



CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS DEL BORDE ORIENTAL DE LA SIERRA DEL CAMPO  
PROVINCIA DE TUCUMAN, REPUBLICA ARGENTINA.

TINEO, A. (\*): J. GARCIA (\*\*): C. FALCON (\*\*): C. APELLIA (\*\*): M. HIDALGO (\*\*): G. RODRIGUEZ (\*\*): Y  
C. D'URSO

(\*) CONICET-ARGENTINA

(\*\*) FACULTAD DE CS. NATURALES E IML-UNT

INTRODUCCION

El área de trabajo se ubica en el Departamento Burruyacu, en la Provincia de Tucumán, a 60 Km al NE de su ciudad capital. Limita al Norte con el Río Urueña, al Sur con el Río Tajamar o Cajón que separa la Sierra del Campo de la de La Ramada, al Oeste con la divisoria de aguas de la zona serrana, y al Este con la Ruta Nacional N° 34, que marca el límite con la Provincia de Santiago del Estero.

La unidad orográfica más importante es la Sierra del Campo, extendida al Oeste del área de análisis, con una elongación aproximada N-S de 24 km y una altura máxima de 2000 m.s.n.m.

Los ríos de mayor importancia en el área de trabajo son el Río Urueña y el Río Tajamar o Cajón. El primero se ubica al norte, en el límite con la Provincia de Salta y su cuenca imbrifera es de 675 Km<sup>2</sup>.

El desarrollo del cono del Río Urueña se encuentra restringido en territorio tucumano por la presencia de las lomadas de Laguna de Robles, que le sirven de contención. No obstante ello, en períodos recientes (Pleistoceno?) el Río Urueña drenaba hacia la localidad de Rapelli, como lo atestiguan los paleocauces reconocidos entre esta localidad y Laguna de Robles y los sedimentos aluvionales, gravas y arenas, que cubren las lomadas.

El Río Tajamar o Cajón, al sur del área considerada, tiene un escurrimiento anual de 22.3 Hm<sup>3</sup> y una cuenca imbrifera de 250 Km<sup>2</sup>. Al llegar al piedemonte origina un cono aluvial de aproximadamente 470 Km<sup>2</sup> de superficie, en el límite con la Provincia de Santiago del Estero (1).

La llanura oriental de la Sierra del Campo constituye una zona fértil con buen desarrollo de suelos e importantes explotaciones agropecuarias que la ubican entre las regiones económicas más importantes de la Provincia de Tucumán, con producción de caña de azúcar, citrus, granos y ganadería de tipo extensiva.

CLIMA

El Departamento Burruyacu se ubica en una región subtropical continental, con elevadas temperaturas en verano y bajas temperaturas en invierno. Esto determina una gran amplitud térmica.

Las precipitaciones se concentran en la ladera oriental de la Sierra del Campo, con valores de 900 mm anuales que disminuyen hacia el este, hasta alcanzar valores de 500 mm anuales, en el límite con la Provincia de Santiago del Estero.

Según la clasificación de Köppen (2), en la zona se distinguen tres tipos climáticos diferentes: Cw<sub>ak</sub>, clima templado moderado lluvioso con invierno seco en el área serrana; Cw<sub>ah</sub>, Clima mesotermal con invierno seco, en el área pedemontana; y BSh<sub>wa</sub>, Clima seco de estepa con vegetación xerófila, característico del área de llanura.

GEOLOGIA

La Sierra del Campo que pertenece al sistema de la Cordillera Oriental (3), tiene un núcleo metamórfico constituido por filitas de colores grises azuladas con venas de cuarzo, de edad Precámbrico superior-Cámbrico inferior (Fig. 1).

En discordancia se asienta una sucesión de ortocuarcitas rosadas marinas fuertemente diaclasadas y plegadas de edad Cámbrico medio-superior (4), en afloramientos aislados del borde oriental de la Sierra del Campo.

Le continúan en discordancia conglomerados y areniscas rojas de edad Cretácica inferior a media y sobre éstos en discordancia se apoyan areniscas y arcilitas rojas y moradas del Terciario inferior, y arcilitas y limolitas rojas, margas verdes y bancos de yeso del Terciario superior.

