

**ESTUDIOS DE CAPTACIÓN ALTERNATIVA DE AGUA
SUBTERRÁNEA EN LA LOCALIDAD DE
PASO DE LOS LIBRES**

**Departamento Paso de los Libres
Provincia de Corrientes**

Administración Obras Sanitarias de Corrientes

Concurso de Precios N° 10/2008



Diciembre de 2008

INDICE GENERAL

1.- INTRODUCCION

2.- OBJETIVOS

3.- METODOLOGIA

- 3.1. RECOPIACION DE ANTECEDENTES**
- 3.2. CENSO DE POZOS**
- 3.3. MEDICION DE NIVELES Y SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO**
- 3.4. ANALISIS FISICO QUIMICO**
- 3.5. PROSPECCION GEOFISICA**
- 3.6. ELABORACION DE MAPAS HIDROGEOLOGICOS**

4.- RESULTADOS

- 4.1. RECOPIACION DE ANTECEDENTES**
- 4.2. CENSO DE POZOS**
- 4.3. MEDICION DE NIVELES Y SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO**
- 4.4. ANALISIS FISICO QUIMICO**
- 4.5. PROSPECCION GEOFISICA**
- 4.6. ELABORACION DE MAPAS HIDROGEOLOGICOS**

5. CONCLUSIONES

6.- BIBLIOGRAFIA

7.- PERSONAL RESPONSABLE

8.- ANEXOS DE FIGURAS, MAPAS, CURVAS SEV, PERFILES GEOFISICOS, PROTOCOLOS ANÁLISIS FISICO QUÍMICOS Y FOTOS.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACION DEL PROBLEMA

Las localidades de Santo Tomé, Paso de los Libres y Monte Caseros advirtieron olor y sabor en el agua potable. La cartera sanitaria estudió muestras de la zona y concluyó en que es apta para el consumo humano. De manera conjunta, la empresa concesionaria del servicio y el Ente Regulador monitorearon día a día la evolución de las características del agua, causadas por algas microscópicas inocuas

La Administración de Obras Sanitarias de Corrientes realizó determinaciones de la aptitud del agua de las localidades de Monte Caseros, Paso de los Libres y Santo Tomé, debido a las anomalías que se originaron por la presencia en el agua natural del río Uruguay de algas microscópicas cuya característica es la producción de un metabolito denominado geosmina, inofensivo para la salud.

Dichas algas forman parte de la comunidad fitoplanctónica natural de los cursos de agua, y se desarrollan en forma explosiva debido a las condiciones ambientales de altas temperaturas, intensidad de la luz solar, el aporte de nutrientes de fuentes puntuales y difusas, la cantidad de represas en la alta cuenca y la ausencia de lluvias.

1.2. ESTUDIOS DE CAPTACIÓN ALTERNATIVA

De acuerdo a la metodología presentada en el Concurso de Precios de Referencia para los estudios de captación alternativa de agua subterránea en la localidad, se ha realizado la recopilación de los antecedentes Climáticos, de Suelos, Geológicos e Hidrogeológicos de la Provincia de Corrientes.

Por otra parte y atendiendo a las características del Concurso de Precios, se ha realizado una búsqueda de información satelital y de la cartografía del Instituto Geográfico Militar de la localidad.

Finalmente se ha determinado la secuencia geológica en profundidad, de manera de definir las áreas más probables de localización de condiciones para la ejecución de la campaña de prospección eléctrica y los relevamientos de perforaciones para la realización del Censo de Pozos, y la determinación del sentido del escurrimiento, áreas de recarga y descarga de los acuíferos posibles de explotar con destino al abastecimiento del agua potable.

2.- OBJETIVOS

A los efectos del trabajo objeto de la Licitación en la localidad de Paso de los Libres, el objetivo de la contratación fue la de recopilar la información antecedentes vinculada a la geología, hidrogeología y clima del área de la localidad de Santo Tomé, Provincia de Corrientes.

