y aterrazamiento de las bajadas aluviales. Esto se ve reflejado en los distintos conos colgados que emergen de los valles. Sobre el cono del arroyo Higueras se encuentra asentada la comunidad en estudio, que posee un desnivel con respecto a lecho del río de 25 metros aproximadamente.

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas precámbricas y cámbricas que afloran en el sector serrano de la zona. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el período estival, ya que su zona de recarga, en general, es demasiado pequeña para generar reservas suficientes que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Como consecuencia de esto las mismas disminuyen sensiblemente su caudal, durante el período de estiaje, como ocurre con la vertiente relevada en la quebrada del arroyo Higueras. Manifestaciones de agua subterránea más significativas la constituyen los manantiales ubicados sobre el valle fluvial del río Iruya. Los mismos tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente: de esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, produciéndose una superficie de drenaje (vertientes). Estas no son estables y van cambiando su posición en el tiempo, en función de la nueva configuración de lecho, esto se debe a la gran capacidad de transporte de carga de arrastre que posee este río.

4.2.2.3 Hidroquímica

Se tomaron muestras de agua en el río Iruya, en el arroyo Higueras y en la vertiente de éste.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: para el río Iruya: 299 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 15,1 °C de temperatura; para el arroyo Higueras: 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 10 °C de temperatura; y para la vertiente: 594 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica a 14,1 °C de temperatura.

Los resultados de los análisis físico-químicos indican que el agua del río Iruya presenta exceso color y turbiedad. Los demás parámetros analizados poseen valores aceptables para el consumo humano. Las muestras de agua del arroyo Higueras y la

4.2.2.4 *Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes*

La localidad de Higueras se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta después de la confluencia de los ríos Nazareno e Iruya.

No se cuenta en la zona con antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero las vertientes de la zona, si bien no son significativas, son la prueba irrefutable de que este recurso existe desde el punto de vista cualitativo.

El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en los resultados de la prospección geoelectrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal. En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (areniscas, pizarras y esquistos), al escaso a nulo desarrollo de suelos, la escasez de cobertura vegetal y la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial, inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo.

Los cursos fluviales más importantes del sector son los ríos Nazareno e Iruya. Estos han profundizado sus cauces disectando los conos de eyección que descienden de las numerosas quebradas, generando terrazas colgadas. El paraje de Higueras se asienta sobre una de ellas. De esta manera, sólo es posible esperar la formación de yacimientos de agua con la reserva suficiente para tener capacidad de regulación durante todo el año, en el acuífero formado por el subálveo del río Iruya. La prospección geoelectrica realizada en la playa de este río a la altura de la localidad indica que en este sector la potencia del acuífero está en el orden de los 14 metros. Si bien la configuración de la llanura de inundación cambia todos los años, este espesor permitiría la ejecución de la captación de agua subterránea para consumo humano. Por otro lado, el análisis físico-químico del agua superficial del río Iruya presenta exceso en color y turbiedad, lo que indica que de realizarse

una captación superficial en este río, el agua deberá ser tratada para eliminar los sólidos disueltos a fin de que sea potable.

El arroyo Higuera escurre sobre el basamento hidrogeológico. Esta condición excluye toda posibilidad de realizar otra captación que no sea del tipo superficial.

5 CONCLUSIONES

La localidad de Higuera posee en la actualidad un sistema de abastecimiento de agua potable, pero éste no abarca a toda la comunidad. El paraje se provee de agua para consumo desde una captación realizada en el arroyo Higuera, la misma alimenta un canal que conduce hasta una cisterna, y desde allí el agua es conducida por cañería de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro hasta el puesto sanitario y la escuela. El canal que alimenta la cisterna también es utilizado para riego, y el mismo no posee protección sanitaria contra la contaminación orgánica de las excretas de los animales. En el período estival la toma es destruída durante los picos de creciente del arroyo, dejando a la población durante muchos días sin agua o con el suministro de ésta con exceso de sólidos disueltos. El resto de la comunidad debe acopiar agua de la escuela y el puesto sanitario, o acarrearla desde el arroyo o de los canales de riego.

La vertiente de agua subterránea más significativa se halla sobre la ladera este de la quebrada del arroyo Higuera y no posee el caudal suficiente para abastecer a toda la comunidad. Además esta fuente de agua posee una superficie de recarga extremadamente pequeña y como consecuencia de esto, no es confiable su permanencia en el tiempo, sobre todo, en la época de estiaje.

En el río Iruya es inviable la ejecución de una captación superficial ya que si bien es un curso de agua permanente y posee grandes caudales, tiene exceso en color y turbiedad por la presencia de sólidos disueltos, lo que obligaría a realizar una planta de tratamiento para eliminar los sólidos a fin de que esta sea apta para el consumo humano. Por otro lado, el gran poder erosivo de este río hace que la configuración de la llanura de inundación se modifique todos los años amenazando la estabilidad de la captación. Este río posee un acuífero bien desarrollado conformado, por el subálveo del mismo, el cual a la altura de la localidad de Higuera posee 14 metros de espesor. Este acuífero podría ser explotado para el abastecimiento de agua para consumo humano a través de una perforación. En este caso el único inconveniente a superar sería el de elevar la columna de agua hasta la cisterna existente (la diferencia de cota es de aproximadamente 60 metros).

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descrito y del trabajo de campaña realizado, se proponen las siguientes alternativas:

- Construir una obra de captación superficial en el arroyo Higueras, en el sector de la actual toma, sobre la margen occidental del arroyo. Debido a la carga sólida presente durante los meses de precipitaciones, será necesario una planta potabilizadora dotada de unidades de decantación, filtrado y cloración. En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes sólo permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población Higueras.
- Realizar una perforación hasta los 25 metros de profundidad (más o menos 20 %), en el valle fluvial del río Iruya, en la proximidad del SEV 2. Para ello será necesario hacer, en una primera etapa, un pozo exploratorio. Si la evaluación del mismo es satisfactoria (control geológico y electroperfilaje), se procederá a la ejecución de un pozo de explotación, el cual deberá estar entubado con un diámetro mínimo de 6 “ (pulgadas). En esta zona las condiciones hidrogeológicas existentes permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener el caudal que satisfaga las demandas actuales de la población de Higueras.

En este caso se deberán ejecutar obras complementarias para proteger el pozo de los eventos de inundaciones extraordinarias del río Iruya. El lugar propuesto se encuentra sobre la última terraza fluvial del río, 5 metros por encima del curso del mismo, lugar donde normalmente no llega el nivel máximo del agua.

La ejecución de un dren subsuperficial es inviable, ya que debería superar grandes dificultades técnicas, como la de estabilizar las paredes de una zanja de más de 10 metros de altura, debido a que el nivel estático se halla aproximadamente a los 6 metros de profundidad.

7 ANEXOS

- Figura 1: Mapa de Ubicación General
- Figura 2: Mapa Hidrológico
- Figura 3: Mapa Geológico
- Figura 4: Perfil geoelectrico – Río Iruya
- Planilla 1: Análisis fisico-químico Río Iruya
- Planilla 2: Análisis fisico-químico Arroyo Higueras
- Planilla 3: Análisis fisico-químico Vertiente Arroyo Higueras
- Planilla 4: Sondeo Eléctrico Vertical 1 Río Iruya
- Planilla 5: Sondeo Eléctrico Vertical 2 Río Iruya
- Planilla 6: Cómputo Métrico de la Perforación
- Planilla 7: Presupuesto-Estimativo de la Perforación