Finalmente el Cuaternario constituido por tres niveles: el más antiguo o Q<sub>0</sub> correspondiente a niveles aterrazados limo-arenosos y conglomerádicos. Luego le sigue el Q<sub>1</sub> perteneciente al relleno de conos aluviales constituido por gravas, arenas y limos. Por último el Q<sub>2</sub> constituido por depósitos de llanura de inundación con arenas, limos y arcillas y depósitos de interfluvios, limo-loésicos.

Las estructuras dominantes están conformadas por dos sistemas de fallas: el primero constituido por fallas N-S que limitan los bordes de la sierra del Campo y el segundo sistema, de orientación NW-SE, que controla el curso de los ríos Tajamar y Urueña (Fig. 1).

(\*) Facultad de Ciencias Naturales e Inst. Miguel Lillo  
Universidad Nacional de Tucumán  
Miguel Lillo 205 - S.M. de Tucumán-Argentina.

## HIDROGEOLOGIA

Existen en la zona numerosas perforaciones para abastecimiento de agua potable y uso agrícola-ganadero; el censo de 30 pozos seleccionados, permitió confeccionar un mapa hidrogeológico a escala 1: 50.000. El diseño de las curvas de isopiezas indica que el flujo subterráneo, de dirección noroeste a sudeste, coincide con la pendiente topográfica (Fig. 1).

El área de recarga se ubica en el faldeo oriental de la Sierra del Campo donde se registran las mayores precipitaciones sobre sedimentos permeables del Cuaternario.

La zona de descarga se ubica en el sector oriental de Burruyacu, donde la isopieza de valor cero delimita el área de surgencia. Esta curva describe una concavidad en las localidades de El Puestito (N° 5), El Azul (N° 6) y Chilcas (N° 3), debido probablemente a la presencia en subsuelo de un sinclinal elongado (5).

La profundidad de las perforaciones varía entre 100 m. bajo boca de pozo (m.b.b.p.) en la zona pedemontana, hasta 474 m.b.b.p. en la zona de llanura y captan acuíferos múltiples del Cuaternario. No se descarta que algunas perforaciones como El Puestito (N° 5), Chilcas (N° 3) y El Azul (N° 6), exploten niveles arenosos del Terciario superior, dada su profundidad que supera los 250 m. y su proximidad a lomadas con núcleo terciario (Fig. 2 - Planilla de Perforaciones).

Los caudales específicos varían entre valores inferiores a 1 a 5.6 m<sup>3</sup>/h/m., mientras que los caudales de surgencia varían entre 2 y 100 m<sup>3</sup>/h.

Los niveles piezométricos varían desde 40 m.b.b.p., en la zona pedemontana de la Sierra del Campo y de las Lomadas de Laguna de Robles, hasta surgentes con 25 m sobre boca del pozo, en la zona de llanura.

En general se trata de perforaciones de más de 100 m de profundidad, que captan acuíferos múltiples, de entre 2 y 10 napas, en sedimentos aluviales donde se estratifican e interdigitan materiales gravo-arenosos y limo-arcillosos. Este hecho, sumado al elevado gradiente hídrico, le confiere a los acuíferos profundos niveles de surgencia natural muy importantes.

## HIDROGEOQUIMICA

Para realizar el estudio hidroquímico se muestrearon un total de 26 perforaciones distribuidas regularmente en la zona de estudio.

Los análisis físico-químicos de las muestras de aguas se realizaron en el Laboratorio del Centro de Investigaciones en Química Aplicada, de la Facultad de Ciencias Naturales de la UNT, siguiendo técnicas convencionales e instrumentales.

La determinación de calcio, magnesio, cloruros y bicarbonatos se realizó por volumetría (6); de sulfatos por turbidimetría (7); sodio y potasio por fotometría de llama (6) y residuos totales se determinó por gravimetría (6).

Los valores de los parámetros analizados, así como los resultados de la clasificación de las aguas se pueden observar en la Fig. 3 - Planilla de Análisis Químicos.

De la representación gráfica de los valores correspondientes a la composición iónica mayoritaria, se concluye que la mayoría de las muestras son del tipo sulfatada sódica, aunque hay algunas sulfatadas cálcicas y una muestra, la de Finca El Azul (N° 6), que se envasa como agua mineral de mesa y es del tipo bicarbonatada sodico-cálcica.

El pH varía entre 7.2 y 8.5 por lo que son aguas neutras a levemente alcalinas, encontrándose los valores más elevados en los pozos de Pampa Pozo (N° 8) y Puerta Alegre (N° 7).

