

PROVINCIA DE SALTA

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES



EVALUACION DE LAS AGUAS TERMOMINERALES PALAU, SU RENDIMIENTO ACTUAL Y LAS POSIBILIDADES DE IDENTIFICAR NUEVOS MANANTIALES EN EL COMPLEJO TERMAL DE ROSARIO DE LA FRONTERA.

INFORME FINAL

SALTA, NOVIEMBRE DE 2006.

Lic. Gerardo Marcos Márquez



AUTOR

LICENCIADO GERARDO MARCOS MARQUEZ

COLABORADORES

**GEOLOGO CESAR ABRAHAM
GEOLOGO PABLO DIB ASHUR
SR. ALBERTO OVEJERO TOLEDO
SR. FEDERICO HEIT
SR. AGUSTIN ORTIZ YAÑEZ**

Resumen

El área termal de Rosario de la Frontera, se encuentra ubicada al 175 Km al sur de la ciudad de Salta. La zona se caracteriza por estar ubicada en una estructura anticlinal conocida como Sierra de la Candelaria. Estas sierras presentan un complejo sistema de fallas inversas de alto grado de rumbo submeridiano con zonas de fracturas perpendiculares, que constituyen las zonas de escape de las aguas subterráneas termo minerales, la cual se infiltra en las zonas serranas del oeste de Rosario de La Frontera hasta alcanzar un nivel permeable por donde recorren 55 Km aproximadamente hacia el este, calentándose en su recorrido hasta salir en la Sierra de la Candelaria a distintas temperaturas y con distintas calidades según el sedimento por el que circularon. De esta manera alumbran las aguas termales que usa el complejo termal de Rosario de La Frontera, son aprovechadas para balneoterapia y que se denominan: Silicosa, Sulfurosa, Laxante, Zarsa, Constanza, Virgen, Salada, Ferruginosa e Inhaladora, esta última fuera de uso.

Desde el punto de vista físico – químico, las aguas son en su mayoría del tipo cloruradas sódicas, indicando la máxima evolución geoquímica para el agua subterránea, lo que estaría relacionado a un mayor tiempo de percolación del agua desde la zona de infiltración hacia la zona de descarga.

Además de las aguas usadas para balneoterapia, en la zona se encuentra la planta embotelladora de agua termo mineral Palau, la que en la actualidad embasa agua termal captada directamente desde la zona de surgencia, la cual solamente es clorada para su embotellado. Las captaciones actualmente son deficitarias y se pierde agua en la toma y en la conducción, por lo que solo se dispone de 5000 l/h que además tiene que ser compartido para riego de la cancha de golf del Hotel Termas, espacios parquizados y con el Automóvil Club Argentino.

A partir de los trabajos realizados se descubrieron nuevos puntos de surgencia tanto fríos como termales, además del recurso superficial aforado en un tributario del A° Salado. Las fuentes descubiertas son potables desde el punto de vista físico – químico y se las puede separar en aguas frías para su uso de riego de la cancha de golf, espacios verdes y servicios para la planta Palau, Hotel Termas y Automóvil club Argentino. Con los datos obtenidos en este trabajo el agua termomineral con posibilidades de ser embotellada sería de 10.520 l/h o 252.480 l/día, mientras que el agua para ser usada en servicios y riego sería de 235.169 l/h o 5.644.056 l/día. De esta manera se superaría la producción de agua embotellada y se terminaría con los inconvenientes, por el uso del agua entre Hotel Termas, Palau y Automóvil Club Argentino.

INDICE

1. Localización

Mapa de ubicación y vías de accesos.

2. Análisis y evaluación de antecedentes

3. Caracterización Física

3.1. Clima: Temperaturas media, máxima, mínima. Precipitaciones, media anual, mensual. Clasificación climática.

3.2. Suelos: Caracterización y capacidad de uso.

3.3. Vegetación: Provincia Fitogeográfica, especies principales y protegidas

3.4. Fauna: Principales especies.

3.5. Hidrografía: Delimitación de cuenca, clasificación de red de drenaje. Identificación de los afluentes primarios y secundarios.

3.6. Marco Geológico Regional: Provincia geológica, descripción de las principales unidades geológicas. Mapa geológico.

3.7. Geología Estructural: Identificación de las principales unidades estructurales, fallas, sinclinales, anticlinales, etc.

4. Fuentes de Agua

4.1. Agua Superficial: Identificación de las principales fuentes de abastecimiento superficial

4.2. Agua Subterránea

4.2.1. Estudio de Fuentes: Localización y caracterización de puntos de interés en la captación de agua subterránea.

4.2.2. Geoeléctrica: Prospección geoeléctrica para determinar modelo geológico de interés hidrogeológico.

4.2.3. Hidroestratigrafía: Determinación de las principales unidades hidroestratigráficas, profundidad y características litológicas.

4.2.4. Hidroquímica: Clasificación de los tipos de agua muestreados, localización.

4.2.5. Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de fuentes: Ponderación y evaluación de los sistemas acuíferos de la zona de estudio.

5. Reseña del Mercado del Agua Embotellada

6. Conclusiones

7. Recomendaciones

8. Propuesta y metodología de futuros trabajos a realizar.

9. Anexos

10. Bibliografía

Introducción:

A solicitud del Consejo Federal de Inversiones se lleva a cabo el estudio denominado **“Evaluación de las aguas termominerales Palau, su rendimiento actual y la posibilidad de identificar nuevos manantiales en el complejo termal de Rosario de La Frontera”**.

El estudio se fundamenta en la necesidad de optimizar el sistema de aprovechamiento de las Aguas Minerales Palau y los puntos de captación de las surgencias. Estas fuentes, se encuentran sin modificaciones desde su descubrimiento por el Dr. Palau, fundador del complejo. En la actualidad existe una pequeña planta embotelladora que comercializa esta agua mineral y se encontraría con limitaciones de producción por falta de capacidad del recurso termal.

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 suscrito.

Objetivos

Realizar el relevamiento y evaluación de las fuentes de agua termominerales Palau y la evaluación de las posibles fuentes de agua subterránea y/o superficial, con el fin de mejorar el actual sistema de abastecimiento de agua a la planta embotelladora Palau, identificar nuevas alternativas de uso para el Complejo Termal en Finca Termas de Rosario de la Frontera, Departamento Rosario de La Frontera.

1. Localización

El complejo Termal de Rosario de La Frontera se encuentra en el sector centro – oeste de la Provincia de Salta y pertenece al Departamento Rosario de La Frontera.

Desde la Ciudad de Salta se accede a la zona de estudio a través de la ruta nacional N 9 por la cual se recorren 45 Km hacia el este, hasta llegar al empalme con la ruta nac. N 34, por la cual se recorren 135 Km hacia el sur hasta arribar a la Ciudad de Rosario de La Frontera. Desde allí se continúa por la ruta Nac. N 34 por donde se recorren 5 Km hacia el este hasta arribar a la zona de interés.

El acceso a la zona se realiza sin inconvenientes durante todo el año. Figura1.