FIGURA 1 – PLANO DE UBICACION GENERAL

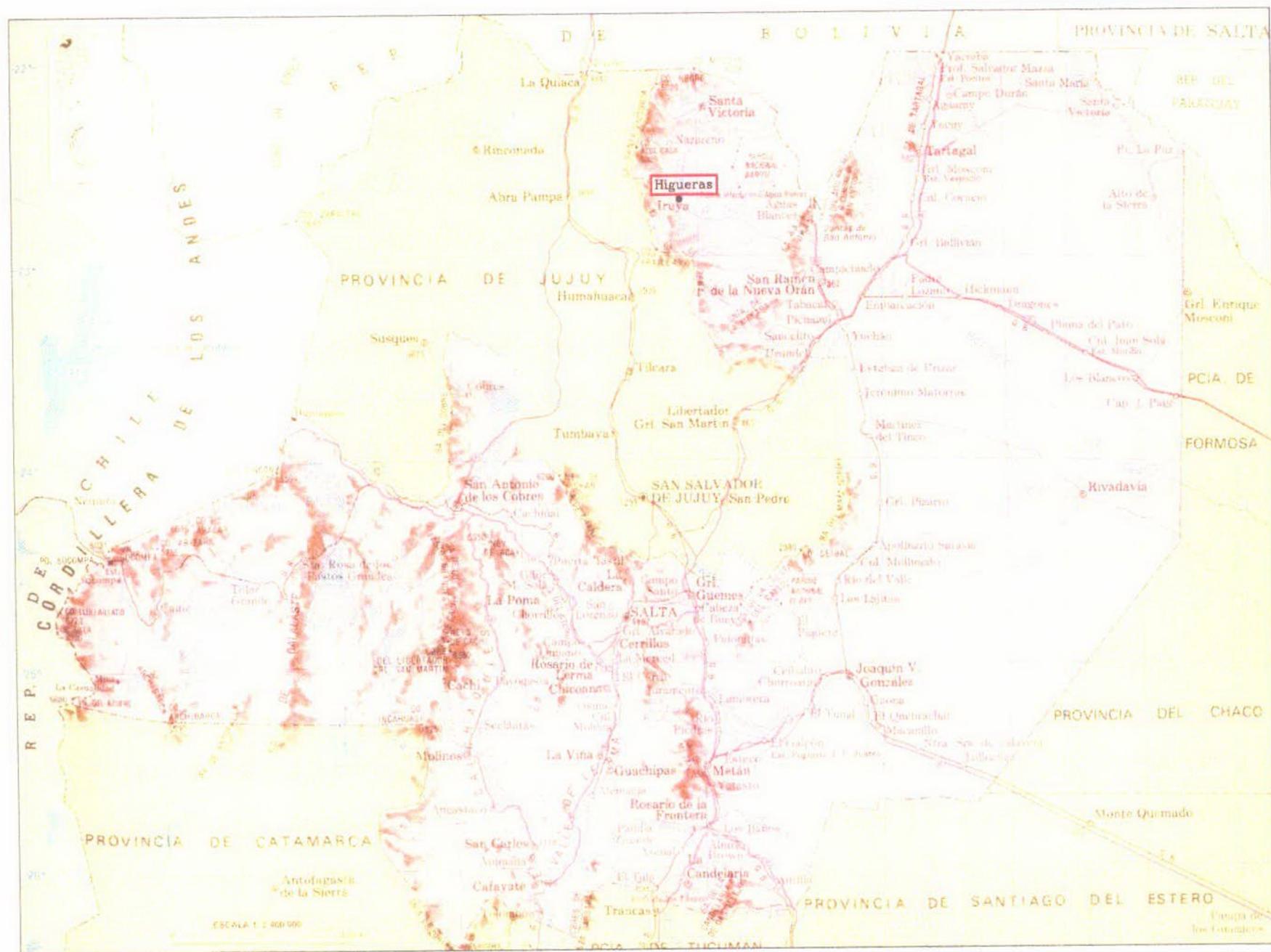


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

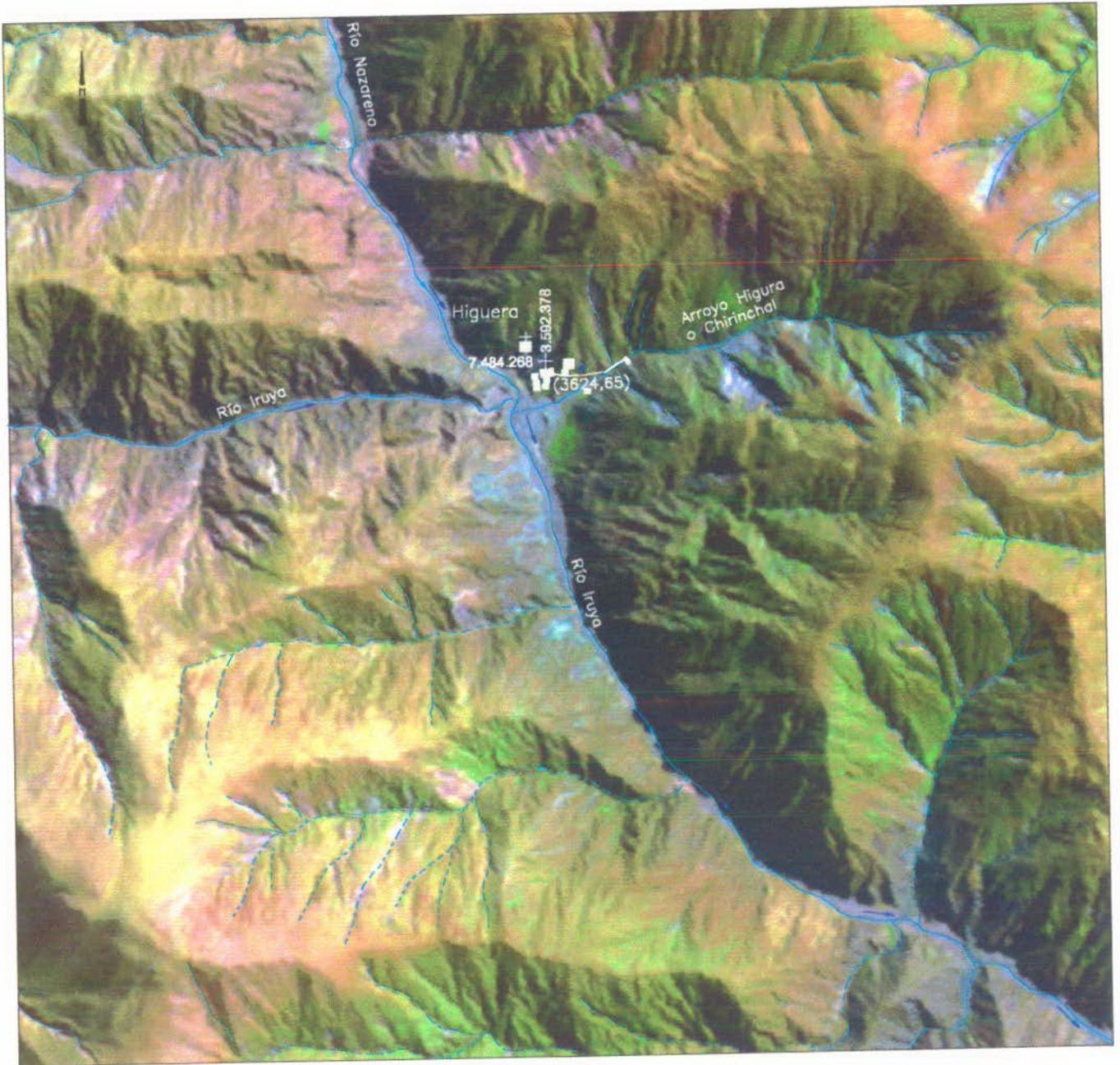


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS

-  Falla Inversa de bajo grado
-  Sinclinal
-  Anticlinal
-  Río Permanente
-  Río Temporario
-  Vertiente

7.5484.288 + 3806331 + Coordenadas Gauss - Kruger

Escala Gráfica

0 1000 2000 m

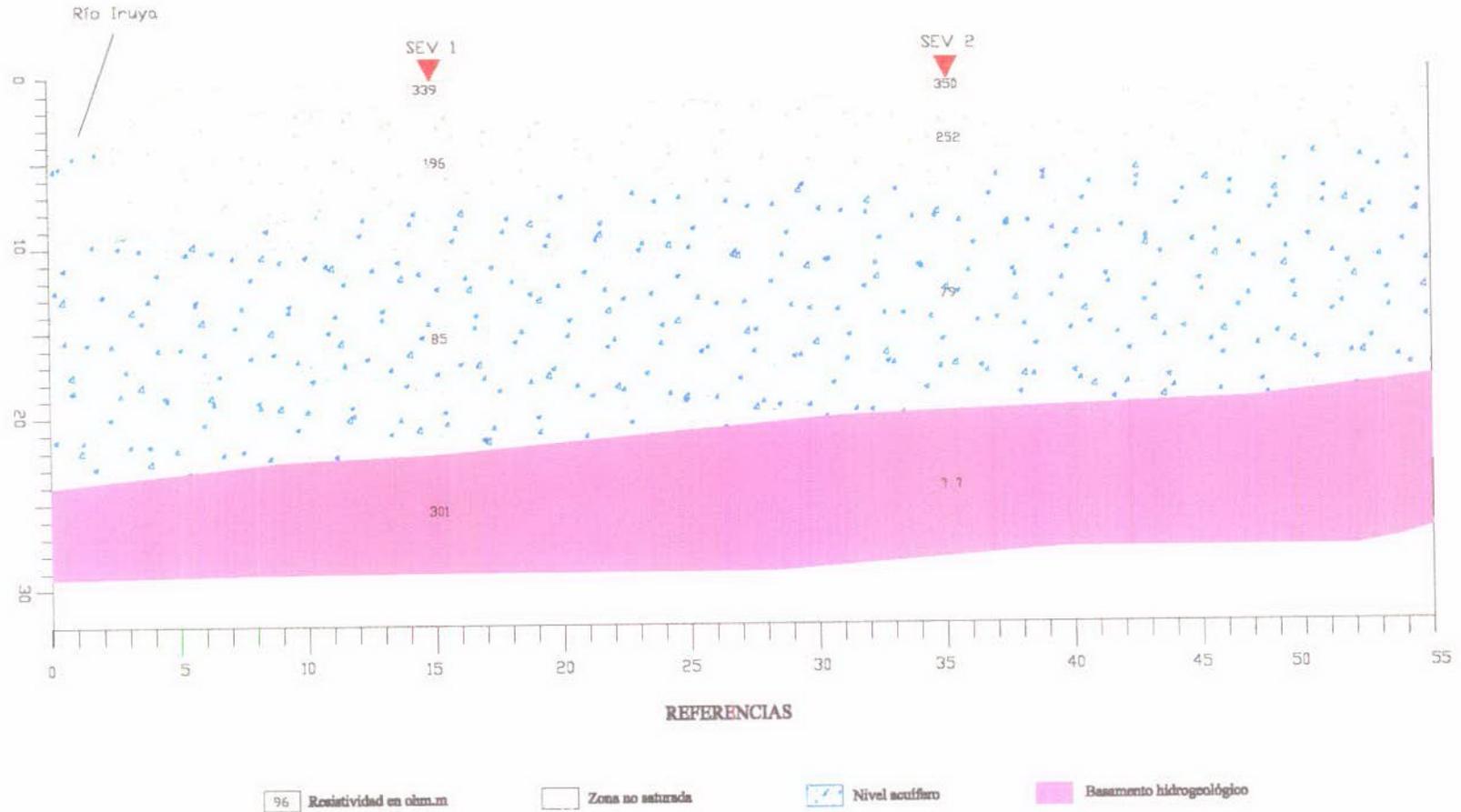
LITOLOGIA

-  Cuaternaria - Depósitos Fluviales, Aluviales y Fluvioglaciales
-  Ordovísico - Grupo Santa Victoria; Conglomerados, areniscas y lutitas
-  Cámbrico - Grupo Mesón; areniscas y lutitas.
-  Precámbrico - Formación Puncoviscana; esquistos, pizarras y filitas.



Río Iruya

FIGURA 4 - PERFIL GEOELECTRICO LONGITUDINAL SO - NE



Análisis Físico Químico
Río Iruya

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	180	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	108	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	160	200	500		
Color (U.C.)	26	5	10		
pH a 25 °C	7,6	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	360	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	265		2000		
Sodio	8				
Potasio	2,6				
Calcio	39				
Magnesio	15				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	131,76	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	50	200	400	2000	4000
Hierro total	9,2	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	3,59				
Sumatoria Aniones (meq/l)	3,23				
Error analítico	10,73	4	8		
Potabilidad	No Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Arroyo Higueras

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	190	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	181	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	180	200	500		
Color (U.C.)	2	5	10		
pH a 25 °C	7,3	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	1,2	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	282		2000		
Sodio	9,4				
Potasio	2,3				
Calcio	40				
Magnesio	19				250
Cloruros	1	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	220,82	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	5	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	4,03				
Sumatoria Aniones (meq/l)	3,75				
Error analítico	7,09	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Higueras Vertiente

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	410	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	221	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	280	200	500		
Color (U.C.)	3	5	10		
pH a 25 °C	7,85	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	0,4	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	644		2000		
Sodio	53				
Potasio	4,7				
Calcio	41,6				
Magnesio	43				250
Cloruros	29	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	269,62	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	90	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	n.s.d	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	<0,1	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Silice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	8,04				
Sumatoria Aniones (meq/l)	7,11				
Error analítico	12,26	4	8		
Potabilidad	Potable				

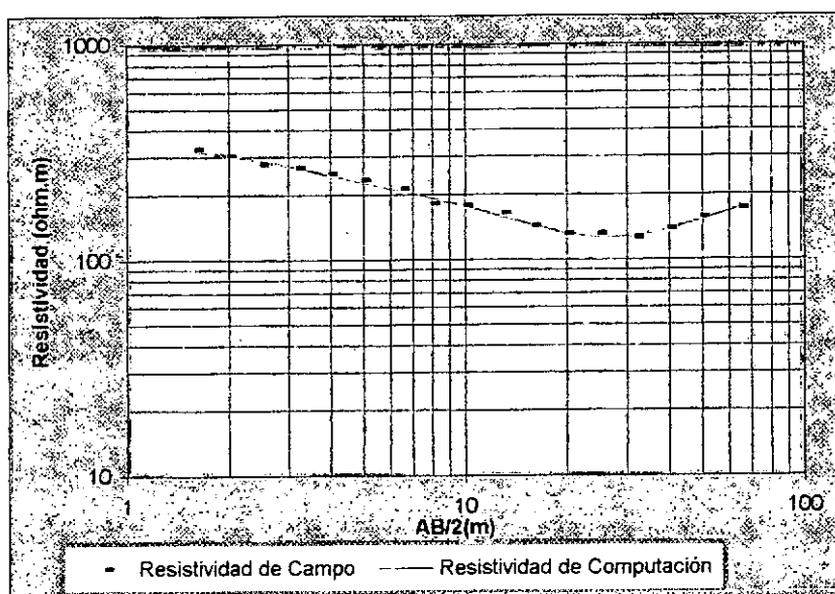
Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Geoelectrica SEV 1
Río Iruya

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
1,44	1,44	338,893
7,443	6,003	195,626
22,208	14,765	85,057
		301,993