- Realización de un censo de pozos y perforaciones.
- Determinación de la profundidad y sentido del escurrimiento subterráneo.
- Determinaciones de la calidad físico – química del agua subterránea.
- Evaluación de la aptitud del agua para consumo humano.
- Ejecución de estudios de Prospección Eléctrica.
- Realización de perfiles geofísico – geológicos.
- Selección de áreas aptas para la ejecución de perforaciones de abastecimiento a la localidad.

3.- METODOLOGIA

3.1. RECOPIACION DE ANTECEDENTES

Se realizó una búsqueda bibliográfica de las referencias más importantes en los aspectos geológicos e hidrogeológicos, de publicaciones en congresos, seminarios, trabajos particulares de ejecución de perforaciones para abastecimiento de agua a localidades, a industrias no servida por la red de agua potable proveniente del Río Uruguay y de información secundaria.

Se digitalizó el damero urbano de la localidad, a partir de imágenes actuales del Google Earth, las que fueron llevadas a un plano en formato AUTOCAD, que sirvió como base para la planificación de los estudios de campo, Planos 1 y 2.

Se escanearon las hojas IGM del área urbana y rural, las que permitirán determinar a partir del Censo de Perforaciones y la campaña de prospección eléctrica, el sentido del escurrimiento, el área de recarga y descarga de los acuíferos posibles a explotar como fuente de abastecimiento de agua potable.

A partir de la información suministrada por la Administración de Obras Sanitarias de Corrientes se determinó la demanda anual proyectada de agua en la localidad de Paso de los Libres hasta el año 2025.

3.2. CENSO DE POZOS

Se realizó un censo de pozos y perforaciones en un radio de aproximadamente 5 Km. con centro en la localidad de Paso de los Libres.

Para ello se confeccionarán fichas de censo normalizadas en las que se consignaron datos de: localización geográfica, cota aproximada relevada con Navegador GPS Garmin; datos constructivos informado por los propietarios del mismo, y de carácter hidrogeológico, de uso, calidades y registro freaticométrico o piezométrico.

La base cartográfica del relevamiento se basó en Cartografía del Instituto Geográfico Militar IGM, de las imágenes del Google Earth y de fotografías aéreas suministradas por personal de Aguas de Corrientes S.A.

3.3. MEDICION DE NIVELES Y SENTIDO DEL ESCURRIMIENTO

En todos los puntos censados donde se pudo acceder a la perforación se realizó medición del nivel estático del agua subterránea mediante sonda bipolar, y se asignó cota topográfica mediante la interpolación de curvas de nivel en la Hojas IGM de la localidad de Paso de los Libres.

3.4. ANALISIS FISICO QUIMICO

En todos los puntos del Censo de Perforaciones se tomaron de muestras de agua para determinación "in situ" de conductividad eléctrica; pH y temperatura, utilizando una Sonda Multiparamétrica Horiba U-10.

De acuerdo a estos resultados, del total de muestras s seleccionaron cinco para determinar sales totales, dureza, alcalinidad, aniones y cationes principales.

Las muestras de agua convenientemente rotuladas y refrigeradas fueron enviadas a un Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ingeniería Química para su análisis.

3.5. PROSPECCION GEOFISICA

El objetivo principal de la encomienda era la realización de una Campaña de Prospección Eléctrica por corriente continua en el área de la localidad de Paso de los Libres para ello, se utilizó el dispositivo simétrico de Schlumberger.

Se utilizó un equipo de prospección eléctrica por corriente continua con compensación automática de potenciales espontáneos ABEM TERRAMETER SAS SYSTEM equipado con un Booster SAS 300.

Utiliza tecnología digital con procesamiento SAS (SIGNAL AVERAGING SYSTEM). Sistema de medias aritméticas móviles de la señal, que toma lecturas consecutivas en forma automática y los resultados se promedian en forma continua.