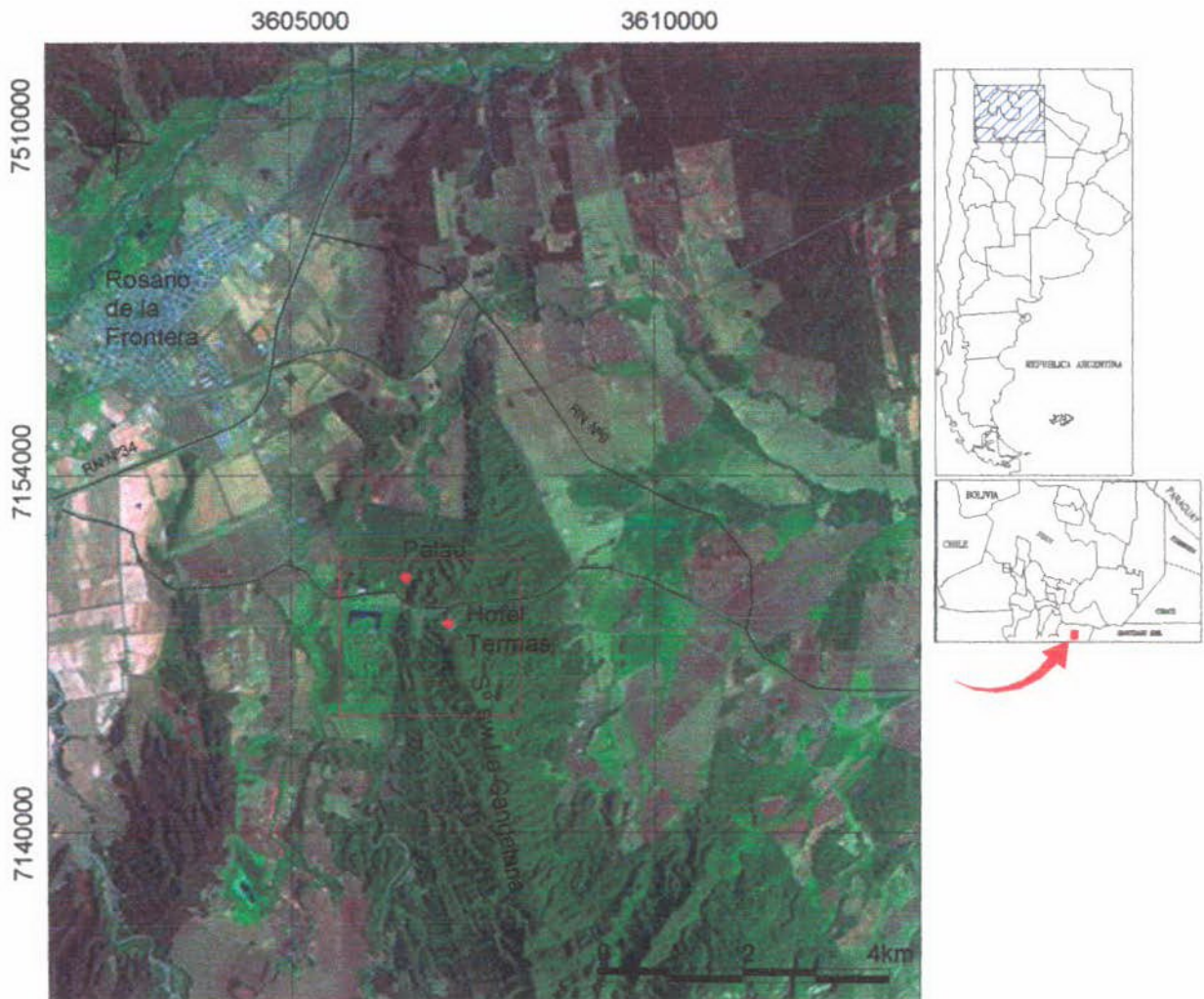


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

2. Análisis y Evaluación de Antecedentes

Para la realización del trabajo se utilizaron los antecedentes de los trabajos de índoles geológica, geomorfológica, hidrogeológica, climática, etc. El primer trabajo realizado en la zona corresponde a Brackebusch (1883) el cual, describe la "Formación Petrolífera", actual Grupo Salta. Rassmus, (1920), estudia la geología y las fuentes termales de Rosario de La Frontera, El Galpón y Lumbreras. En 1925, describe la geología del oeste de Rosario de La Frontera y la génesis de las termas, atribuyendo el origen del calor a fallas profundas.

En 1925, Corti, estudia las fuentes termo-minerales de Rosario de La Frontera, determinando dos tipos de agua que son levemente radioactivas. Amengual, (1972) realiza el estudio geológico de la cuenca del Río Rosario.

El Dr. Carlos Moreno Espelta entre los años 1973 a 1975, logró identificar los 16 manantiales de aguas aptas para el consumo (Aguas Palau), desgraciadamente esta información se perdió y solo se tiene comunicación verbal. El mismo, logró realizar mapas geológicos, geomorfológicos, estructural y de curvas de nivel, en donde volcó sus descubrimientos.

Seggiaro *et al* , (1997), estudia las estructuras geológicas del área geotérmica de Rosario de la Frontera.

Conjuntamente con los análisis de antecedentes, se utilizaron imágenes satelitales landsat TM de escala 1:250000 y 7 fotografías aéreas del año 1975 a escala 1:35000., también se usaron la hojas geológicas 2566-IV del IGM a escala 1:250000, confeccionadas en el año 1986.

3. Caracterización Física

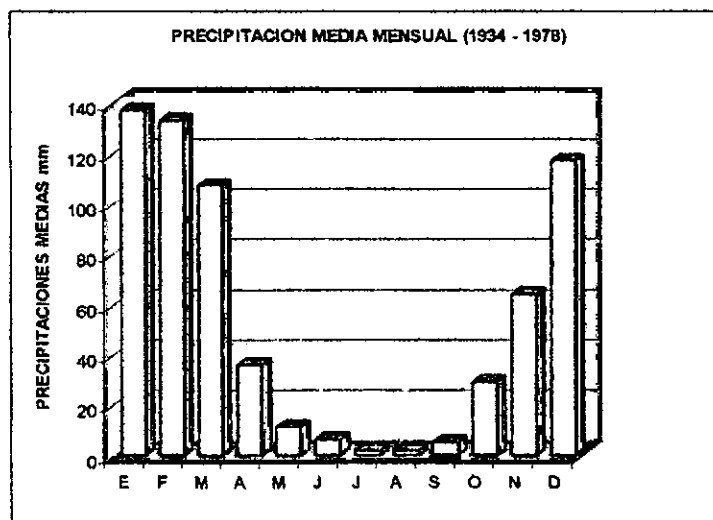
3.1.1 Clima

El área de estudio se encuentra en la región Natural de Piedemonte Húmedos de acuerdo a la división de regiones naturales del NOA (Vargas Gil y Bianchi, 1981). Los Piedemontes Húmedos están formados por planos inclinados, adosados a las serranías lo que favorece al efecto orográfico que las sierras producen sobre las precipitaciones, las que alcanzan y a veces superan los 1000 mm anuales.

El clima de la región es continental seco, templado frío, con temperaturas moderadas en verano y frío en invierno. La temperatura media del mes más cálido llega a 24, 5 °C y la del mes más frío 12,3 °C.

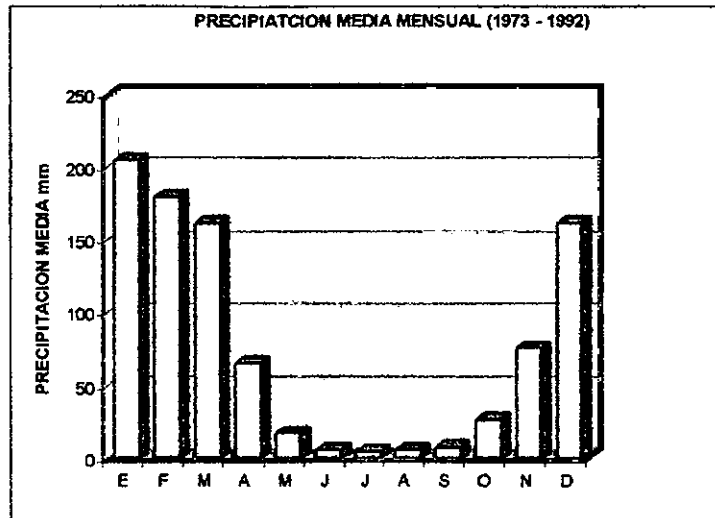
Los registros pluviométricos correspondientes a la localidad de Rosario de La Frontera para el período 1934 – 1978; indican una precipitación media anual de 648 mm, con una máxima de 1165 mm en el año 1978 y una mínima de 277 mm en el año 1954. Las precipitaciones medias mensuales para el período 1934 – 1978 son:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
137	133	107	36	11	6	2	2	5	29	64	117



Los registros pluviométricos correspondientes a la localidad de Rosario de La Frontera para el período 1973 – 1992; indican una precipitación media anual de 926.9 mm, con una máxima de 1200 mm en el año 1981 y una mínima de 636 mm en el año 1976. Las precipitaciones medias mensuales para el período 1973 – 1992 son:

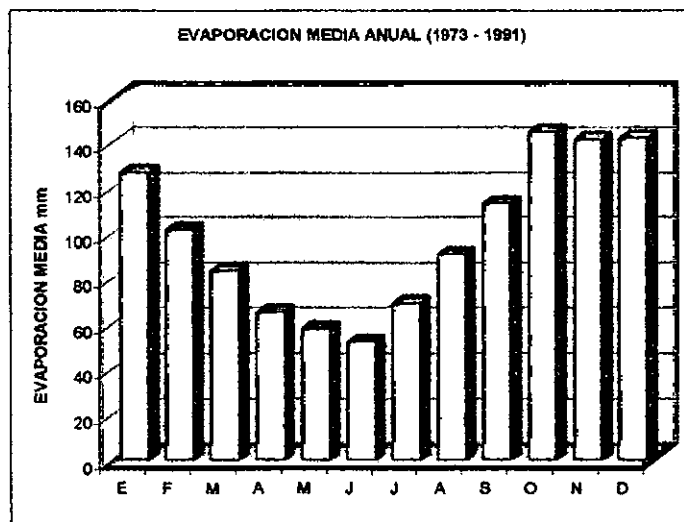
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
205	180.2	161.9	65.8	17.1	5.7	4.7	5.8	7.8	26.8	76	161.9



La época lluviosa es de noviembre a marzo, mientras que la época de sequía se extiende entre abril a octubre.