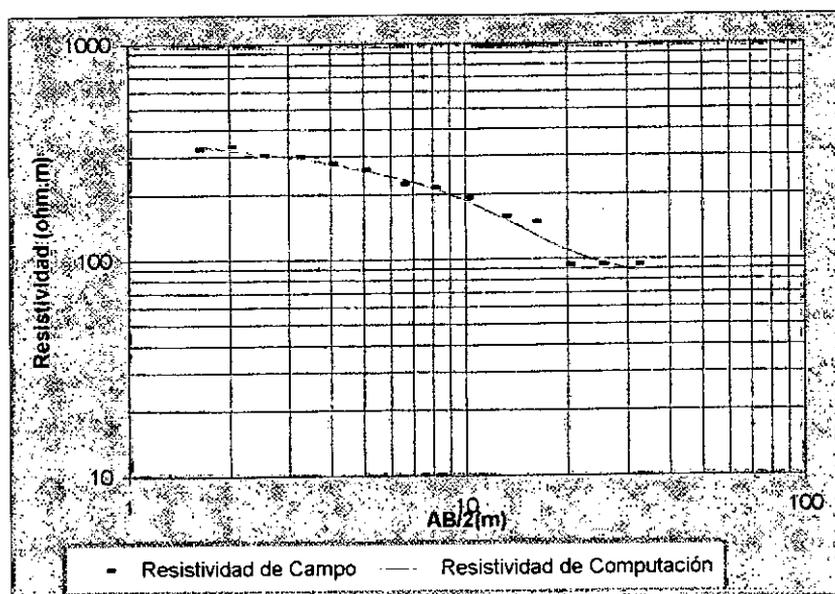
Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1,6	327	318,71	-2,6
2	2	304,8	306,376	0,5
3	2,5	277,8	289,796	4,1
4	3,2	268	267,837	-0,1
5	4	250,4	247,063	-1,4
6	5	233,5	227,603	-2,6
7	6,5	212,1	207,511	-2,2
8	8	182	193,052	5,7
9	10	178	177,622	-0,2
10	13	164,3	158,936	-3,4
11	16	142,8	144,877	1,4
12	20	131,2	133,028	1,4
13	25	131	127,171	-3
14	32	126	129,361	2,6
15	40	138	138,713	0,5
16	50	156,347	153,195	-2,1
17	65	172,301	173,817	0,9



Geoelectrica SEV 2
Río Iruya

Profundidad (metros)	Espesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
1,271	1,271	349,629
5,829	4,558	252,596
		78,729

Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error %
1	1,6	325	332,319	2,2
2	2	334,5	322,465	-3,7
3	2,5	303	309,663	2,2
4	3,2	298	292,919	-1,7
5	4	277,2	276,376	-0,3
6	5	259,3	258,709	-0,2
7	6,5	223,2	235,366	5,2
8	8	214,6	213,713	-0,4
9	10	190	187,103	-1,5
10	13	156	154,007	-1,3
11	16	146,9	130,05	-13
12	20	93,34	109,761	15
13	25	94	96,2	2,3
14	32	94	87,735	-7,1



Cómputo Métrico

�tem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Perforación de un pozo exploratorio de 25 metros de profundidad en 6" de diámetro	m	25
2	Perfilaje eléctrico del pozo exploratorio	gl.	1
3	Reperforaci�n a 15" del pozo exploratorio	m	25
4	Entubado en 8" y engravado con material seleccionado	m	25
5	Limpieza y Desarrollo del pozo.	gl.	1
6	Ensayo de Bombeo escalonado de 72 hs de duración	gl.	1
7	Dirección Técnica	gl.	1
8	Paneles solares y electrobomba	gl.	1

Nota: Los materiales descriptos y sus cantidades, pueden sufrir variaciones en función de los sistemas empleados para la construcción de la obra. El presente cómputo y presupuesto no contempla el traslado de equipos

Presupuesto

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/Unidad	Total (\$)
1	Perforación de un pozo exploratorio de 25 metros de profundidad en 6" de diámetro	m	25	120	3000
2	Perfilaje eléctrico del pozo exploratorio	gl.	1	900	900
3	Reperforación a 15" del pozo exploratorio	m	25	50	1250
4	Entubado en 8" y engravado con material seleccionado	m	25	70	1750
5	Limpieza y Desarrollo del pozo.	gl.	1	2000	2000
6	Ensayo de Bombeo	gl.	1		
7	Dirección Técnica	gl.			
8	Paneles solares y electrobomba	gl.	1	5000	5000
Total					13900

Nota: Los materiales descriptos y sus cantidades, pueden sufrir variaciones en función de los sistemas empleados para la construcción de la obra. El presente cómputo y presupuesto no contempla el traslado de equipos

8 FOTOS



Foto 1. Vista del sector donde se realizaron el SEV 1 y 2.

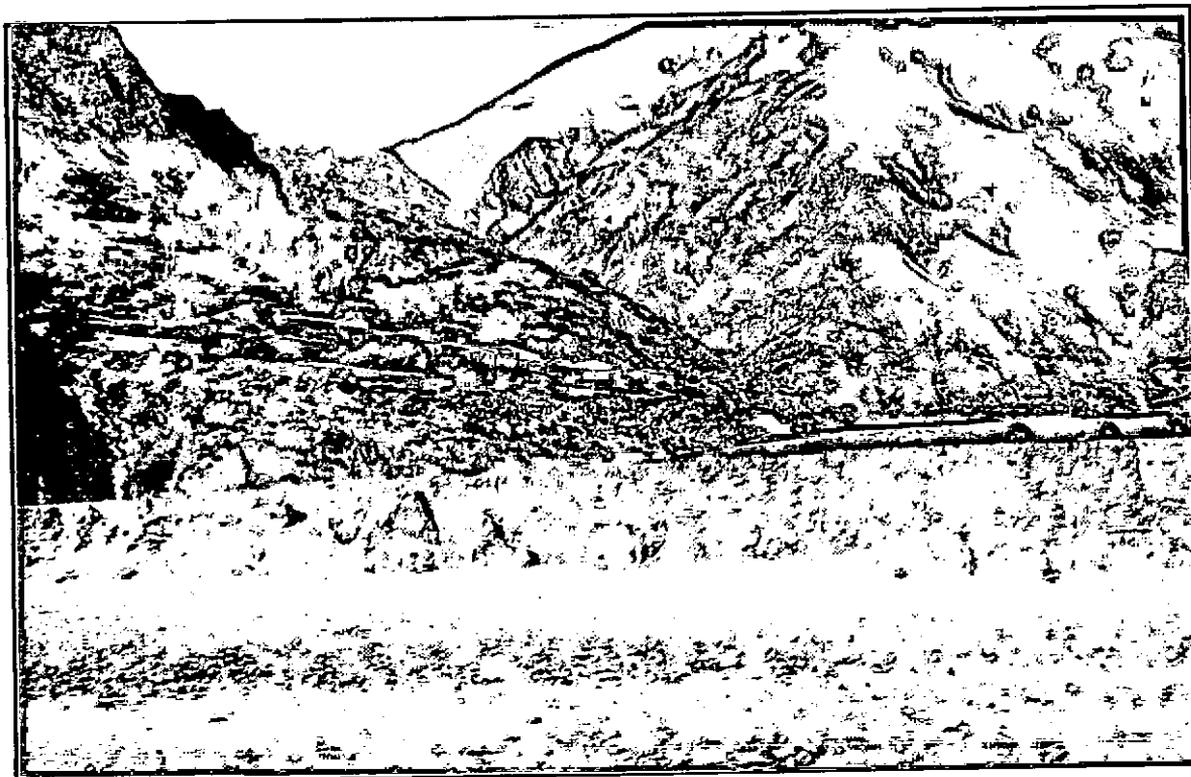


Foto 2. Vista de la localidad de Higueras y del sector distal del cono de eyección del arroyo homónimo.

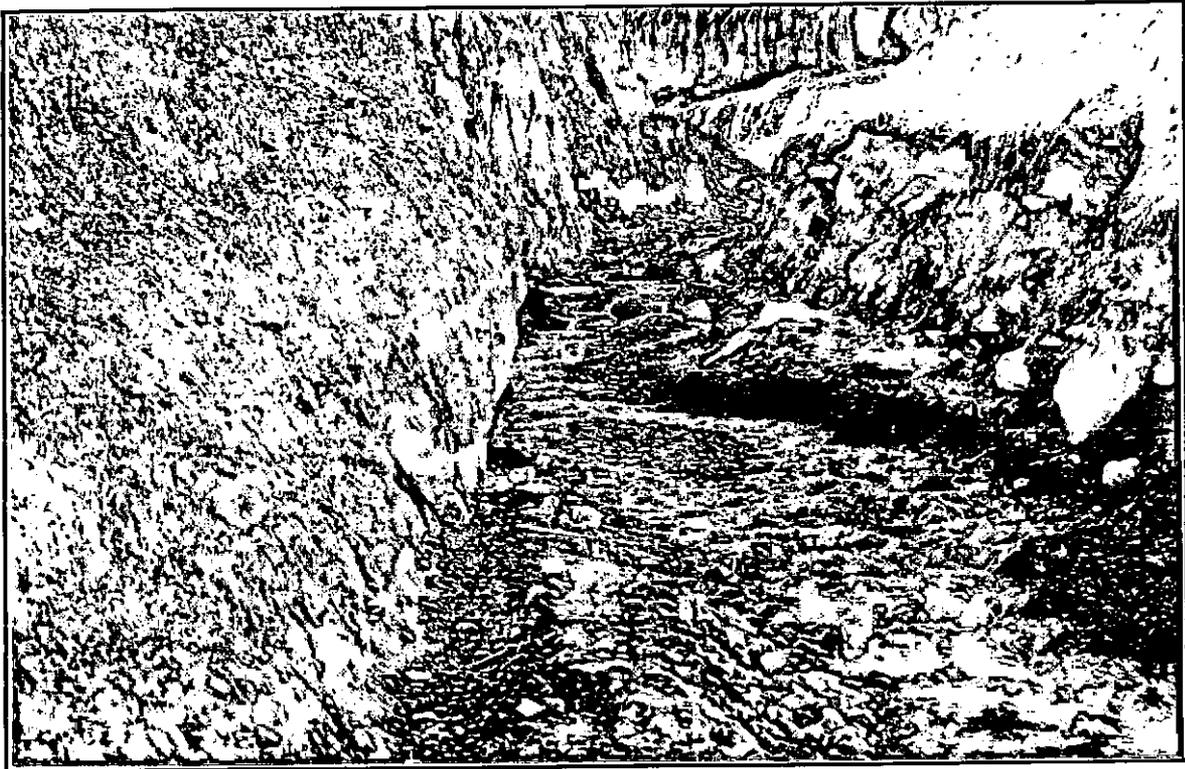


Foto 3. Arroyo Higueras, sector de la toma.



Foto 4. Vista de la vertiente sobre la ladera del arroyo Higuera.