Con respecto a los sólidos disueltos totales se puede decir que en general se trata de aguas dulces con concentraciones menores a 1.000 mg/l, excepto en el caso de 7 pozos con valores elevados menores de 2.000 mg/l que son salobres. La muestra de 7 de Abril (N° 2) presenta un valor extremo de 2.528 mg/l.

La salinidad crece en el sentido del flujo subterráneo de noroeste a sudeste en dirección a la Provincia de Santiago del Estero, donde los sedimentos se hacen más finos coincidentemente.

Las temperaturas de las aguas en boca de pozo varían entre 17 y 45 °C, registrándose el valor más elevado en la perforación de Paso de La Patria (N° 21). Estas aguas con anomalías termales están siendo estudiadas por este grupo de trabajo desde hace algunos años, con la finalidad de evaluar el potencial geotérmico de la región.

Estudios preliminares realizados mediante isótopos estables, relación Na-K-Ca/Mg y geotermometría por composición catiónica CCG, revelan una temperatura de foco de 98 °C para el pozo de Garmendia (N° 14), 89 °C para El Triunfo (N° 13), y 86 °C para Paso de La Patria (N° 21) (8).

De las normas de potabilidad de aguas dictadas por Obras Sanitarias de la República Argentina, se deduce que las aguas subterráneas de la zona son potables, aunque algunas muestras presentan concentración elevada de sulfatos, con valores próximos al límite tolerable.

Por otro lado se realizó la clasificación del agua para riego con fines agrícolas, en base al diagrama del U.S. Soil Salinity y a la clasificación de Flannery, modificada por Lhon (9). La misma indica que las aguas en general son buenas (clase II) a regulares para riego (clase III).

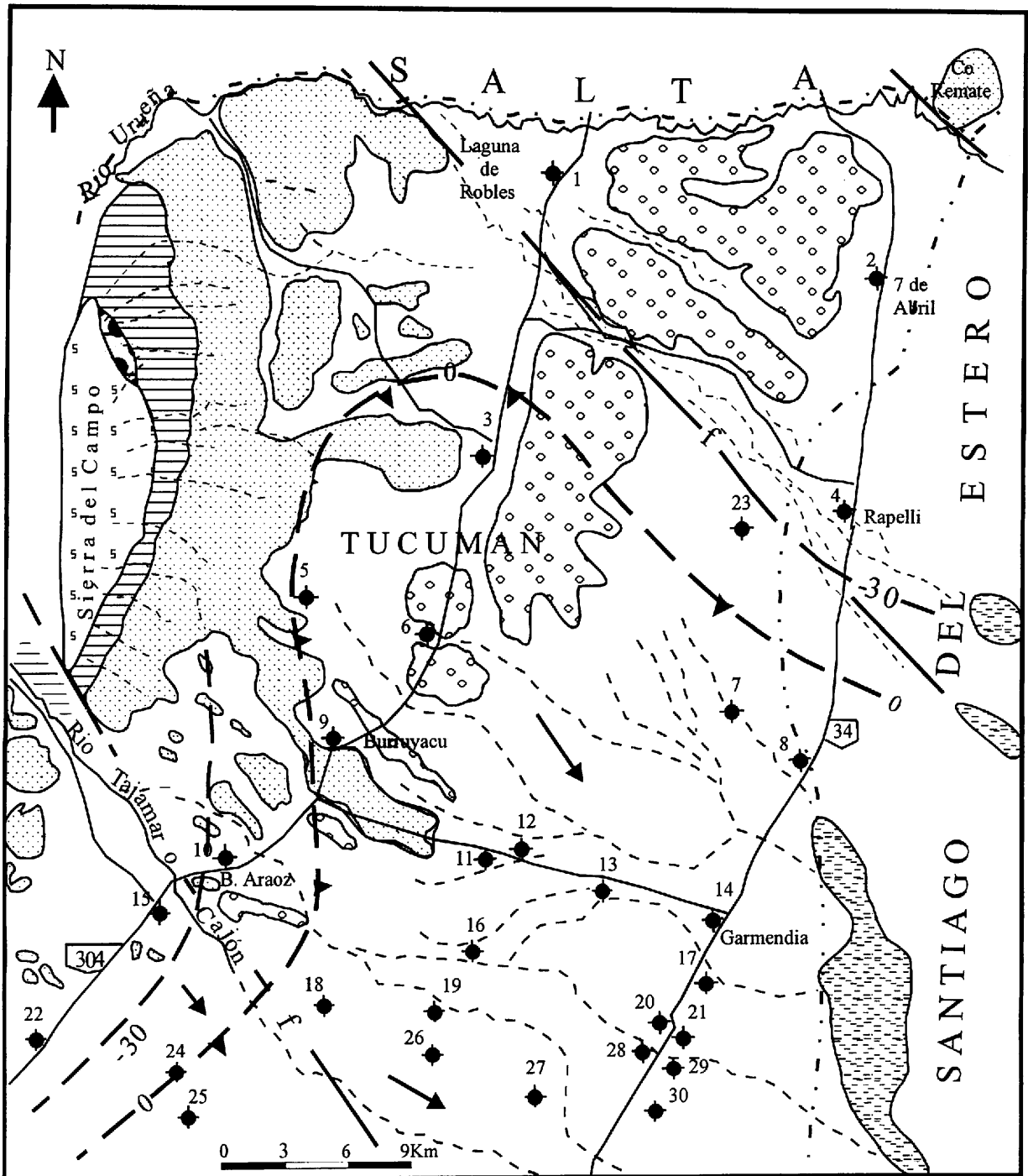
Adoptando las normas de aptitud del agua para uso en ganado bovino, propuestas por Bonel y Gassi (10) de la Estación INTA, de Marcos Juárez (Córdoba), se determinó que el agua es buena para abrevado de ganado, debiéndose suplementar con 1/2 Kg. de sal común por cada 1.000 l de agua, debido a la baja concentración de cloruros (menor de 1.000 mg/l).