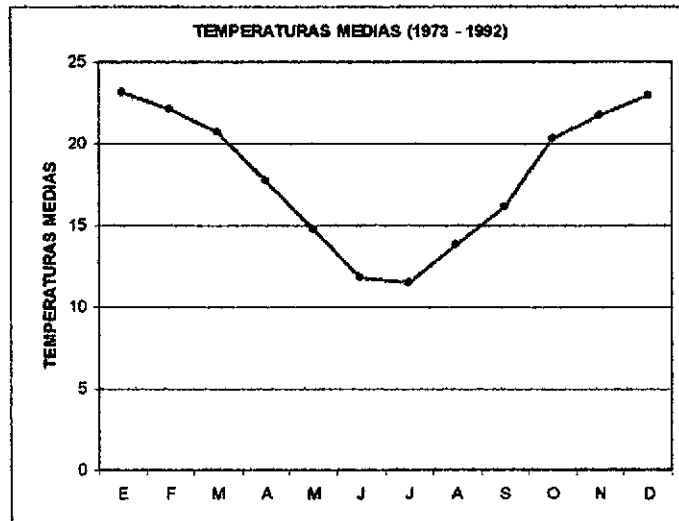
A partir de los datos obtenidos de evaporación por tanque para el período (1973 – 1991) se puede observar que en los meses de verano y primeros días de otoño no se produce déficit teórico climático de humedad edáfica, situación que si se produce el resto del año debido a que la evaporación es mayor que las precipitaciones.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
127.2	101.9	83.9	65.4	58.2	52.3	69.3	90.9	113.4	145.2	141.6	142.3



La temperatura media anual para el intervalo comprendido entre 1973 – 1992, obtenida por el INTA en Rosario de La Frontera, muestra una máxima media anual de 23,1 °C para el mes de enero y una temperatura media anual de 11,5 °C para el mes de julio.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
24.6	23.6	22.1	18	15.6	12.5	13.1	15	18.1	21	22.7	24.6



Clasificación climática Según Thornthwaite:

La clasificación climática según Thornthwaite, se basa en el balance hídrico de la zona en donde se tiene en cuenta los datos de Evapotranspiración Potencial, las precipitaciones, la Evapotranspiración real, el déficit hídrico, el exceso hídrico y la relación Evapotranspiración real y potencial.

BALANCE HIDRICO CLIMATICO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Tm
TEMP	24.6	23.6	22.1	18	15.6	12.5	13.1	15	18.1	21	22.7	14.6	19.2
EVP	134	106	97	58	42	25	29	40	61	91	109	135	927
PRCIP	163	146	125	43	18	7	5	4	6	33	59	138	747
EVR	134	106	97	52	30	16	15	19	24	49	70	135	747
DEFICIT	0	0	0	6	12	9	14	21	37	42	39	0	180
EXCESO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EVR/EVP%	100	100	100	90	71	64	52	48	39	54	64	100	

En base al balance hídrico climático, la zona de estudio se clasifica como de clima Subhúmedo – Seco con nulo o pequeño exceso de agua Mesotermal con concentración estival de 40 – 45%. Fórmula climática: C1, d, B4', a'.

3.2. SUELOS

Los suelos dominantes en el área según el Atlas de Suelos del NOA (Nadir y Chafatinos, 1995), corresponden a la Asociación La Cruz –Las Mesadas. Son suelos desarrollados en zonas montañosas a partir de un material original derivado de rocas precámbricas y cretácicas en una zona de clima tropical serrano y tropical con estación seca.

El suelo Las Mesadas, corresponde a un suelo de incipiente desarrollo, con perfil A, C; de textura gruesa en superficie a medianamente gruesa en profundidad; moderadamente a bien drenado; moderadamente ácido, con bajo contenido en materia orgánica.

3.3. VEGETACIÓN

La vegetación de la zona corresponde a especies que caracterizan a la Provincia de Las Yungas, en transición hacia la Provincia Chaqueña (Cabrera, 1976). Las especies vegetales típicas de la zona son: Laurel, nogal, horco molle, tipa, cebil, pacará, quebrachos, algarrobos, guayacán, cocucho, tala, churqui, tusca, manzana del campo, quina, nogal criollo, palo cruz, lapacho, etc. Figura 2.

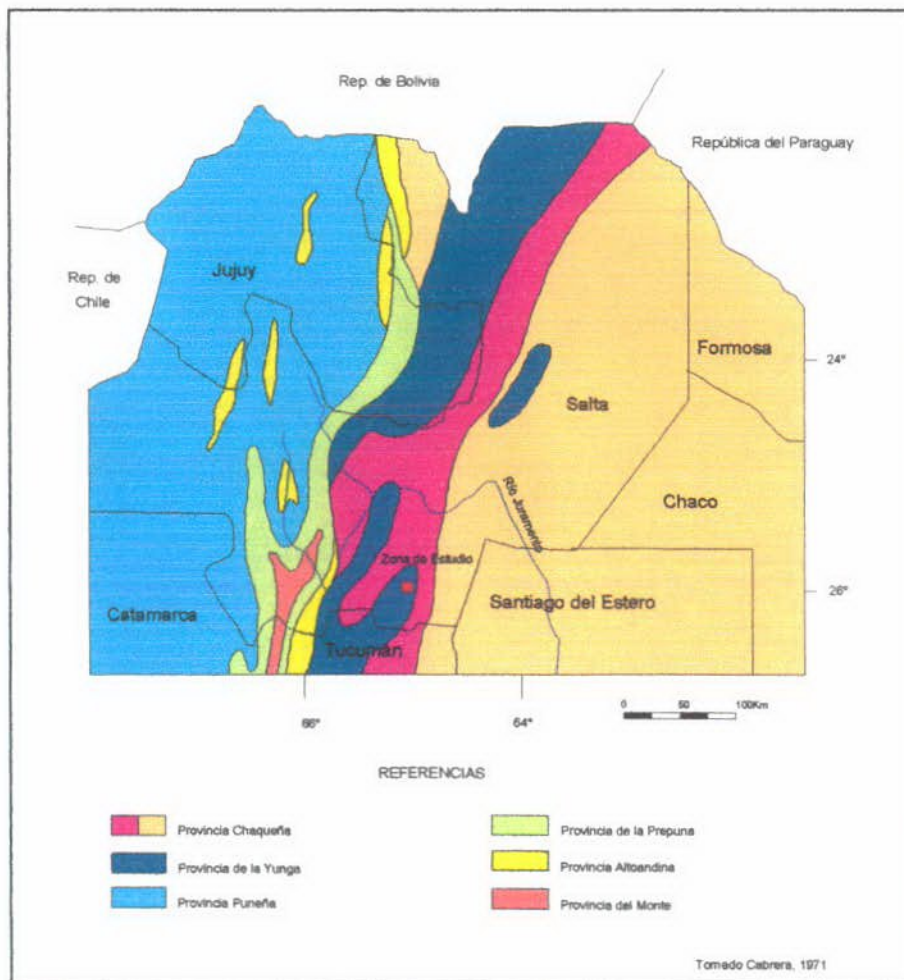


Figura 2: Mapa fitogeográfico.