**PROGRAMA DESARROLLO DE PEQUEÑAS
COMUNIDADES**

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA**

ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

- *ACHIRAS* -

DEPARTAMENTO DE IRUYA - PROVINCIA DE SALTA

Julio de 1999

INDICE**1. GENERALIDADES**

- 1.1. Localización*
- 1.2. Síntesis Poblacional*
- 1.3. Actividades Productivas*
- 1.4. Saneamiento e Higiene*

2. CARACTERIZACION FISICA

- 2.1. Clima, suelos, vegetación y fauna*
- 2.2. Hidrografía*
- 2.3. Geología regional*

3. PROVISION DE AGUA ACTUAL**4. FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

- 4.1. Agua superficial*
- 4.2. Agua subterránea*
 - 4.2.1 Antecedentes*
 - 4.2.2 Estudio de Fuentes*
 - 4.2.2.1 Geoeléctrica*
 - 4.2.2.2 Hidroestratigrafía*
 - 4.2.2.3 Hidroquímica*
 - 4.2.2.4 Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de Fuentes*

5. CONCLUSIONES**6. PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION****7. ANEXOS****8. FOTOS**

1 GENERALIDADES

1.1 Localización

La localidad de Achiras se encuentra ubicada en el sector noroeste de la provincia de Salta y pertenece al departamento de Iruya (Figura N° 1). Las coordenadas Gauss-Kruger correspondientes a esta localidad son $X = 7.478.745$; $Y = 3.582.910$; y está situada a 3390 m.s.n.m.

Desde la ciudad de Salta se accede al lugar de interés a través de la ruta nacional N° 9, asfaltada en su mayoría y en buen estado de mantenimiento, que se dirige hacia la ciudad de San Salvador de Jujuy. Se continúa por la misma ruta, hasta el empalme con la ruta provincial N° 13, ubicado 15 km al norte de la ciudad de Humahuaca. Para luego transponer la sierra de Santa Victoria por el Abra del Cóndor (4000 m.s.n.m.) donde se debe acceder a un camino vecinal que luego de 10 km. en dirección nordeste se arriba a la localidad de Pueblo Viejo donde termina el camino vehicular. Desde allí y a 4 km aproximadamente, se accede a Achiras por un camino de herradura en dirección noroeste.

1.2 Síntesis Poblacional

El paraje de Achiras tiene una población aproximada de 23 personas. La comunidad es propietaria de las tierras donde está asentada.

Las viviendas en su totalidad están construidas con paredes de adobe, pisos de tierra y techos de paja y barro. Esta localidad no posee escuela. Los niños escolarizados deben concurrir a la escuela de Pueblo Viejo, que dista aproximadamente 4 km de este paraje.

1.3 Actividades Productivas

La economía se basa mayoritariamente en la agricultura y ganadería de pequeña escala (autoconsumo), cultivándose habas, arvejas, zanahorias, maíz, papas oca y verde. Los cultivos se realizan bajo riego y el sistema de acequias se mantiene en forma comunitaria.

1.4 Saneamiento e Higiene

La localidad no posee puesto sanitario pero es visitada cada 15 días por el agente sanitario Angel Gutiérrez del puesto sanitario de Pueblo Viejo. Los casos graves son derivados al hospital Dr. Ramón Carrizo de Iruya, su traslado se realiza a lomo de burro. En el verano los ríos se hacen intransitables y es peligroso el acceso a la localidad.

Las enfermedades más comunes son las infecciones respiratorias agudas (IRA), del tipo hídricas (parasitosis y hepatitis) y las piodermitis. En esta zona la dieta alimentaria es deficiente, siendo frecuente la desnutrición calórica proteica.

Los residuos son incinerados y/o enterrados.

Las casas poseen letrinas como sistema de eliminación de excretas.

2 CARACTERIZACION FISICA

2.1 Clima, suelos, vegetación y fauna

El clima imperante es semiárido de montaña con precipitaciones del orden de los 300 mm anuales y una temperatura media anual de 14° C. Las temperaturas mínimas extremas pueden alcanzar los -20 °C y las máximas extremas hasta los 35 °C. Ocurriendo precipitaciones sólidas en las cumbres del sector serrano, que superan los 5000 m.s.n.m., restringiendo las precipitaciones líquidas a los sectores topográficamente más deprimidos. Mientras que las temperaturas nocturnas descienden de 0 °C casi todo el año. En este sector las condiciones climáticas son más favorables que las descriptas para la localidad de Colanzulí, debido a que se encuentra topográficamente más bajo que esta última. Es por ello que las heladas son menos frecuentes en este paraje.

Las precipitaciones, son de carácter estacional y se concentran en el período estival, entre los meses de noviembre a marzo y provienen predominantemente del cuadrante este, en general son de corta duración y moderada intensidad, pero suelen ocurrir precipitaciones intensas, como las que acontecieron en el presente año, en el que se han superado la media anual. El período de deficiencia se extiende desde marzo a noviembre con máximas en agosto-septiembre. El déficit hídrico medio, puede alcanzar hasta 400 mm anuales.

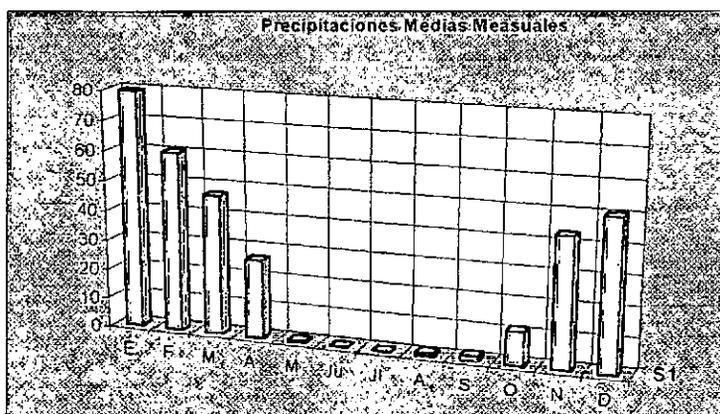


Gráfico de Precipitaciones medias mensuales en Colanzulí (año 1983-1997)

La configuración altitudinal ejerce mayor influencia sobre el clima que los factores que dependen directamente de los efectos solares. Los vientos húmedos que soplan del

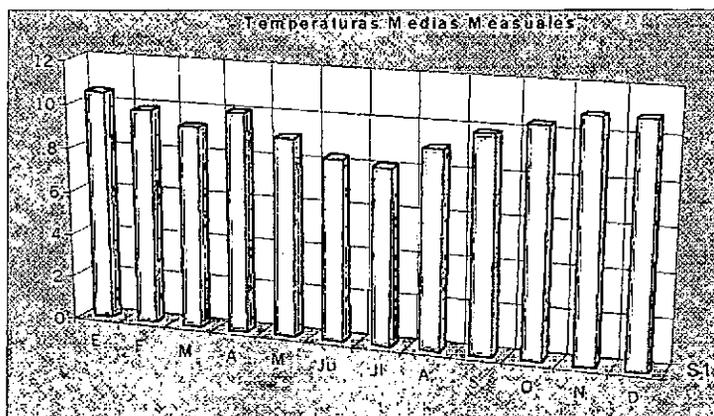


Gráfico de temperaturas medias mensuales en Colanzulí (año 1992 - 1997)

cuadrante este, al encontrarse con una barrera orográfica como lo es la Sierra de Santa Victoria, originan nubes de gran desarrollo vertical que generan lluvias a barlovento. Las masas de aire suelen presentarse como fuertes ráfagas de hasta 60 km/hora, utilizando preferentemente como corredores a las abras y los profundos valles (como el del río Iruya) que disectan la topografía de la zona.

La vegetación se encuentra enmarcada dentro de la provincia fitogeográfica Puneña (Cabrera, 1958). Su fisonomía es de estepa o de matorral arbustivo representado por la "tola" (*Parastreovia*), "tolilla" (*Fabiana densa*), combinada con pajonales en suelos más húmedos y bosquecillos de "queñoa" (*Polilepis tomentalla*). En Achiras se observan distintas unidades de vegetación que corresponden a la variación topoclimática producida por el abrupto relieve (Quiroga, 1996). Las especies características son el "Añagua" (*Adesmia Horridiuscula*), "suncho" (*Vigueira Tucumanensis*), "Cortadera" (*Cortadeira Speciosa*), "Muña-Muña" (*Satureja Parvifolia*) y varias especies de *Bracharis*. También pastizales de iro (*Festuca sp stipa sp*), "grama", (*Aristida adscensionis* y *Aristida sp*).

La fauna se halla representada por animales carnívoros como los zorros (*Dusycicom*) y pumas (*Pumas concolor*). Los roedores son muy abundantes, como las ratas y ratones de campo y las vizcachas. Entre las aves se pueden mencionar el cóndor, los dos cuervos o jotes" (*Coragyps* y *Cathartes*), el chimango (*Milvago*), el carancho (*Polyborus*) y el águila blanca (*Geranoaetus*), entre otras.

Los suelos dominantes son litosoles, regosoles y fluvisoles. En las terrazas altas donde preferentemente se practica la agricultura, los suelos son pobremente desarrollados (debido fundamentalmente al clima imperante), con escaso contenido orgánico y muy permeables.

2.2 Hidrografía

La zona en estudio se halla enmarcada dentro de la cuenca del río Iruya, pertenece a la alta cuenca del río Bermejo, situada en el extremo noroeste de la Argentina y sureste de Bolivia, abarcando una superficie de 24.450 km². Tiene forma de elipse, y su eje mayor, orientado de norte a sur, cuya extensión es de 430 km de longitud (OEA,1973). La comunidad de Achiras está asentada en la falda occidental de la Sierra de Santa Victoria, donde el punto más elevado del sector está representado por el Cerro Pelado. Esta unidad orográfica tiene rumbo preferencial submeridiano. Los valles principales son paralelos a esta dirección respondiendo al control litológico y estructural.

La red hidrográfica está integrada por los ríos Colanzulí, Catarante, Grande, y por los arroyos Achiras y Estanque. La dirección general de escurrimiento superficial es sudoeste nordeste.

El río más importante del sector es el Colanzulí, que tiene sus cabeceras entre el Cerro Morado y la Sierra de Santa Victoria. Este es un curso de régimen torrencial que transporta agua a lo largo de todo el año, y es el tributario más importante en la zona del río Iruya. En su curso superior se dirige de sur a norte; en la localidad de Achiras recibe el afluente de los arroyos Achiras y Estanque, y aguas arriba, en el sector de Pueblo Viejo, lo hace el río Catarante.

2.3 Geología Regional

La zona en estudio se encuentra dentro de la provincia geológica Cordillera Oriental (Turner, 1960), sobre el faldeo oriental de la Sierra de Santa Victoria.

Esta unidad geológica está caracterizada por una estructura de plegamiento y fallamiento imbricado. Las fallas son inversas de alto ángulo, con rumbo predominantemente norte-sur, y en el área presentan rechazos considerables. La estructura es el producto de varios ciclos diastróficos, el más importante de éstos, la orogenia Andica (Mioceno), fue la que le imprimió el intenso fallamiento de rumbo meridiano y elevó la cordillera a su posición actual.

Las rocas aflorantes de la zona son, en su mayoría son las más antiguas de la Cordillera Oriental. Siendo estas rocas Precámbricas de la Formación Puncaviscana (Turner, 1960). Los depósitos que integran esta entidad corresponden a sedimentos pelíticos metamorfozados, de carácter homogéneo, compuestos por esquistos cuarcíticos, pizarras de color gris verde oscuro a violado con esquistocidad bien marcada, y cuarcitas de color grisáceo con tonos verdosos, dispuestas en bancos a veces potentes. El metamorfismo regional es leve, los sedimentos alcanzan la facies de esquistos verdes y se caracterizan por estar atravesados por vetas de cuarzo lechoso que alcanzan el orden de la decena de centímetros de espesor.