CENSO DE PERFORACIONES

Nº	Pozo Ubicación	Año	Prof. Tot. (m)	Qb. (m <sup>3</sup> /h)	Qe. (m <sup>3</sup> /h/m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Temp. (°C)
1	Laguna de Robles	1989	113.00	30.00	0.78	-14.00	- 52.00	—
2	7 de Abril	1986	164.40	30.00	1.25	-86.00	-110.00	—
3	Chilcas	1975	287.00	7.50	1.36	+ 6.50	+ 1.00	—
4	Rapelli	1975	400.00	69.00	1.50	-40.00	- 87.00	—
5	El Puestito	1981	261.00	35.00	1.04	+28.00	+ 1.20	26.00
6	El Azul	1969	371.00	4.50	—	+ 2.90	—	30.30
7	Puerta Alegre	—	407.00	4.00	—	+14.00	+ 3.00	—
8	Pampa Pozo	—	73.70	10.00	—	+ 5.00	—	32.00
9	Burruyacu	1968	206.40	34.20	—	+ 2.00	—	25.70
10	Benjamín Aráoz	1948	114.00	9.90	5.60	-25.40	- 27.20	20.00
11	El Zapallar	1982	201.00	—	—	—	—	20.20
12	La Argentina	—	—	100.00	—	+ 2.00	—	26.00
13	El Triunfo	1965	422.50	5.00	—	+ 1.00	—	33.30
14	Gdor. Garmendia	1974	402.00	25.00	1.88	+24.50	- 22.50	37.20
15	Taruca Pampa	1973	160.00	92.00	—	+35.00	—	—
16	Pajas Coloradas	1967	340.00	32.00	—	+11.00	—	28.20
17	San José	1976	420.00	15.00	0.21	+ 0.50	- 70.00	—
18	Piedra Blanca (1)	1974	162.00	210.00	3.30	+ 1.00	- 62.00	17.00
19	Piedra Blanca (2)	1936	263.50	100.00	—	+ 5.00	—	25.60
20	Santa Lucía	1924	382.50	15.00	—	+ 3.00	—	41.60
21	Paso de La Patria	1977	474.00	7.80	—	+14.00	—	44.70
22	El Barco Esc. 292	1952	103.00	2.60	—	-83.00	—	—
23	El Tunalito	1977	425.00	14.40	0.44	-12.00	- 45.00	—
24	Sinquial	1959	292.50	2.00	—	+ 0.50	—	30.30
25	Santa Rosa	1924	365.00	—	—	+ 6.00	—	32.20
26	Culata	1935	356.00	7.80	—	+ 5.00	—	27.70
27	San Arturo	1969	229.00	90.00	—	+20.00	—	—
28	San Federico	—	300.00	20.20	—	+ 2.50	—	—
29	San Fernando (1)	1985	—	—	—	+ 5.00	—	38.60
30	San Fernando (2)	—	—	—	—	—	—	37.00