3.4. FAUNA

La fauna más común en la zona selvática está representada por corzuelas, oso melero, armadillos, ratas, ratones, marmosas, zorro del monte, gato del monte, pumas, chanchos del monte, pecarí de collar, palomas, caranchos, chimangos, loros, charatas, cotorras, lechuzas, naranjeros, reina mora, jilguero, brasita de fuegos. Entre los reptiles se mencionan coral, cascabel, yararás, culebras, etc.

3.5. HIDROGRAFIA

La zona de estudio pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Río Juramento – Salado, Subcuenca Rosario u Horcones. El río Rosario es de carácter permanente y nace de la confluencia de numerosos arroyos y ríos de regímenes temporarios y permanentes que drenan la ladera oriental de la Sierra de Carahuasi (oeste de la zona de estudio) y otras menores que pierden altura progresivamente hacia el este. Muchos de estos cursos de agua, principalmente los que avanan la ladera oriental de la sierra, encuentran su fuente primaria de alimentación en las lluvias que ocurren debido al efecto orográfico.

La cuenca del río Rosario tiene una superficie de 1.867 km², un perímetro de 300 km, con una longitud del colector principal de 111 km. Se trata de una cuenca elongada, de forma semilunar inclinada con dos salientes al sudoeste, un ápice al norte y otro al sudeste en planta, con el eje mas largo en dirección noroeste-sudeste. El patrón de drenaje es dendrítico a subparalelo, con elevada densidad.

El colector principal de esta cuenca nace con el nombre de río Grande de la Pampa en las vertientes orientales de la sierra mencionada anteriormente, dirigiéndose hacia el noreste hasta la confluencia con el primer afluente de tipo permanente denominado río Huayco Hondo, en inmediaciones del paraje Acosta. Aquí acrecienta notoriamente el caudal y continua con el mismo rumbo hasta la confluencia del arroyo Vaquería, luego gira hacia el sureste, atravesando el Morro de La Carpintería, en donde se encajona y recibe el nombre local de río El Cajón. Aguas abajo, se incorporan varios afluentes, en donde se destacan el río Los Sauces y el arroyo San Martín, dando origen al río Rosario.

Al este de la ciudad, este río atraviesa una zona de sedimentos terciarios y luego ingresa a la provincia de Santiago del Estero, convirtiéndose en afluente del río Salado, con el nombre de río Horcones.

En el sector oriental de la ciudad de Rosario de la Frontera, se puede diferenciar una subcuenca hídrica ubicada sobre la vertiente noroeste de la sierra La Candelaria, integrada por los arroyos Aguas Negras y San Martín, con aportes de numerosos tributarios, los que descargan sus cauces en el río Rosario.

El perímetro es de 36,9 km y la superficie de 41,6 km², aproximadamente. La forma del valle es alargada, ahusada curva, debido principalmente a una zona deprimida, limitada en partes por fallas de tipo inversas (15 km de largo por 5 km de ancho); en su cabecera tiene un frente activo de erosión retrocederte. En esta subcuenca fueron construidos los diques Caza y Pesca, y Duraznito. Figura 3.

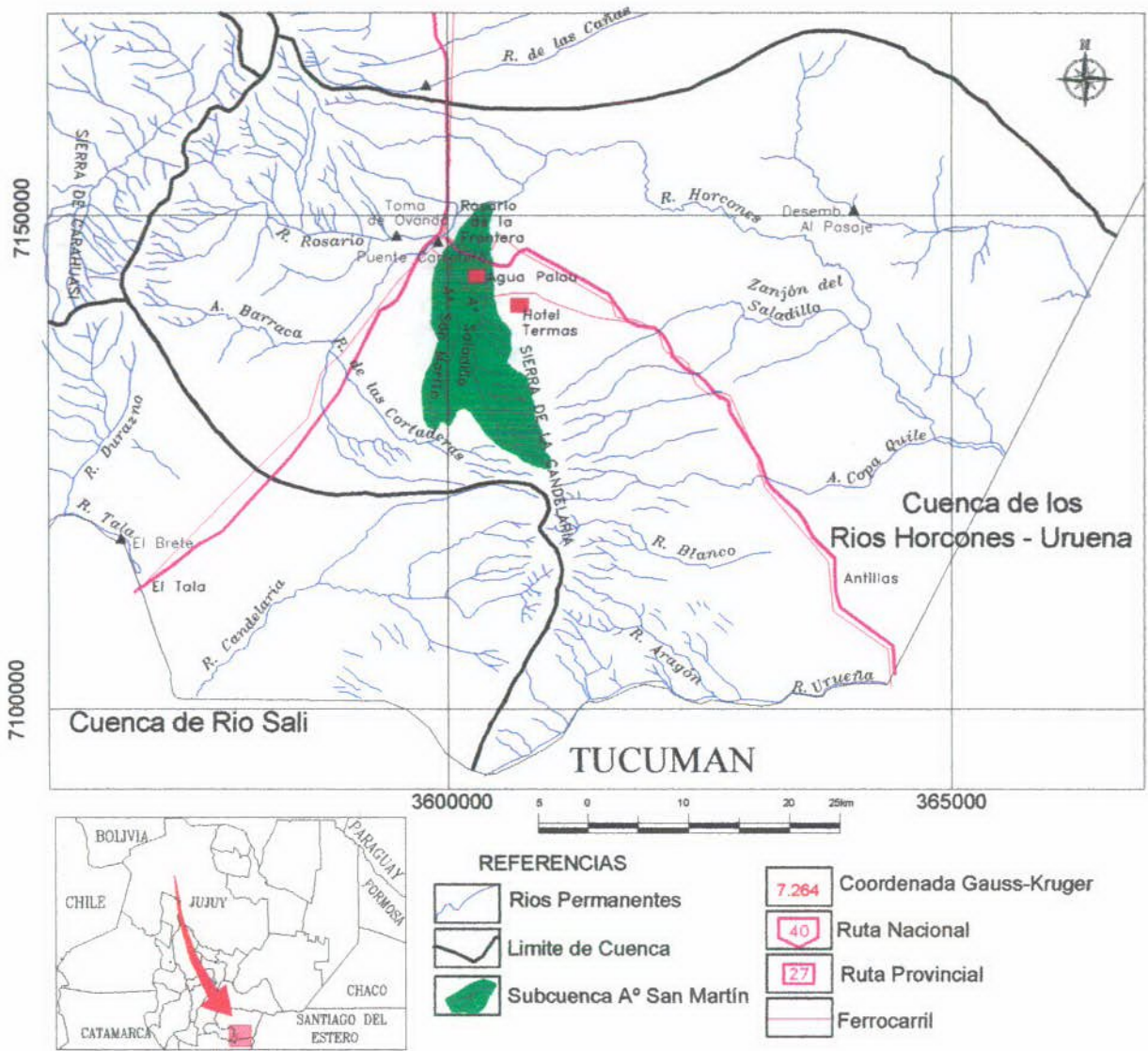


Figura 3: Mapa hidrográfico. Tomado del Proyecto de Sistematización de información Hidrogeológica de pozos de agua y cartografía, DGOS – UNSa, 1996.

3.6. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL:

La zona se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Sierras Subandinas Australes, que incluyen a un conjunto de serranías subparalelas de rumbo N – S, presentes en las provincias de Salta y Jujuy.

Las Sierras Subandinas ocupan una posición intermedia entre la Llanura Chaqueña al Este y Cordillera Oriental al Oeste, al occidente limita con el Frente Tacónico Oriental (Baldis *et al.*, 1976), mientras que hacia el oriente, se toma como límite, el cambio de zonas de sierras hasta convertirse en unas simples lomadas aisladas, que caracterizan a la Llanura Chaqueña.

En la zona de estudio, las Sierras Subandinas presenta ausencia de depósitos del Paleozoico, los anticlinales tienen vergencia hacia el Este y en su núcleo aflora el basamento eopaleozoico. Las sedimentitas del Grupo Salta (Cretácico – Paleógeno), se asientan sobre depósitos eopaleozoicos en forma discordante.