El Cámbrico (Turner, 1960), aflora en el sector occidental de la zona. Estas rocas están expuestas aguas abajo de Achiras, sobre el curso del arroyo homónimo. Se disponen en discordancia angular sobre los esquistos precámbricos. El Cámbrico está compuesto por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Grupo Mesón).

La Formación Lizoite empieza con un conglomerado basal, bien desarrollado e integrado por guijarros de cuarzo. Estos materiales provienen de rocas precámbricas. A continuación se halla una sucesión de areniscas, de color blanco grisáceo, muy duras, que se apoya discordantemente sobre las rocas de la Formación Puncoviscana.

La Formación Campanario está compuesta por areniscas y lutitas alternantes. Las areniscas son de color rojizo a morado, caracterizadas por la presencia de tubos *Scolithus*, con intercalaciones de lutitas verdes.

Discordantemente se disponen los depósitos asignados al Cuaternario, los cuales constituyen dos unidades bien diferenciadas: conglomerados fluviales semi consolidados, que integran las terrazas altas y las gravas areno limosas que forman el coluvio y aluvio de los cauces fluviales. Dentro de los mismos se destacan los bloques de hasta dos metros que componen el álveo del río Colanzulí.

3 PROVISION DE AGUA ACTUAL

En la localidad de Achiras menos de la mitad de la población posee sistema de captación y distribución de agua. Esta obra fue construida por los habitantes del paraje y los materiales fueron provistos por la Municipalidad de Iruya. La misma consta de una captación superficial muy precaria realizada en el arroyo Achiras, unos 800 metros aguas arriba de la casa del Sr. Amancio Cruz (ver fotos). Para realizar la captación, la gente de la localidad realiza todos los años un canal con los mismos sedimentos del lecho del arroyo y una vez conducida el agua a la margen izquierda del mismo, es transportada por gravedad en una cañería de PVC de $\frac{3}{4}$ " (pulgadas) de diámetro, hasta una cisterna de $6m^3$ de capacidad. La misma está fundada sobre una terraza fluvial colgada, protegida de la erosión del arroyo. Desde la cisterna se lleva por cañería hasta tres casas de las siete que hay en el paraje. El resto de la población se abastece de agua para consumo desde de las viviendas que poseen el sistema de distribución o la acarrear desde el arroyo Achiras. La toma es sistemáticamente destruida por el arroyo en el periodo estival, motivo por el cual en esa época la población cuenta con frecuentes periodos sin agua, o la misma transporta muchos sólidos en suspensión. El agua de la cisterna no es clorada en ninguna época del año.

4 FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1 *Agua Superficial.*

Los cursos fluviales de mayor importancia en la zona son el río Colanzulí y los arroyos Achiras y Estanque. El río Colanzulí se desestimó para el presente trabajo, ya que la población se halla asentada sobre las terrazas aluviales de la quebrada del arroyo Achiras, que presenta un desnivel muy grande entre el lecho del río y la misma, y también porque el trazado de la conducción tendría que superar grandes dificultades técnicas, debido a la inestabilidad del talud de la quebrada del arroyo en todo su recorrido.

El río Colanzulí es un curso de tipo permanente, que fluye en dirección meridiana hasta el pueblo de Iruya donde toma el nombre homónimo de la localidad y cambia la dirección de escurrimiento hacia el sudeste después de recibir el aporte del río Nazareno por su margen derecha. Este curso de agua superficial está caracterizado por presentar una elevada torrencialidad, una elevada pendiente y gran capacidad de transporte. Aguas arriba

de la localidad en estudio, recibe por la margen derecha al río Catarante el cual es de carácter permanente, alcanzando un caudal de $0,150 \text{ m}^3/\text{h}$ para la época estival.

La red fluvial debe su origen a las precipitaciones líquidas y sólidas que ocurren en el sector serrano del sistema montañoso.

El arroyo Achiras tiene sus nacientes en la ladera occidental del cerro Pelado, donde la intensa erosión fluvial ha profundizado el cauce atravesando los sedimentos modernos, y hoy prácticamente escurre en gran parte de su recorrido por las rocas precámbricas que conforman el basamento hidrogeológico (permeabilidad primaria muy baja).

Esta fuente presenta ciertas limitaciones desde el punto de vista hidrogeológico, ya que se trata de un curso fluvial que, si bien transporta caudales significativos durante todo el año, el escaso espesor del subálveo le confiere poca capacidad de reserva. Es por esto que los lugareños aseguran que el caudal del mismo merma mucho en la época de estiaje, aunque nunca llega a secarse. El arroyo Achiras es un curso de agua del tipo torrencial, cuya cuenca tiene una superficie de $5,272630 \text{ km}^2$. El mismo fluye en sentido noreste-sudoeste, sobre un valle muy estrecho, de 13 metros de ancho. En su nacimiento escurre sobre rocas precámbricas y sobre sedimentos fluviales cuaternarios de muy poca potencia en el sector medio y bajo de la cuenca. En época de lluvias aumenta su competencia y con ésta el transporte de sólidos. Este curso tiene pequeños tributarios con sus mismas características.

Durante el trabajo de campaña, se efectuó un aforo sobre el arroyo Achiras, en el sector alto de su cuenca, antes de la toma de agua para riego, el cual que arrojó un valor de $16,009 \text{ m}^3/\text{h}$ en la segunda semana del mes de mayo de 1999. También se tomó la diferencia de cota existente entre este punto aforado y la comunidad, la cual es de 60 metros, lo que asegura el dominio topográfico de este punto sobre la localidad en estudio.

EL arroyo Estanque es el tributario más importante del arroyo Achiras. Tiene sus nacientes en las laderas occidentales del sector serrano y escurre sus aguas en dirección sudeste-noroeste sobre la bajada aluvial, conformada por la coalescencia de los conos de eyección que descienden de las distintas quebradas. Este curso de agua superficial tiene una cuenca de $1,720554 \text{ km}^2$ de superficie, y comparte las características enumeradas para el arroyo Achiras. Se realizó un aforo en el sector bajo de su cuenca, a 3360 m.s.n.m. antes de desembocar en el arroyo Achiras, arrojando un caudal de $8,3 \text{ m}^3/\text{h}$, siendo de régimen permanente. Cabe destacar que según lo manifiestan los habitantes de Achiras, esta fuente en la época de estiaje, disminuye sensiblemente su caudal. Este curso de agua no posee

espesor de álveo, escurriendo sobre el basamento hidrogeológico conformado por rocas precámbricas.

4.2 *Agua Subterránea*

El recurso subterráneo está representado por agua de almacenamiento y circulación en el subálveo del río Colanzulí; y por distintos manantiales ubicados en la zona serrana en estudio.

El agua subterránea que circula por el subálveo del río Colanzulí fue desestimada debido a que la diferencia de cota entre la base de este río y las terrazas donde se halla asentado el paraje supera los 70 metros de altura. Utilizar este recurso demandaría un costo alto en equipos y energía para elevar una columna de agua que supere este desnivel.

Las emanaciones de agua subterránea del sector entregan caudales insignificantes, razón por la cual se las desestimó como fuentes de agua para consumo humano.

4.2.1 *Antecedentes*

Los únicos antecedentes de estudios de fuentes en la región son los realizados en las localidades de Abra de Araguayoc, Pueblo Viejo, Campo Carrera, Campo La Cruz y Poscaya, (Guillermo Baudino, 1993) y en el pueblo de Iruya (Rodolfo García, 1997).

Si bien tampoco existen antecedentes de pozos perforados o excavados que confirmen la presencia del recurso subterráneo, las numerosas vertientes en las laderas de los cerros y valles fluviales (entre las que se encuentra la de Tres Pocitos, que arroja un caudal de 50 m³/h) son indicativas de la existencia comprobada de este recurso.

4.2.2 *Estudio de Fuentes*

4.2.2.1 *Geoeléctrica*

Con el propósito de establecer las propiedades eléctricas de los sedimentos, como así también el espesor de las facies sedimentarias susceptibles de albergar posibles niveles acuíferos, se realizó una prospección geoeléctrica en la llanura de inundación del arroyo Achiras. El trabajo se efectuó con un equipo bicomensador de corriente continua con lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Se usaron electrodos de corriente de acero inoxidable y de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre. Se

emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1 mm de sección y 200 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizaron cajas con baterías de 9 voltios que, interconectadas, alcanzan un valor máximo de 540 voltios. La prospección geoelectrica se llevó a cabo por el método del SEV (sondeo eléctrico vertical), con un dispositivo electródico tetrapolar Schlumberger de constante geométrica $K = \pi ((AM.AN)/MN)$.

Las longitudes entre el centro de los sondeos y electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 40 metros.

Las separaciones entre los electrodos de potencial, MN, variaron entre 1 y 10 metros. La curva de campo se graficó en papel bilogarítmico de módulo 62,5 mm, donde la abscisa corresponde a los valores de OA y la ordenada a los de δ_a (resistividad aparente). La interpretación se realizó primeramente en forma manual a través de la comparación de la curva de campo empalmada, con los ábacos patrones de Orellana & Mooney (1966) y de van Dam & Meulenkamp (1969). A continuación los resultados de la interpretación manual fueron optimizados con programas de computación. El resultado final es un gráfico donde las marcas representan a los puntos de la curva de campo empalmada y la línea continua corresponde a la curva de interpretación optimizada que responde al modelo físico - matemático.

Se ejecutaron dos sondeos sobre la llanura de inundación del arroyo Achiras. El SEV 1 se realizó a 40 metros aguas debajo de la casa de Amancio Cruz. El SEV 2 se ubicó paralelo al SEV 1 a 3 metros al norte sobre la margen derecha del arroyo. El modelo geoelectrico interpretado fue ajustado teniendo en cuenta el marco geológico existente. Los resultados obtenidos son los siguientes:

SEV 1 – Arroyo Achiras.

Corte Geoelectrico
<u>427</u> 0,8
<u>146</u> 1,3
281

El corte geoelectrico muestra la sucesión de tres electrocapas. La primera, muy resistiva (427 Ohm.m) y de 0,8 metros de espesor, interpretada como sedimentos fluviales, de granulometría muy gruesa (pizarras y esquistos) asignadas al Cuaternario. A continuación se identificó un horizonte más conductivo respecto al anterior (146 Ohm.m) hasta los 1,3 metros de profundidad y que fue interpretado como los mismos sedimentos que le suprayacen, saturados. Por último, conformando la base de la secuencia investigada se detectó una electrocapa más resistitiva que la anterior (281 Ohm.m) que se asigna a sedimentitas precámbricas de la Formación Puncaviscana, la que conforma el basamento hidrogeológico.

SEV 2 – Arroyo Achiras.

Corte Geoeléctrico	
<u>461</u>	0,9
<u>104</u>	1,6
<u>644</u>	3,3
<u>91</u>	6,8
443	

El corte geoeléctrico muestra la sucesión de cinco electrocapas. La primera, de (461 Ohm.m) se extiende hasta una profundidad aproximada de 0,9 metros. Esta secuencia es interpretada como sedimentos fluviales secos (gravas con matriz arenosa) asignadas al Cuaternario. Infrayaciendo se identificó una más conductiva que la anterior de 104 Ohm.m hasta los 1,6 metros de profundidad, interpretada como la misma capa de sedimentos que

la suprayacente pero saturados. El horizonte detectado entre los 1,6 y 3,3 metros tiene gran resistividad (644 Ohm.m), y es definido como rocas precámbricas, las mismas que aparecen en los tramos en los que el arroyo no posee sedimentos. Le siguen dos electrocapas más, ambas son asignadas, igualmente que la suprayacente, a rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana. Estas 3 últimas capas conforman el basamento hidrogeológico de la secuencia.