El equipo Terrameter contiene tres unidades : transmisor, receptor, y el microprocesador. El Booster SAS 300 envía una corriente definida (intensidad constante) y regulada.

La señal transmitida se mide mediante el receptor en intervalos de tiempos discretos, cuando la corriente, la polarización inducida y los transitorios han decaído a los niveles inferiores. La amplitud de corriente es seleccionable y ajustable a las condiciones de investigación, entre 0.2 hasta 500 mA. Los electrodos de corriente son de acero inoxidable de 1" de diámetro externo y 0.75 m de longitud, mientras que los de potencial son de acero inoxidable de 0.5" de diámetro y de 0.40 m de longitud.

Se realizaron mediciones en distintos semiespaciados de línea de corrientes y semiespaciados de electrodos de potencial MN con empalmes respectivos. Estos espaciamientos se fijan de acuerdo a la profundidad de investigación, para este caso se utilizó la siguiente secuencia de mediciones de AB/2: 2.1; 2.8; 3.7; 5.0; 7.0; 9.5; 13.0; 18.0; 24.0; 33.0; 44.0; 60.0, 80.0, 110, 150, 200 y 250 metros. Los valores de distancias MN fueron: 1.20; 6.20 y 28.0, con empalmes en las medidas de AB/2 de 13.0 y 18.0 metros, 44 y 60 metros

Las curvas SEVs fueron digitalizadas y procesadas en gabinete. Siguiéndose el procedimiento que se detalla a continuación:

a) Definición de un modelo geoelectrico conceptual para cada curva SEV en función de los antecedentes geológicos disponibles.

b) Ajuste automático de la interpretación: para ello se utilizó un programa APASEV de ajuste automático de parámetros de Sondeos Eléctricos Verticales (espesores, profundidades y resistividades), a partir del modelo eléctrico conceptual obtenido en el paso "a".

3.6. ELABORACION DE PERFILES Y MAPAS HIDROGEOLOGICOS

Para la elaboración de mapas hidrogeológicos, hidrodinámicos, hidroquímicos, cortes geoelectricos y perfiles geológico-geofísico se tuvo en cuenta la información originada en el relevamiento de antecedentes, el censo de pozos y los resultados obtenidos de la campaña de Prospección Eléctrica.

4.- RESULTADOS

4.1. RECOPIACION DE ANTECEDENTES

El antecedente de mayor desarrollo lo constituye el estudio realizado por CONHIDRO en Junio de 2004 para Aguas de Corrientes S.A., denominado "Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Paso de los Libres". Dicho trabajo realiza un pormenorizado análisis de las condiciones climáticas, fisiográfica, de Geología Regional, censo de veinte (20) pozos y perforaciones, Prospección Geofísica mediante la ejecución de cuarenta (40) Sondeos Eléctricos Verticales y la ejecución de siete (7) perfiles geoelectrónicos, relevamiento de pozos de agua mediante video filmación, ensayos puntuales de perforaciones y análisis físico químico de muestras de agua de tres perforaciones.

Loa autores concluyen que:

- el ambiente geológico de la zona de estudio está formado por una cobertura sedimentaria de origen continental y/o marina que presenta una importante extensión areal pero que no supera los 20 metros de espesor promedio, seguidos por los basaltos de la *Formación Serra Geral*, que en algunos lugares afloran, los que se caracterizan por presentar un espesor variable, superando en algunas sectores de la región los 500 a 600 metros de espesor, hidrogeológicamente se presenta como roca alterada y/o fracturada, normalmente en la parte superior de cada colada de lava, lo que permite el almacenamiento de agua subterránea por porosidad y permeabilidad secundaria.

- los caudales específicos de las perforaciones no superan los $0,5 \text{ m}^3/\text{hora/metro}$, lo que es un indicador de la escasa potencialidad de los acuíferos desarrollados en las rocas basálticas. Solamente la denominada perforación PLVO (Pozo en el Vivero Ombucito) presenta un caudal específico de $2,9 \text{ m}^3/\text{hora/metro}$, para un caudal de explotación muy bajo $Q = 4, 5 \text{ m}^3/\text{hora}$.