Descripción de las principales unidades estratigráficas (figura 4):

Precámbrico

***Formación Medina* (Bossi, 1969)**

Ubicada al sudeste de la Sierra de La Candelaria, esta compuesta por pizarras, filitas, metagrauvas y cuarcitas de color gris verdoso a gris oscuro, con una gran cantidad de venas de cuarzo, producidas por un metamorfismo regional de bajo a medio grado en facies de esquistos verdes. Se observan gran cantidad de fracturas y plegamiento intenso de orden menor. Esta formación de origen marino, subyace en discordancia angular a depósitos cretácicos.

Cretácico- Terciario

Corresponde al Grupo Salta (Brackebusch, 1891, *nom.subst.* Turner, 1959), constituido de base a techo por los Subgrupos Pirgua, Balbuena y Santa Bárbara.

***Subgrupo Pirgua* (Vilela, 1951, *nom .transl.* Reyes y Salfity, 1973)**

Aflora en el centro y la parte sur-occidental de la Sierra de la Candelaria, representado en la zona, por las siguientes formaciones:

***Formación La Yesera* (Reyes y Salfity, 1973)**

Esta compuesta por un banco basal de fangolitas rojas sobre el cual se depositaron conglomerados brechosos, polimícticos y fanglomerados, como depósitos de pie de monte, desarrollados bajo régimen fluvial. Predominan clastos precámbricos en matriz arenosa y poco cemento calcáreo. Edad Valanginiano- Cenomaniano.

Formación Los Blanquitos (Reyes y Salfity, 1973)

Integrada por areniscas medianas a gruesas, de colores rosados blanquecinos y estratificación gruesa, depositadas en un ambiente fluvial de llanura pedemontana. Hacia el techo, Bonaparte y Bossi (1968), citan restos fósiles de dinosaurios senonianos. Edad Santoniano- Campaniano.

Subgrupo Balbuena (Moreno, 1.970)

Los afloramientos son submeridianos en el occidente y centro del área estudiada, representado por las formaciones Lecho y Yacoraite. Edad Campaniano a Mastrichtiano- Paleoceno temprano.

Formación Lecho (Turner, 1959)

Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, blanquecinas o amarillentas, intercaladas con areniscas y fangolitas rojizas impregnadas de cemento calcáreo. En parte, puede presentar entrecruzamientos. En la base suele desarrollarse un conglomerado fino y lenticular.

Formación Yacoraite (Turner, 1959)

Formada principalmente por calizas grises a amarillas, oolíticas, areniscas, margas, limonitas y arcilitas que varían de gris amarillento a gris oscuro, y en menor proporción dolomitas. Como estructuras sedimentarias, presenta estromatolitos, estratificación entrecruzada, ondulitas y grietas de desecación. Depósito marino somero con influencia continental en las áreas marginales. Se encuentra en discordancia con el Subgrupo Santa Bárbara.

Subgrupo Santa Bárbara (Vilela, 1970, *nom.transl.* Moreno, 1970)

Estos depósitos de ambiente continental se disponen en forma alargada, en sentido meridiano, en el flanco occidental de la Sierra de la Candelaria. La edad de este Subgrupo es Paleoceno tardío- Eoceno medio.

Formación Mealla (Moreno, 1970)

Son margas arenosas, fangolitas, limonitas, arcilitas y areniscas finas, en parte calcáreas y de color rojo. Presenta delgadas intercalaciones de yeso blanquecino y ocasionalmente, bancos finos de caliza y toba. Esta unidad se habría depositado en un ambiente de baja energía, con influencia del continente y con tendencia a márgenes restringidos (evaporitas). Su contacto con la formación suprayacente, es concordante.

Formación Maíz Gordo (Moreno, 1970)

Tiene tres asociaciones litológicas: la inferior con arcillitas gris verdosas oscuras y bancos de yeso; la media con pelitas verdes y rojas, con estratificación paralela mediana a gruesa, con intercalaciones de niveles delgados de yeso; y la superior con arcillitas y margas verdes con intercalaciones de areniscas y calizas grises amarillentas con estratificación paralela o maciza. Según las características litológicas y faunísticas, la unidad estratigráfica, se habría depositado en un ambiente lacustre.

Terciario superior- Cuaternario

***Grupo Orán* (Russo, 1972)**

Los sedimentos son exclusivamente terciarios depositados en un medio continental fluvial. Integrado de base a techo por:

***Subgrupo Metán* (Russo, 1972)**

Aflora en los sectores occidentales y orientales que componen los flancos de la Sierra de La Candelaria. Este Subgrupo está compuesto por las formaciones Río Seco, Anta y Jesús María.

Formación Anta (Gebhard et al, 1974)

Compuesta por areniscas naranjas a pardo rojizas, con estratificación entrecruzada, intercaladas con arcillitas, limoarcillitas, margas y areniscas muy finas de colores rojos, verdes, amarillentos y grises. Presenta ondulitas, grietas de desecación, importantes niveles de yeso y calizas oolíticas arenosas. Depósito de tipo lacustre salino. Esta formación yace en discordancia erosiva a los sedimentos del Subgrupo Jujuy.

Formación Jesús María (Gebhard et al, 1974)

Formada por areniscas rosadas finas, con niveles de conglomerados intraformacionales. Presenta estratificación media a gruesa, laminación paralela y entrecruzada, grietas de desecación y estructuras de corte y relleno. Son características las intercalaciones de bancos delgados de tobas. A esta unidad se le asigna un ambiente de depósito fluvial anastomosado con grandes llanuras de inundación.

***Subgrupo Jujuy* (Russo, 1972)**

Se asienta mediante una discordancia erosiva al subgrupo Metán, aflora en los sectores occidentales y septentrionales. La edad es Mioceno a Plioceno y esta representado en esta zona por:

Formación Piquete (Gebhard et al, 1974)

Integrada por areniscas muy finas a gruesas, pardo rojizas, rosadas y naranjas, con intercalaciones de bancos y lentes de conglomerados polimícticos con clastos de calizas, cuarcitas y arcillitas. Presenta algunos niveles de arcillitas rojo grisáceas. Los depósitos fueron originados por la elevación de nuevas áreas de aporte, en ambientes de abanicos aluviales proximales que gradan distalmente a depósitos fluviales de alta energía.

Cuaternario

Está representado por depósitos de tipo continental, originados durante el Pleistoceno luego de la fase diastrófica Diaguita hasta la actualidad, se asientan generalmente sobre unidades terciarias y otras más antiguas. Están dispersos en el área oriental, occidental y centro, conformando cuerpos de relleno en zonas topográficas más bajas, que corresponden a depósitos de piedemonte, aluviales y depósitos de llanura.

3.7. MARCO GEOLOGICO LOCAL

Descripción de las unidades estratigráficas en la zona de estudio.

Las unidades estratigráficas presentes en el área de estudio, corresponden al Grupo Oran, Subgrupo Metan (Formación Anta y Jesús María) y Grupo Salta, Subgrupo Santa Bárbara (Formación Maíz Gordo). Estas tres unidades de sentido meridional, se localizan en el sector septentrional del anticlinal Balboa o de la Sierra de La Candelaria, *sobre ambos flancos de la estructura y han sido descritas y relevadas durante las tareas de campaña y mediante fotointerpretación de fotografías aéreas a escala 1:350000*.

La descripción litológica que se detalla a continuación, es siempre de arriba hacia debajo de la columna y se realizó en inmediaciones del Hotel Termas y de las captaciones de Agua Palau.

Formación Anta:

TECHO DE FORMACION ANTA.

La unidad superior de un espesor de 46m, presenta una alternancia de areniscas finas a medianas pardas, cuarzosas, estratificadas en bancos de hasta 2m de espesor y pelitas verdes laminares, en parte con fracturas concoidea. Intercalan seis niveles de yeso sacaroide en nódulos y en láminas. Los estratos están subverticales.

Le sigue una unidad de 24m de espesor, que representa un banco de areniscas pardas y pelitas verdes con delgadas intercalaciones de calizas lajosas amarillentas, que continúa con un sector cubierto en donde no se pudo definir el espesor.