4.2.2.2 *Hidroestratigrafía*

La zona en estudio se encuentra sobre el faldeo occidental de la Sierra de Santa Victoria. El punto más alto de esta unidad orográfica en el sector cerro Pelado y se extiende en sentido submeridional.

La comunidad se asentó en la quebrada del arroyo Achiras, sobre las terrazas aluviales que están en la ladera occidental del cerro Pelado.

El paisaje actual es el resultado de una historia geológica compleja en la que resaltan los acontecimientos morfogénicos de la Orogenia Andina, que a fines del período Terciario elevaron la región a su posición actual.

Los sedimentos cuaternarios en este sector de la cuenca tienen una gran distribución areal y en ellos pueden reconocerse, por lo menos, tres ciclos morfogenéticos. En el primero, debido a una intensa acción erosiva fluvial, los ríos excavaron profundos valles sobre las rocas precámbricas de la Formación Puncoviscana y del Grupo Mesón asignado al Cámbrico. El segundo ciclo se caracterizó por un predominio de la acumulación sobre el transporte y por el depósito de potentes abanicos aluviales. En el tercer ciclo, que continúa hasta la actualidad, es la erosión fluvial el proceso dominante. Como consecuencia de esto, los ríos han deprimido su nivel de base produciendo una intensa disección y aterramiento de las bajadas aluviales, en donde se hallan asentadas las comunidades de

Colanzulí, Campo Carrera, Pueblo Viejo y Achiras. Son características en este sector las barrancas con paredes subverticales de hasta 200 metros de alto, modeladas en los sedimentos fanglomerádicos cuaternarios.

La faja montañosa es disectada por los valles de los cursos de los ríos Colanzulí y Grande, que fluyen hacia el río Iruya para luego desembocar en el Bermejo, constituyendo un desnivel de unos 3800 metros en 70 km. Esto equivale a una pendiente media de 18%, que corresponde a la caída de las serranías entre el cordón de la sierra de Santa Victoria con una altitud media de 4600 m.s.n.m., y el valle del río Bermejo a 800 m.s.n.m..

Desde el punto de vista hidrogeológico se destaca el intenso diaclasado de las rocas precámbricas y cámbricas que afloran en el sector serrano. Esto le confiere una permeabilidad secundaria que permite la infiltración y el almacenamiento de las escasas precipitaciones estivales. Las vertientes que tienen este origen sólo entregan agua durante el período estival, debido a que su zona de recarga es demasiado pequeña para generar reservas suficientes que puedan tener capacidad de regulación durante todo el año. Una manifestación de agua subterránea significativa la constituyen manantiales que tienen su origen en lugares donde hay espesor de álveo saturado y existe un cambio importante de pendiente. De esta forma la superficie piezométrica intercepta a la topográfica, produciéndose una superficie de drenaje (vertientes), donde el agua subterránea emerge. Este tipo de emanación subterránea, cuando esta relacionada con algún tipo de escorrentía superficial, (como lo es el río Colanzulí que posee la recarga y reserva suficiente) entregan agua durante todo el año, conservando sus características físicas.

4.2.2.3 Hidroquímica

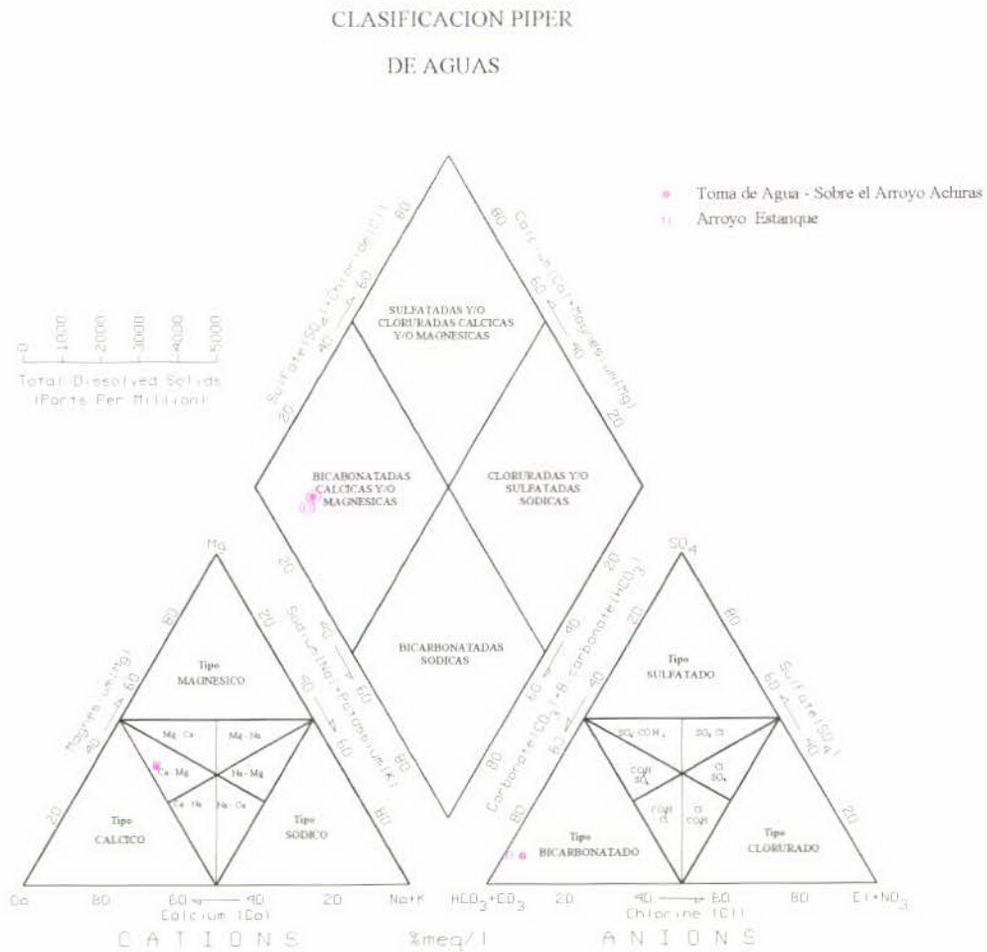
Se tomaron muestras de agua sobre los arroyos Achiras y Estanque.

En el campo se obtuvieron los siguientes parámetros físicos: 227 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 8 °C de temperatura para el arroyo Achiras y para el arroyo Estanque son: 282 $\mu\text{S}/\text{cn}$ de conductividad eléctrica a 15,1 °C de temperatura.

Los resultados de los análisis físico-químicos indican que las muestras de agua no presentan exceso en los parámetros analizados, por lo cual se las considera potables, según el SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable).

Los resultados de los análisis fueron graficados en un diagrama de Piper. El agua de los arroyos Achiras y Estanque es bicarbonatada – cálcica magnésica. Esta clasificación

es coherente desde el punto de vista geoquímico, ya que los dos arroyos muestreados poseen una cuenca muy pequeña como para esperar algún tipo de salinización en su corto recorrido. Es por esta causa que se mantiene la calidad físico-química del agua de recarga, la que normalmente es del tipo bicarbonatada cálcica.



4.2.2.4 Modelo geohidrológico conceptual y evaluación de fuentes

La localidad de Achiras se encuentra dentro de un ambiente hidrogeológico de valles fluviales. El pueblo se asienta el sector medio de la quebrada del arroyo Achiras.

Debido a la disponibilidad de tierras y aguas para riego, la comunidad tiene sus campos de cultivos diseminados en la quebrada sobre las terrazas aluviales.

La zona no cuenta con antecedentes de perforaciones que brinden información respecto a la potencialidad del recurso subterráneo, pero sí se pudieron observar vertientes, que si bien no son significativas, son la prueba irrefutable de que este recurso existe desde el punto de vista cualitativo.

El modelo que aquí se esboza tiene su sustento en los resultados de la prospección geoelectrica, en los datos hidrogeológicos recogidos en el trabajo de campaña y en el ambiente geomorfológico-geológico.

El ciclo hidrogeológico, descrito en forma sucinta y esquemática, comienza con las precipitaciones líquidas (lluvias y rocío) y sólidas (granizo) estivales y se completa con las nevadas durante la época invernal. En la zona montañosa las condiciones para la infiltración eficaz del agua precipitada son poco favorables, debido a la presencia de extensas áreas de afloramientos de baja porosidad primaria (pizarras y esquistos), al escaso a nulo desarrollo de suelos, la escasez de cobertura vegetal y la elevada pendiente topográfica. Por esta razón, gran parte del volumen del agua precipitada abandona la zona serrana en forma de escurrimiento fluvial, inmediatamente después de que las lluvias ocurren. Sólo una pequeña parte del agua caída puede permanecer en los poros y fisuras del subsuelo (permeabilidad secundaria) pasando a formar parte del almacenamiento subterráneo.

Cabe destacar que en el sector del valle, los cursos fluviales más importantes (río Colanzulí y arroyos Achiras y Estanque) han profundizado sus cauces disectando los sedimentos modernos. Por esta razón los potentes depósitos cuaternarios que conforman las terrazas colgadas donde se asienta el paraje de Achiras, se encuentran desconectados del escurrimiento superficial, por lo que éste no actúa como fuente de recarga. De esta manera, sólo es posible esperar la formación de yacimientos de agua con la reserva suficiente para tener capacidad de regulación durante todo el año, en los acuíferos formados por el subálveo del río Colanzulí. Esta aseveración se basa en que las vertientes generadas a expensas de un control topográfico como lo es la vertiente de Tres Pocitos, que entregan agua durante todo el año porque se alimentan de un potente paquete de sedimentos fluviales saturados. En estos casos, el río Colanzulí sí actúa como fuente de recarga, ya que se encuentra genéticamente vinculado.

Por último, también debe tenerse presente que las precipitaciones sólidas que acontecen de manera frecuente en la zona serrana a lo largo del período de estiaje, cumplen

un rol fundamental en la recarga, tanto para el escurrimiento superficial como para el subterráneo.

En el arroyo Achiras, la prospección geoelectrica se realizó en el lugar donde se estimó que la potencia de sedimentos sería máxima. Pese a esto, el resultado de la misma fue desalentador, ya que arrojó una potencia de sedimentos fluviales saturados promedio de 0,60 metros. El espesor de subálveo descalifica a este arroyo para la ejecución de una obra de captación subsuperficial. El resultado del perfil geofísico es coherente con las observaciones de campo, en donde se puede constatar cómo los cursos de agua superficial han disectado las terrazas fluviales hasta llegar al basamento hidrogeológico, conformado en este caso por rocas precámbricas.

Con respecto al arroyo Estanque, el mismo escurre sobre el basamento hidrogeológico, situándolo en la misma condición que el arroyo Achiras en cuanto a las posibilidades de realizar una captación subsuperficial en él.

5 CONCLUSIONES

Achiras en la actualidad posee un sistema de abastecimiento de agua potable, pero este no abarca a toda la comunidad. El paraje se provee de agua para consumo desde una captación realizada en el arroyo Achiras. Durante la época estival los pobladores deben retirar la cañería de conducción de la toma para que las crecidas no la arrastren aguas abajo. El resto de la comunidad debe abastecerse de las viviendas que poseen sistema de conducción o acarrearla del arroyo o de los canales de riego. Los mismos no tiene ningún tipo de protección sanitaria contra la contaminación orgánica producida por las excretas de los numerosos animales que circulan libremente por la zona.