- la calidad físico química de las muestras de agua explotadas por los "pozos someros y medianamente profundos", son excelentes para el consumo humano. De información indirecta recopilada por los autores surge que las perforaciones profundas de la ciudad brasileña de Uruguayana presentan una mayor alcalinidad y dureza, en este caso las perforaciones superan los 300 metros que explotan los recursos subterráneos tanto de los basaltos alterados y/o fracturados de la *Formación Serra Geral*, como de las areniscas intrabasálticas de la *Formación Solari*, los que brindan caudales de explotación del orden de los $30 \text{ m}^3/\text{hora}$, en estos casos los caudales específicos son del orden de los $0,27 \text{ m}^3/\text{hora/metro}$, con depresiones de hasta 98 metros.

- desde un punto de vista hidrogeológico concluyen que la secuencia, interpretada a partir de los cuarenta (40) sondeos eléctricos verticales, muestra una capa conductora interpretada como sedimentos finos sin importancia hidrogeológica, una infrayacente media asignada a sedimentos arenosos que conforman el acuífero somero, una semirresistiva, asignada a los basaltos alterados y/o fracturados de la *Formación Serra Geral*, y una unidad resistiva que se interpreta como los basaltos de la *Formación Serra Geral* inalterados y/o con menor grado de fracturación.

- concluyen que las perforaciones en las profundidades del orden de los 200 a 300 metros de profundidad con caudales de 30 m³/hora, pueden ser considerados como excelentes para la región.

4.1.1. CLIMA

El clima de la Provincia de Corriente, en su mitad norte es Subtropical sin estación seca. Esto por presentar temperaturas cálidas en la mayor parte del año. Su régimen de precipitaciones es regular en cantidad más que suficiente. La temperatura media anual de Corrientes capital es de 21,3°, en Curuzú Cuatía de 19,7°, en Paso de los Libres de 19,8°, en Goya de 20,2°, en Ituzaingó de 21,2° y en Virasoro de 22,2°. Los promedios de precipitación anual en toda la provincia oscilan entre los 1100 y 1900 mm, las precipitaciones decrecen de noreste a sudoeste.

Bien se desarrollan las cuatro estaciones del año, por su clima Subtropical en relación con la latitud, los meses de Otoño e Invierno son más breves. Las temperaturas más altas en Verano pueden llegar a ubicarse entre 35° y 40°. El Invierno es breve pero sin embargo suelen producirse algunas heladas en ocasión de invasiones de aire polar, más fuertes en el sur que en el norte de la provincia. Al igual que en Entre Ríos, la provincia de Corrientes presenta una gran cantidad de arroyos, ríos y esteros que otorgan más humedad al suelo y al aire, además de las precipitaciones. La componente principal de viento es del E. En tanto que los vientos del SW o Pampero y las Sudestadas, se registran de manera más debilitada. Con respecto a los promedios anuales de presión atmosférica a nivel del mar, estos se ubican entre los 1012,5 y 1014 hpa.

El extremo sur de la provincia de Corrientes, presenta características climáticas similares a las de la provincia de Entre Ríos, especialmente en el aspecto térmico. El clima subtropical sin estación seca es el que predomina en la provincia, caracterizándose por tener una temperatura media anual entre 16° C. y 21° C., valores elevados de humedad relativa, lluvias ciclónicas o frontales que precipitan en el año entre 1.000 y 1.500 mm., y períodos de pocos días de heladas que se producen como consecuencia del ingreso de aire frío de origen antártico.

La disminución progresiva de la temperatura de norte a sur y de las lluvias en el mismo sentido y de este a oeste, son particularidades del clima que se manifiesta a lo largo y ancho del territorio correntino. Hacia el sur hallamos una franja de transición climática (hacia clima templado) donde las precipitaciones son estivales y las temperaturas medias inferiores.