Continúan areniscas cuarzosas pardas algo deleznable y pelitas pardas y verdosas. Se interestratifican venas y nódulos de yeso blanco verdoso. Hacia abajo predominan areniscas calcáreas pardas con pequeños lentejones de calcita bien cristalizada, en la base se observa un banco de yeso blanco verdoso muy alterado. Espesor 16m.

Hacia abajo continúa una pelita verde con una pequeña caliza amarilla muy compacta de 0,50m. Luego infrayacen calizas oolíticas fracturadas y trituradas, posee un espesor de 5m, en este sector se observan las surgencias de la FUENTE LAXANTE.

Esta unidad de 19m de espesor, es una arenisca limolítica micácea de color pardo oscuro y arenisca fina parda rojiza con un nivel pelítico verdoso. Se intercala un banco de caliza lajosa gris amarillenta a verdosa. Afloramiento afectado por una fractura inversa con un rechazo de unos 7m, que continúa hacia la base con una lutita y marga verde amarillento a pardo morado, con espesor de 8m. Presenta restos de espinas de peces.

Continúa hacia abajo con un espesor de 20m de espesor, una caliza lajosa amarillenta de grano fino. Se intercalan margas verdes amarillentas con fractura coloidal. A los 8m de la base, se ubica un banco de 0,80m de una arenisca fina de color pardo. En toda la secuencia se observan niveles arenosos amarillentos e intercalaciones pelíticas verdes con pequeños cristales de halita.

Hacia la base de la secuencia comienzan a aflorar bancos de areniscas rojo ladrillo con intercalaciones pelíticas verdes; las areniscas se tornan hacia arriba con colores rojo pardusco con algunos niveles grises oscuros a casi negro. Esta unidad, comienza a tomar características carbonáticas, hasta aflorar un banco de caliza oolítica amarilla de 0,80m de espesor, muy consistente.

BASE DE FORMACION ANTA.

-----DISCORDANCIA-----

FUENTES FERRUGINOSA Y SALADA

Formación Maíz Gordo:

La unidad superior de 5m de espesor, presenta una arenisca blanca competente, con textura sacaroide, muy cuarzosa.

La unidad intermedia, de 5m de espesor, es una arenisca fina a mediana cuarzosa, de textura sacaroide y deleznable, de colores blanco verdoso. Se intercala un paquete de arenisca y pelitas de variados colores, que presenta estratificación fina a laminar.

La unidad inferior, sin precisar espesor, es una arenisca blanca cuarzosa, lutitas y arcilitas grises y moradas con intercalaciones de yeso. Hacia abajo presenta afloramientos tectonizados de areniscas cuarzosas blancas y verdosas con restos de quelonios. FUENTES SULFUROSA, SILICOSA Y LOS MANATIALES PALAU.

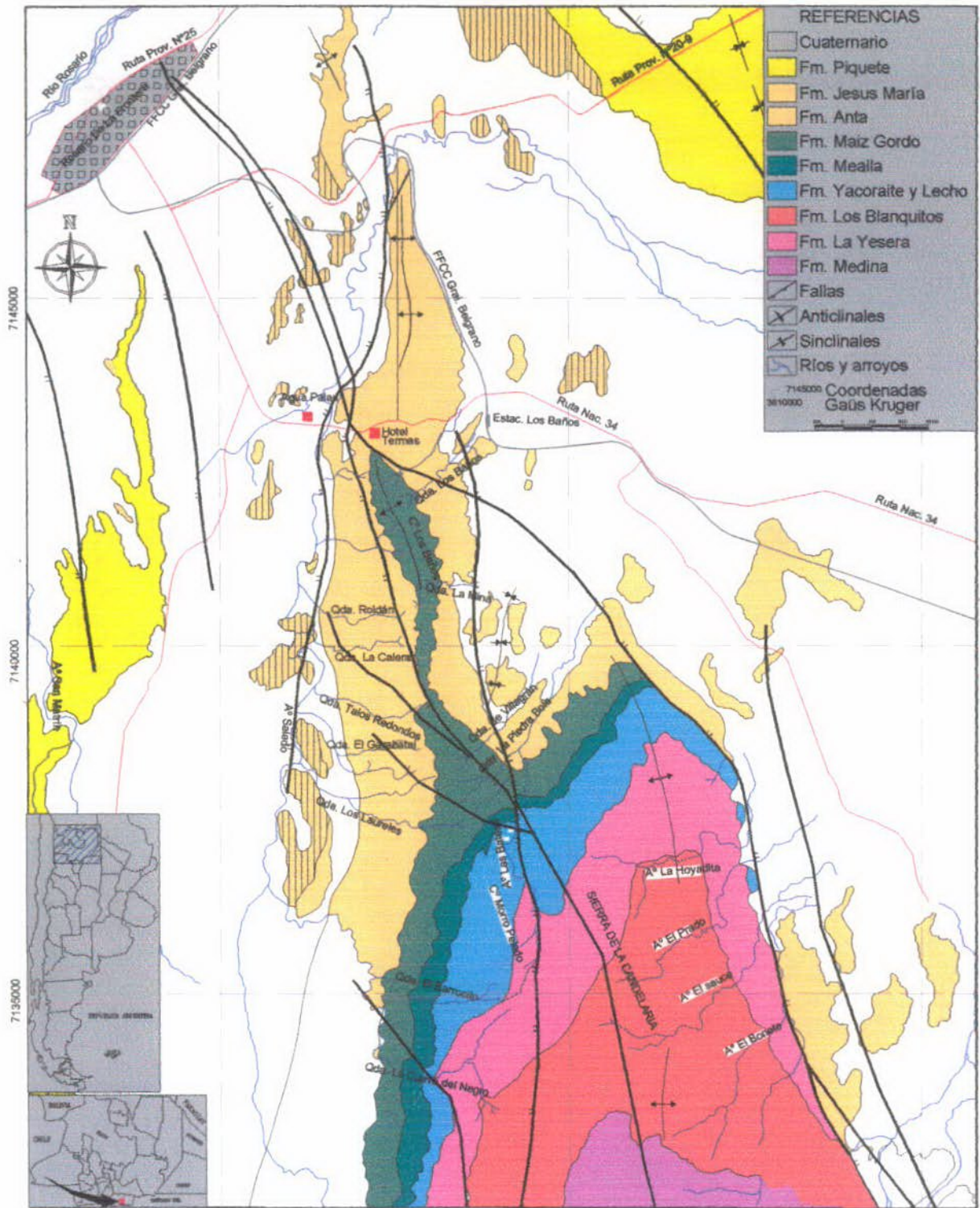


Figura 4: Mapa Geológico de la zona, según fotointerpretación realizada y control de campo.

3.8. Geología estructural

La Sierras Subandinas están limitadas de la Cordillera Oriental por el Frente de Fracturación TACÓNICO Oriental (Baldis et al, 1976). Para esta zona, la provincia geológica en general se caracteriza por ausencia de depósitos del Paleozoico superior, los anticlinales tienen vergencia hacia el este y en su núcleo se asoma el basamento eopaleozoico. Las sedimentitas del Grupo Salta se asientan sobre los depósitos eopaleozoicos en forma discordante. Las fallas casi verticales en superficie se horizontalizan en profundidad, afectan el basamento y son en algunos casos el resultado de la inversión tectónica del margen del rift cretácico (Ramos, 1999).

La presencia de sedimentitas del Paleozoico inferior y la participación del basamento metamórfico en deformaciones permite distinguir la Subprovincia Geológica Sierras Subandinas Tucumanas.

En la zona de estudio, al norte de la Sierra de La Candelaria, los anticlinales y sinclinales se hunden en dirección del eje del río Rosario y poseen una dirección submeridional de sus ejes. Esta sierra, presenta un complejo sistema de fallamiento compuesto por fallas inversas. Estas fallas poseen un rumbo submeridiano en el sector sur de la zona mapeada, para luego cambiar de rumbo al noroeste en la zona de cierre de la estructura anticlinal de la Sierra de La Candelaria.

En el sector correspondiente al Hotel Termas, se observa un nudo tectónico conformado por la intersección de las fallas principales del sector, este punto, coincide con la zona de surgencias de aguas termo minerales. Figura 4.