El arroyo Achiras en el período estival transporta exceso de sólidos en suspensión y debido al descenso generalizado de su nivel de base en la actualidad no posee espesor de álveo suficiente para realizar una captación subsuperficial. Los arroyos de la zona, son cursos de agua del tipo torrencial, que en épocas estivales aumentan significativamente la capacidad de transporte y con ésta su competencia. El río Colanzulí posee características similares y de realizarse algún tipo de captación de agua sobre este río, se tendrían que superar numerosos inconvenientes técnicos, como la elevación de una columna de agua a más de 80 metros de altura y el trazado de la conducción en laderas inestables, lo que ocasionaría un componente económico muy alto.

6 PROPUESTA DEL SISTEMA DE CAPTACION

En función del marco general descrito en el apartado anterior, se propone la realización de una obra de captación superficial en el arroyo Achiras, en el sector de la actual toma, sobre la margen norte del arroyo, antes del angosto producido por el afloramiento de rocas precámbricas (ver fotos). Debido a la carga sólida presente durante los meses de precipitaciones, será necesario una planta potabilizadora dotada de unidades de decantación, filtrado y cloración. En esta zona, las condiciones hidrogeológicas existentes sólo permiten la ejecución de una obra de estas características, para obtener un caudal que satisfaga las demandas actuales de la población Achiras.

En virtud de los resultados del presente estudio, de los altos costos que una obra de estas características supone y de que la fuente de agua posee el caudal suficiente, se podría ejecutar un sistema de distribución de agua para consumo humano extensivo a las localidades de Campo de Achiras y Campo Redondo, ya que éstas no poseen ningún sistema de captación y distribución de agua potable. Estos parajes están ubicados 2000 metros aguas abajo de la localidad en estudio, y a 120 metros por debajo de la cota de la actual toma.

7 ANEXOS

- Figura 1: Mapa de Ubicación General
- Figura 2: Mapa Hidrológico
- Figura 3: Mapa Geológico
- Figura 4: Perfil geoelectrico – arroyo Achiras
- Planilla 1: Análisis fisico-químico arroyo Achiras
- Planilla 2: Análisis fisico-químico arroyo Estanque
- Planilla 3: Sondeo Eléctrico Vertical 1 arroyo Achiras
- Planilla 4: Sondeo Eléctrico Vertical 2 arroyo Achiras

FIGURA 1 – PLANO DE UBICACION GENERAL

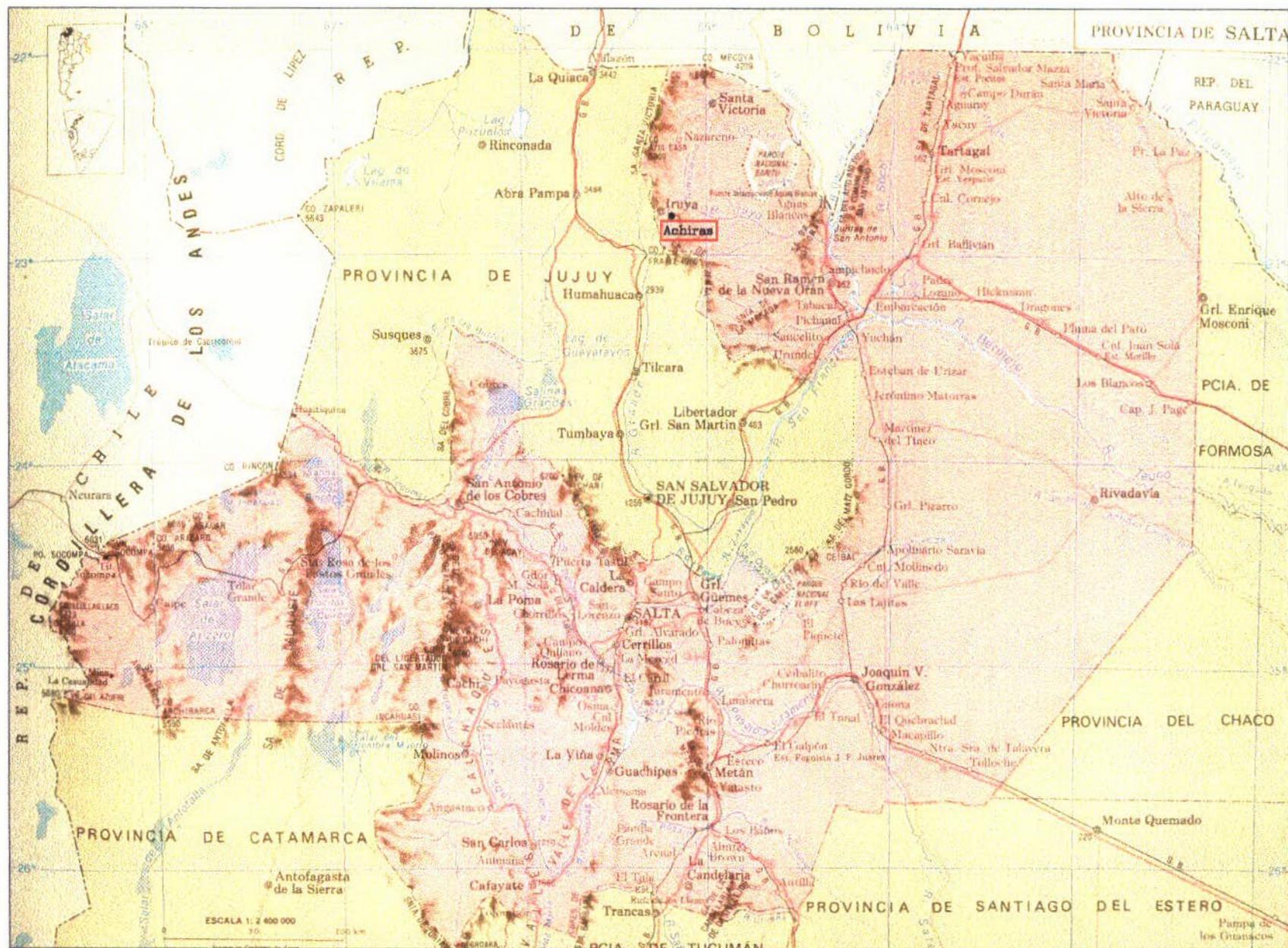


FIGURA 2 - MAPA HIDROLOGICO

REFERENCIAS

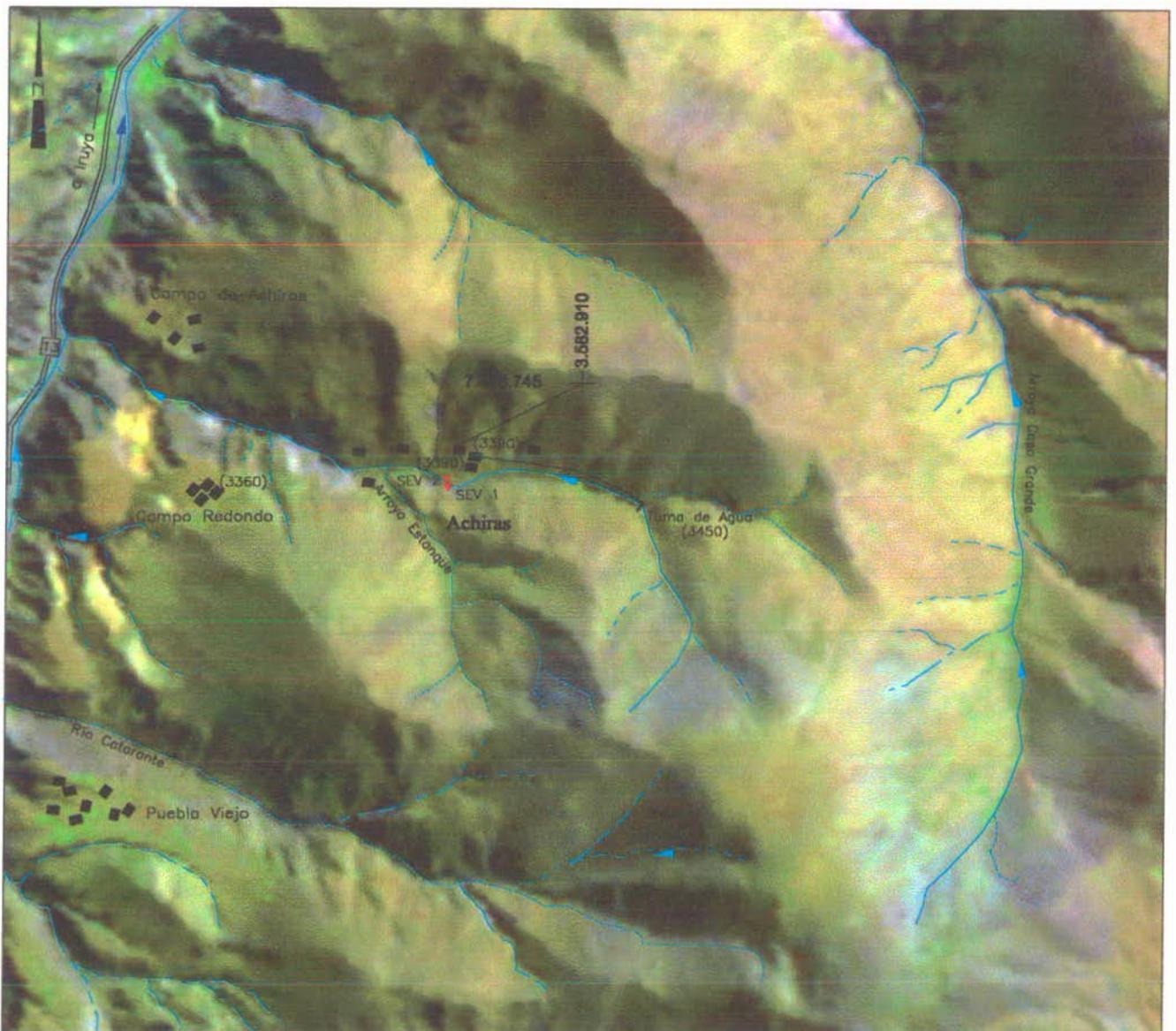
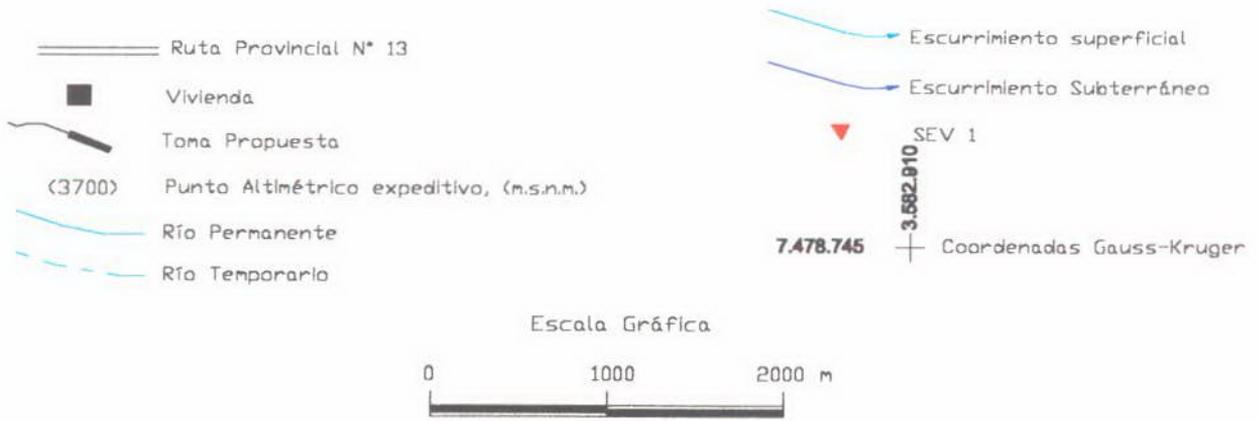
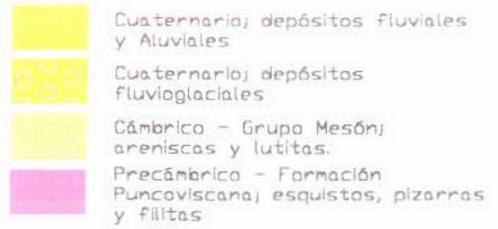