PLANILLA DE ANALISIS QUIMICOS

Nº	Ubicación	Sol.T	C.E (mg/l)	CO3H- µS/cm	SO4= meq/l	Cl-	Ca++	Mg++	Na+	K+	pH	Na %	RAS	Apt. Riego
2	7 de Abril	2528	2470	2.03	18.03	20.90	12.00	3.85	24.00	0.20	7.2	54.9	8.5	C4S2
3	Chilcas	1005	1105	1.08	14.20	1.14	1.61	0.58	12.00	0.08	7.8	84.1	11.5	C3S2
4	Rapelli	709	—	1.97	8.02	1.17	2.14	0.31	7.00	0.40	7.9	71.1	6.0	C3S2
5	El Puestito	295	354	2.62	2.88	0.29	1.96	—	2.40	0.08	7.8	45.5	2.0	C2S1
6	El Azul	328	444	4.60	0.35	0.20	2.09	0.84	2.00	0.20	7.4	42.3	1.6	C2S1
7	Puerta Alegre	398	462	2.27	2.88	0.54	0.33	0.05	5.04	0.06	8.4	92.0	11.5	C2S2
8	Pampa Pozo	462	514	1.65	3.70	0.79	0.33	0.09	5.04	0.06	8.5	91.3	11.0	C2S2
9	Burruyacu	489	510	2.83	3.60	0.83	2.85	1.17	2.40	0.14	7.7	36.6	1.7	C2S1
10	B. Aráoz	970	845	2.77	7.90	2.36	6.28	2.19	5.31	0.12	7.9	38.2	1.3	C3S1
11	El Zapallar	681	689	1.87	5.08	3.34	2.19	0.74	8.50	0.16	8.2	73.3	7.0	C2S2
12	La Argentina	498	585	2.77	14.40	1.08	2.25	0.47	5.48	0.15	7.9	65.6	4.7	C2S1
13	El Triunfo	862	949	1.12	10.00	1.87	2.57	0.05	8.57	0.11	7.6	75.0	7.5	C3S2
14	G. Garmendia	832	852	1.45	7.90	3.88	1.80	0.03	10.70	0.11	8.0	84.6	11.3	C3S2
16	P. Coloradas	866	975	2.32	7.90	3.00	4.87	1.26	5.48	0.13	7.6	46.7	3.0	C3S1
18	P. Blanca (1)	735	696	3.20	5.39	1.38	3.92	1.40	5.00	0.13	7.5	47.8	3.1	C2S1
19	P. Blanca (2)	782	670	2.71	6.58	0.59	4.76	1.12	5.00	0.14	7.5	45.4	2.9	C2S1
20	Santa Lucía	911	806	1.75	9.34	2.26	4.25	0.10	8.50	0.12	7.9	65.5	5.8	C3S2
21	P. La Patria	1808	1372	0.84	16.50	4.22	10.60	n.c.	11.00	0.13	7.9	50.6	4.8	C3S1
23	El Tunalito	1297	1297	2.19	11.02	3.63	1.83	0.26	12.00	0.10	7.9	42.3	11.0	C3S2
24	Sinquial	783	838	2.32	7.19	1.18	3.46	0.98	5.48	0.15	7.4	54.4	3.7	C3S1
25	Santa Rosa	960	1014	1.78	10.00	1.57	4.63	0.20	7.25	0.17	7.4	56.9	4.5	C3S1
26	Culata	812	689	2.77	6.96	1.28	4.56	0.32	2.14	0.31	7.5	56.8	4.2	C2S1
27	San Arturo	771	676	2.65	6.20	1.52	4.92	0.84	4.68	0.13	7.5	44.3	2.8	C2S1
28	San Federico	1072	936	1.33	11.50	2.65	5.15	0.10	8.18	0.14	7.7	60.3	5.1	C3S1
29	S. Fernando(1)	1730	1053	1.21	10.00	5.94	4.31	0.10	14.90	0.13	7.9	76.6	10.1	C3S2
30	S. Fernando(2)	1178	982	1.45	13.90	2.55	5.95	0.22	10.40	0.14	7.8	62.2	5.9	C3S2