4. FUENTES DE AGUA

4.1. Agua Superficial

En la zona de estudio, las principales fuentes de agua superficial corresponden los Arroyos Salado, a un afluente del mismo ubicado aguas arriba del club Caza y Pesca y en la quebrada Agua Chica, al sur del Hotel Termas. Estos son de carácter permanente y desaguan en el colector principal de la cuenca que es el río Rosario.

Aguas arriba del Club de Caza y Pesca, se observa una importante red de vertientes, impuestas por un control estructural del agua que se infiltran a partir del Morro de Guayacán y de las Sierras de La Candelaria, este conjunto de vertientes descargan sus caudales a un cañadón profundo que es afluente del río Salado (figura 5).

Antes de la descarga de los caudales hacia el tributario mencionado se desarrolla, aguas arriba en lugares abiertos dominados por pantanos y derrames.



A los efectos de tener referencias de los caudales que se encausan se seleccionó, para realizar las mediciones de caudales, un lugar ubicado a 50 metros aguas arriba del portón que identifica la propiedad del hotel. Para realizar el aforo se utilizó el método de velocidad-sección, dando como resultado un promedio de 233000 l/h. Estas mediciones corresponden al mes de Septiembre/2006, donde en la zona aún no se produjeron precipitaciones, por lo que es de esperar en la época de lluvia caudales mayores, como los registrados en Diciembre del año 1998

(Márquez, 1998) donde fue aforado un promedio de 378000 l/h.

Se tomaron datos químicos de campo dando los siguientes resultados:

Ph: 7.5 – Cond: 690uS/cm – TDS: 300 mg/l – T: 18.5°C – Caudal: 233.000 l/h

El agua de este afluente del río Salado es potable según los parámetros de campo.

En el arroyo Salado, no se logró aforar, debido a la irregularidad de su cauce, pero se estima un caudal mayor al aportado por el afluente al que se hizo mención anteriormente.

La quebrada Aguas Chicas, posee un escurrimiento permanente de agua debido a la *existencia de una vertiente de agua fría*, esta quebrada se aforó mediante el sistema sección – velocidad, dando un caudal de 2169 l/h. Además se midieron parámetros químicos de campo como ser Ph, Conductividad, Temperatura y Sólidos Disueltos.

Ph: 7 – Cond: 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – TDS: 360 mg/l – $T^\circ = 25^\circ\text{C}$ – Caudal: 2169 l/h

Se observa, que desde el punto de la conductividad, el agua es potable. Teniendo en cuenta el valor de conductividad y el caudal aforado se puede considerar como una fuente alternativa de explotación, que quedará definida con los datos físico-químicos.

Por lo detallado precedentemente, se observa que existe un recurso superficial muy importante y de buena calidad química según los parámetros medidos en el campo. Este recurso es más que suficiente, considerando las dimensiones de la planta embotelladora, como para abastecer las necesidades de servicio, además de abastecer a los servicios del Hotel Termas y a la Hostería del Automóvil club.

4.2. Aguas Subterráneas

4.2.1. Estudio de Fuentes: Localización y caracterización de puntos de interés en la captación de agua subterránea.

4.2.1.1. Aguas Termales de Rosario de la Frontera:

El origen termal de las aguas de Rosario de la Frontera, no es bien conocido, por un lado se postula un calentamiento mediante una gradiente geotérmico elevado de 1°C cada 13 m en el área térmica, en tanto en los alrededores se reduce a 1°C cada 35m. Por esta razón algunos autores (Moreno Espelta et al, 1975) apuntan a la existencia de un cuerpo caliente emplazado al SO de este lugar. Si se proyectan regionalmente las anomalías de calor, se observa un alineamiento que va desde el río Itau (norte de Salta), pasa por las termas de Rosario de la Frontera y culmina en las termas de río Hondo (Santiago del Estero).

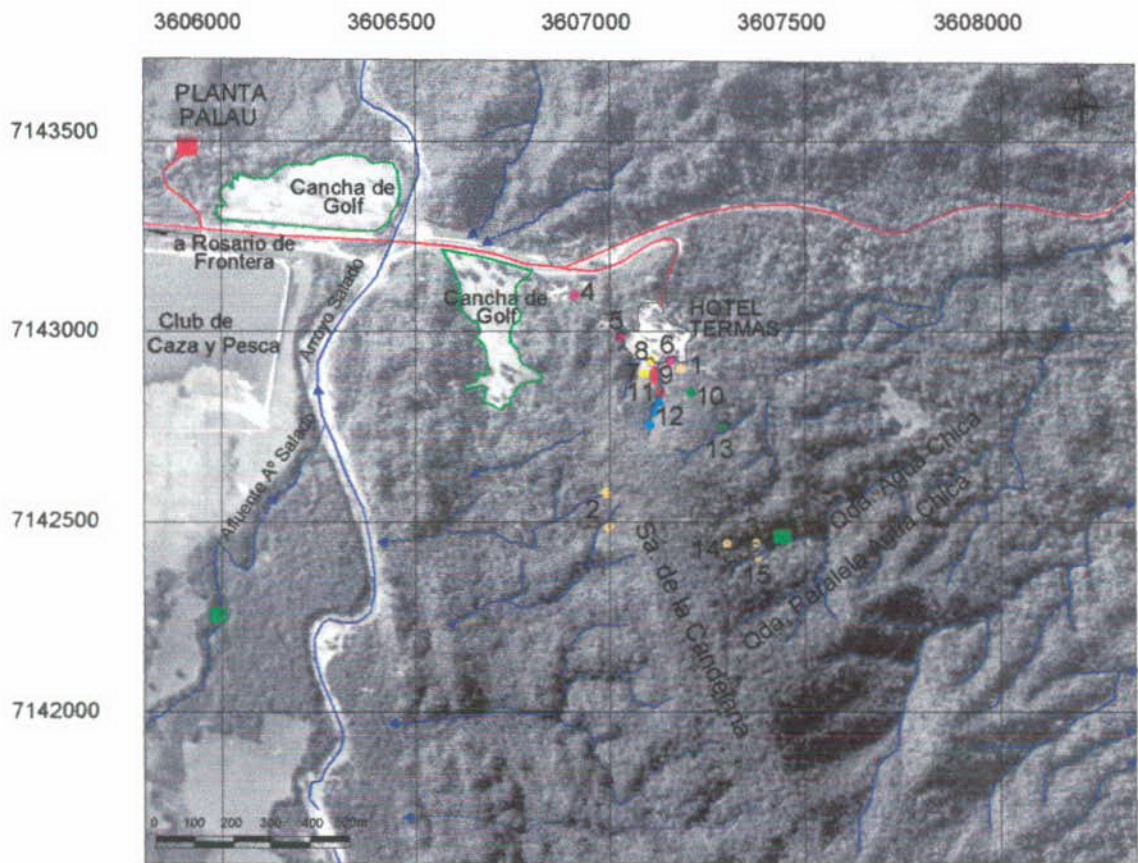
Por otra parte, los corrimientos andinos son el resultado de un comportamiento de tectónica rígida para el basamento y plástica para la cobertura sedimentaria. La fricción generada por fallamiento y/o plegamiento originó calor mecánico que seguramente contribuyó al calentamiento general del área termal. También parte del calor puede deberse a causas radiactivas (existen surgencias de aguas con estas características).

Una estructura anticlinal denominado Termas o Sierras de La Candelaria, se desarrolla con rumbo NNO y se extiende sumergiéndose hasta el río Rosario. En su parte media se bifurca y hay manifestaciones de termalismo. Las fallas y zonas fracturadas asociadas, cuando están sin cementar, son las vías naturales de surgencia de aguas termales.

Las fallas submeridianos son muy importantes y numerosas, también hay otro sistema de fallas casi perpendicular al anterior, de menor desarrollo, a través del que se originan surgencias de aguas calientes y también templada. La mayoría de estas fracturas son de tipo inversas con planos muy inclinados.

En trabajos anteriores, autores como Moreno Espelta, et al., piensan que existe infiltración de aguas meteóricas en zonas serranas, al oeste de la ciudad de Rosario de la Frontera (morros de Las Cabras, del Cajón y de La Carpintería), que coincide con la zona de Fracturación Tácónica. Los fluidos descienden hacia zonas profundas a través de fracturas o niveles permeables de estratos, calentándose los mismos a unos 130° C y después de circular aproximadamente 50 km, se endican y bordean el contrafuerte La Candelaria, para emerger en las termas de Rosario de la Frontera.