FIGURA 3 - MAPA GEOLOGICO

REFERENCIAS



LITOLOGIA

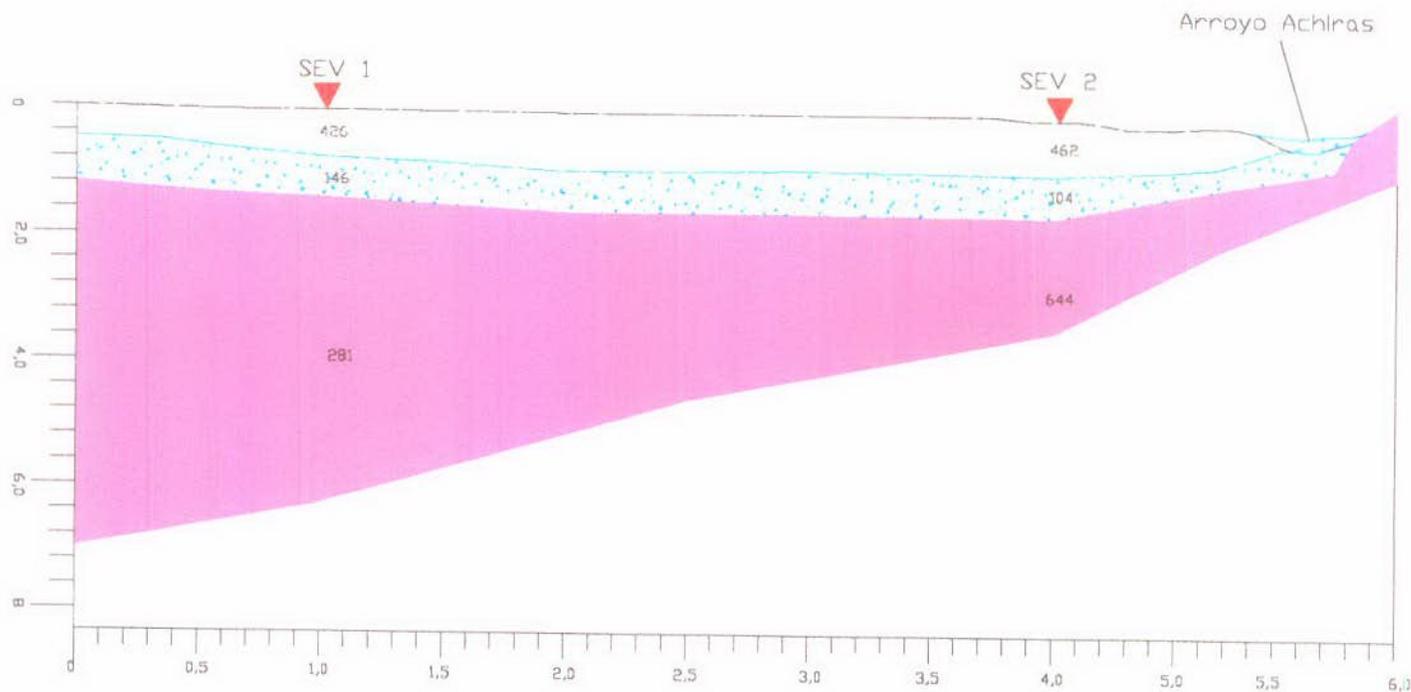


Escala Gráfica



Arroyo Achiras

FIGURA 4 - PERFIL GEOELECTRICO TRANVERSAL SE - NO



REFERENCIAS

- | | | | | |
|----|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| 96 | Resistividad en ohm.m | Zona no saturada | Nivel acuífero | Basamento hidrogeológico |
|----|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------|

**Análisis Físico Químico
Arroyo Achiras**

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	135	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	408	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	114	200	500		
Color (U.C.)	2	5	10		
pH a 25 °C	7,7	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	22	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	199		2000		
Sodio	9,6				
Potasio	1,4				
Calcio	26				
Magnesio	12				250
Cloruros	4,2	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	125,66	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	10	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	<0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	0,2	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	2,74				
Sumatoria Aniones (meq/l)	2,39				
Error analítico	13,74	4	8		
Potabilidad	Potable				

Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Análisis Físico Químico
Arroyo Estanque

Parámetro analizado	valor (mg/l)	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	135	1000	2000	4000	10000
Alcalinidad total (CO3Ca)	403	400	800		
Dureza total (CO3Ca)	114	200	500		
Color (U.C.)	2	5	10		
pH a 25 °C	7,7	6,8	9,2		
Turbiedad (NTU)	22	5	2-25		
Conductividad (uS/cm) a 25 °C	199		2000		
Sodio	9,6				
Potasio	1,2				
Calcio	26				
Magnesio	12				250
Cloruros	4,2	250	400-700	2000	4000
Bicarbonatos	125,66	488	976		
Carbonatos	0				
Sulfatos	10	200	400	2000	4000
Hierro total	<0,02	0,1	0,2		
Manganeso	<0,05	0,05	0,1-0,5		
Amoniaco	.....			
Nitritos	.....		0,1		10
Nitratos	.....		45	1000	3000
Fluoruros	0,2	1,5	2,4		2
Boro	.....	0,5			
Sílice	.....			
Arsénico	n.s.d	0,05	0,1	0,15	0,3
Sumatoria Cationes (meq/l)	2,73				
Sumatoria Aniones (meq/l)	2,39				
Error analítico	13,55	4	8		
Potabilidad	Potable				

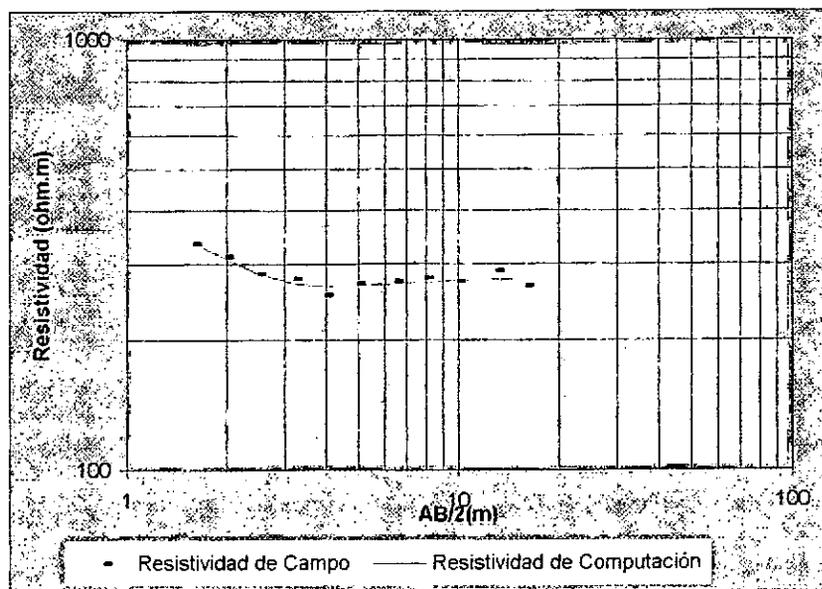
Análisis realizado por el Laboratorio del Ministerio de Salud Pública de la provincia de Salta.

- 200 Valores inferiores al índice tolerable para consumo humano
- 23,5 Valores entre el índice tolerable y admisible para el consumo humano
- 1500 Valores que superan el índice admisible para el consumo humano

Geoelectrica SEV 1
Arroyo Achiras

Profundidad (metros)	Esesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0,885	0,885	426,872
1,353	0,467	146,31
		281,825

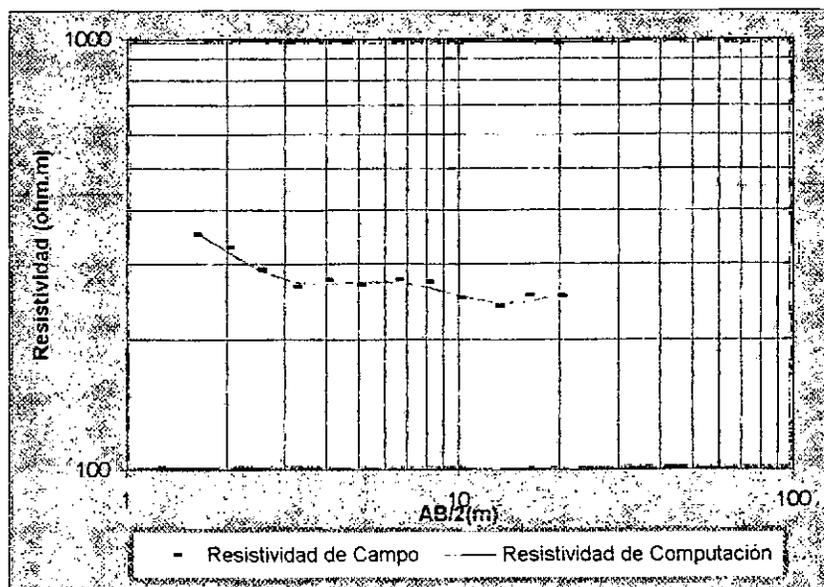
Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error, %
1	1,6	335,3	336,883	0,5
2	2	311,8	309,226	-0,8
3	2,5	284,4	286,46	0,7
4	3,2	277,89	271,331	-2,4
5	4	254,5	266,527	4,5
6	5	270,6	267,077	-1,3
7	6,5	273	270,36	-1
8	8	277,8	273,146	-1,7
9	10	273	275,664	1
10	13	289	277,863	-4
11	16	267	279,086	4,3



Geofísica SEV 2
Arroyo Achiras

Profundidad (metros)	Esesor (metros)	Resistividad (Ohm.m)
0,974	0,974	461,837
1,678	0,703	104,504
3,38	1,702	644,275
6,846	3,466	91,9
		443,57

Número	AB/2	Resistividad de Campo	Resistividad Computación	Error, %
1	1,6	352	356,314	1,2
2	2	327,5	320,51	-2,2
3	2,5	291	290,618	-0,1
4	3,2	265,5	272,317	2,5
5	4	275	269,175	-2,2
6	5	267,5	271,864	1,6
7	6,5	275,1	271,653	-1,3
8	8	271,8	265,225	-2,5
9	10	249	254,358	2,1
10	13	239	244,316	2,2
11	16	253	244,409	-3,5
12	20	252	254,937	1,2



8 FOTOS



Foto1. Vista de la Quebrada del arroyo Achiras (dirección oeste), donde se observan los campos de cultivos de la comunidad.



Foto 2. Vista del arroyo Estanque.



Foto 3. Arroyo Achiras, sector de la actual toma de agua.



Foto 4. Vista del sector donde se propone la futura toma.