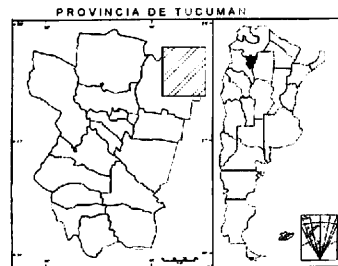


REFERENCIAS

EDAD	LITOLOGIA	CARACT. HIDROGEOLOGICAS
CUATERNARIO	Arenas, Limos y Arcillas	Alta Permeabilidad
CUATERNARIO ATERRAZADO	Gravas y Arenas	Alta Permeabilidad
TERCARIO	Arcillas, Margas, Arcniscas, Yeso y Calizas	Baja Permeabilidad
CRETACICO	Conglomerados, Areniscas, Arcillas	Baja Permeabilidad
CAMBRICO	Conglomerados y Cuarcitas	Baja Permeabilidad Secundaria
PRECAMB. SUP CAMB. INF	Pizarras y Filitas	Baja Permeabilidad Secundaria

Croquis de Ubicación

- Contacto
- Falla (? Supuesta)
- 12 Pozo N°
- Curva de Isopiezia
- Flujo Subterráneo
- Area de Surgencia
- Rio Permanente
- Rio Temporario
- Ruta N°
- Limite Interprovincial
- Bajos Anegables



## CONCLUSIONES

- La llanura de Burruyacu se encuentra dominada por el modelo hidrogeológico del cono aluvial del Río Tajamar, que se extiende desde el borde sudoriental de la Sierra del Campo, hasta la Provincia de Santiago del Estero.
- En la zona limítrofe con la Provincia de Salta se encuentra el cono aluvial del Río Urueña, poco desarrollado debido a la presencia de las Lomadas de Laguna de Robles, que le sirven de contención. Por ello, este cono presenta su mayor desarrollo en el Departamento Pellegrini, en la Provincia de Santiago del Estero.
- Se comprobó el control estructural del área, limitada por las fallas de dirección NW-SE del Río Tajamar y paleocauce del Río Urueña y el sinclinal elongado en el centro de la misma.
- La calidad físico-química de las aguas subterráneas es buena por lo que son utilizables tanto para consumo humano, como para agricultura y ganadería, y en la localidad de El Azul existe una planta embotelladora de agua mineral de mesa.
- La zona cuenta con recursos geotermales aunque deben intensificarse los estudios para determinar las características del reservorio y sus posibles aplicaciones.

## Bibliografía

- 1- TINEO, A.; J. GARCIA y C. FALCON. (1991) El Cono Aluvial del Río Cajón. Provincia de Tucumán, Argentina. 6º Congreso geológico Chileno. Vol 1: 373-377. Viña del Mar.
- 2- TORRES BRUCHMANN, E. (1978). Las Clasificaciones Climáticas de Koppen y Thornthwaite. Ed. Sección Publicaciones de la Facultad de Agronomía y Zootecnia UNT. Serie Didáctica N° 48. 27 pp. S.M. de Tucumán.
- 3- MON, R. (1976) La Tectónica del Borde Oriental de los Andes en las Provincias de Salta, Tucumán y Catamarca, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol XXXI: 65-72. Buenos Aires.
- 4- MON, R., A. URDANETA y L. SUAYTER. (1971) Sobre la presencia del Paleozoico inferior en la Provincia de Tucumán. Acta Geológica Lilloana. Vol XI (12): 229-240. Tucumán.
- 5- STAPPENBECK, R. (1921) Reseña Hidrogeológica del Nordeste de la Provincia de Tucumán. Dirección General de Mineralogía, Geología e Hidrología. Buenos Aires (Argentina).
- 6- RODIER, J. (1981) Análisis de las Aguas. Ed. Omega. Barcelona, España.
- 7- APHA, AWWA y WPCF. (1963) Métodos Estándar para el Exámen de Aguas y Aguas Residuales. Ed. Interamericana. 11ª Edición. México.
- 8- TINEO, A. et al. (1989) Geochemical Survey of the Llanura Tucumana Geothermal Area. Argentina. Geothermal Resources Council Transactions. Vol. 13: 165-171. California, EUA
- 9- BONEL J. y H. GASSI. (1982) Calidad del Agua para Bebida en Ganado Bovino. Inf. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Córdoba.