Su régimen de precipitaciones es regular en cantidad más que suficiente. Los promedios de precipitación anual en toda la provincia oscilan entre los 1100 y 1900 mm. Al igual que en Entre Ríos, la provincia de Corrientes presenta una gran cantidad de arroyos, ríos y esteros que otorgan más humedad al suelo y al aire, además de las precipitaciones. En Ituzaingo la precipitación media anual es de 1555 mm, en Virasoro de 1908 mm y en Curuzú Cuatía de 1375 mm.

La temperatura media anual de Corrientes capital es de 21,3°, en Paso de los Libres de 19,8° , en Goya de 20,2°, en Virasoro de 22,2° , en Curuzú Cuatía de 19,7° y en

Ituzaingo de 21,2°. Si bien se desarrollan las cuatro estaciones del año, por su clima Subtropical en relación con la latitud, los meses de Otoño e Invierno son más breves. Las temperaturas más altas en Verano pueden llegar a ubicarse entre 35° y 40°. El Invierno es breve pero sin embargo suelen producirse algunas heladas en ocasión de invasiones de aire polar, más fuertes en el sur que en el norte de la provincia.

4.1. 2.- SUELOS

El territorio provincial forma parte de la cuenca sedimentaria del Paraná, originada en el Paleozoico y afectada a lo largo de su evolución por diferentes procesos geodinámicos y morfoclimáticos. La provincia no presenta diferencias marcadas en elevaciones topográficas, con máximos que no superan los 200 m s.n.m. en el sector nordeste, descendiendo a 35 m s.n.m. en el sudoeste. Esta baja amplitud lleva a definirla como una llanura sobre la que se delinearon dos grandes regiones naturales (Atlas de Suelos): Gran Región Occidental y Gran Región Oriental. El 36% de la superficie provincial está ocupada por suelos con limitaciones graves por anegamiento y el 16% por inundables, cubriendo ambas limitantes el 52% del territorio provincial, lo que demuestra que los problemas por exceso de agua son predominantes (Ligier *et al.*, 1997), Figura 1.

1. **La Gran Región Occidental** está comprendida entre el río Paraná y la Depresión del Iberá. Se subdivide en cuatro regiones naturales (Peña Zubiate *et al.*, 1990):

1.1. Albardón y planicie subcóncava del Paraná y afluentes

Se destaca el dique natural y los albardones del Paraná Alto y Medio, encontrándose, inmediatamente a éste un plano deprimido. En los sectores más altos del dique natural o albardón, los suelos son Molisoles, utilizados en agricultura en chacras de poca superficie.

A continuación se extiende una gran planicie subcóncava orientada de noreste a sudoeste: el sector superior de captación lo componen esteros de gran amplitud, luego se definen cursos medios de tipo meandroso, que finalizan en el sector inferior con valles cortados en "v".

En líneas generales, las pendientes son muy bajas, el escurrimiento es lento y dominan los procesos de hidromorfismo. Los suelos predominantes son Alfisoles y los interfluvios poco definidos presentan suelos que presentan alto contenido de sodio desde la superficie.

Por último se define un cordón arenoso entre el dique natural del Paraná y la Planicie subcóncava. Los suelos son Entisoles y el uso es citrus, horticultura y forestal.

1.2. Lomadas arenosas, planicies y depresiones.

Se extiende como una franja trapezoidal entre la región y el sistema de los esteros del Iberá en donde sobresalen dos cordones arenosos que atraviesan la región de noreste a sudoeste; entre éstos se intercalan planos y depresiones de cauces antiguos y actuales. Se destaca en esta región, la cuenca del río Santa Lucía, con dos amplios cordones arenosos de origen fluvial. Los suelos son poco evolucionados, arenosos, pertenecientes a los Entisoles. Estos cordones se asocian a través de un límite neto con depresiones (esteros o bien con lomadas amplias, suavemente onduladas, de suelos arenosos, pardos, que