La zona de surgencia de aguas termales, está enmarcada en un relieve de lomas bajas y terrenos llanos. Este lugar se halla en las estribaciones norte de la sierra de La Candelaria y tiene una altura de 790 m.s.n.m. (figura 6)



- REFERENCIAS**
- | | | |
|--------------|-------------------------------|--|
| 1: Palau 1 | 8: Salada 2 | 15: Nuevas (Qda. paralela Aguas Chica) |
| 2: Palau 2 | 9: Ferruginosa | ■ Aforos superficiales |
| 3: Palau 3 | 10: Zarsa | — Arroyos |
| 4: Laxante | 11: Sulfurosa | — Rutas |
| 5: Constanza | 12: Silicosa | 3606000 |
| 6: Inaladora | 13: Virgen | 7143500 Coord. Gauss Kruger |
| 7: Salada 1 | 14: Nuevas (Qda. Aguas Chica) | |

Figura 6: Foto aérea mostrando la ubicación de las fuentes.

Las aguas termales se pueden clasificar por el grado de temperatura con la que se encuentre, de la siguiente manera:

- Aguas Hipertermales Más de 45° C
- Aguas Meso termales o calientes De 35 ° a 45° C
- Aguas Hipotermas o poco frías De 21 ° a 35 ° C
- Aguas frías Menos de 20 ° C

Así también, sabiendo que esta agua presenta una mineralización importante, existe una clasificación de las aguas minerales en función del contenido de residuo seco:

- Minerales De 1 a 1.5 gr/L
- Medio minerales De 0.2 a 1.0 gr/L
- Oligo minerales Menos de 0.2 gr/L

El agua termal con mayor temperatura surge a unos 92° C (muy próxima al punto de ebullición, 96 ° C) por lo que se la considera hipertermal, la clasificación del área termal es de moderada temperatura: 90°- 150° C (Pesce, 1999).

Durante las tareas de campaña, se relevaron las fuentes termales que pertenecen al Hotel Termas y también los manantiales que son captados por la planta embotelladora Palau. Se descubrieron en esta oportunidad *nuevos puntos de surgencia*, que al igual que los anteriores han sido aforados, se midieron los parámetros físico – químicos de campo y se tomaron muestras para sus respectivos análisis. Las fuentes determinadas son:

Parámetros medidos en el Campo						
	Nombre	pH	Conduc	TDS	T°	Caudal l/h
HOTEL TERMAS	F. Sulfurosa	8	2101	1030	88	
	F. Silicosa	8	1470	910	95	
	F. Silicosa Arriba1°	8	1700	860	85	
	F. Silicosa Arriba2°	8	1700	860	85	
	F. Ferruginosa Toma Ppal.	7.5	2370	1300	85	
	F. Ferruginosa T. Sec.	7.5	1900	950	80	
	F. Salada Arriba	7.5	20000	10000	59	
	F. Salada Abajo	7	20000	10000	59	
	F. La Inhaladora	7.5	3320	1450	78	
	F. Zarsa	8	1700	740	55	
	F. Agua de la Virgen	8	1320	580	76	
	F. Laxante	8	16350	8400	22	
	F. Constanza	7	7540	3760	22	
	PALAU	Palau 1	8.5	1320	600	65	1400
Vertiente 5		8	1760	900	65	2050
Vertiente 4		7.5	1140	560	54	850
Vertiente 3						
Vertiente 2		8	850	400	60	1700
Vertiente 1		8	800	390	60	1800
Palau 3		8	1320	570	62	1700
OTRAS	A° Agua Chica (FRÍA)	7	730	360	25	2169
	Qda. Agua Chica	8	800	390	60	320
	Paralela Qda. Agua Chica	7	1030	500	50	700
	Paralela Qda. Agua Chica arriba	7	1090	580	53	

***AGUAS ARRIBA FUENTE SILICOSA (nuevos puntos de surgencia descubiertos)**

1° FOCO DE SURGENCIA, en ladera de la quebrada

2° FOCO DE SURGENCIA NATURAL, (FRÍA), en el valle de la quebrada.



Fuente sellada Qda. Agua Chica

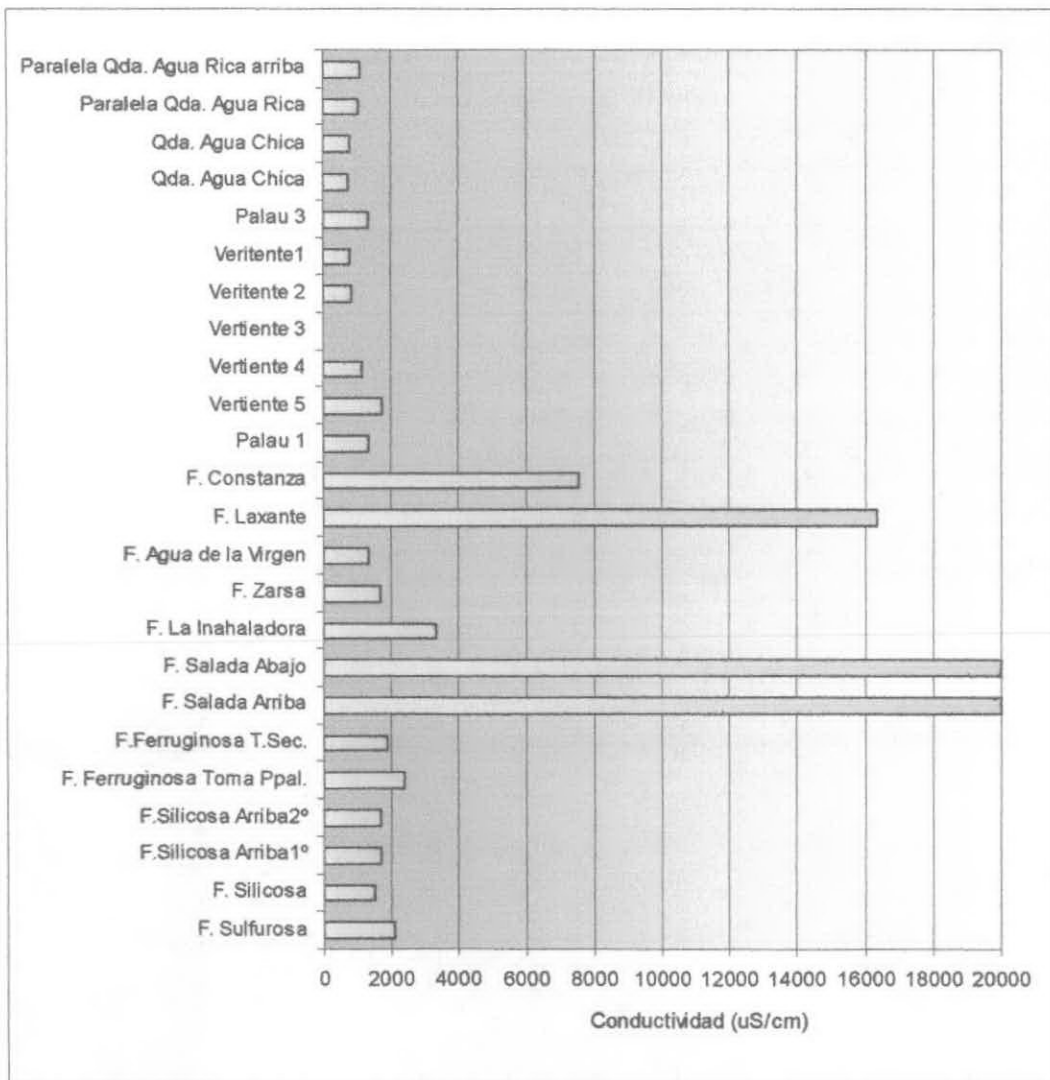
*En la quebrada Agua Chica existen aparte de la vertiente de Palau 3, dos vertientes más que han sido captadas, pero están en la actualidad, selladas y según la gente de Palau fuera de uso. No se pudo obtener datos de campo ni aforo.

En la misma quebrada se excavó con piqueta de mano y se alumbraron nuevos puntos de surgencia sobre la margen derecha de la quebrada.

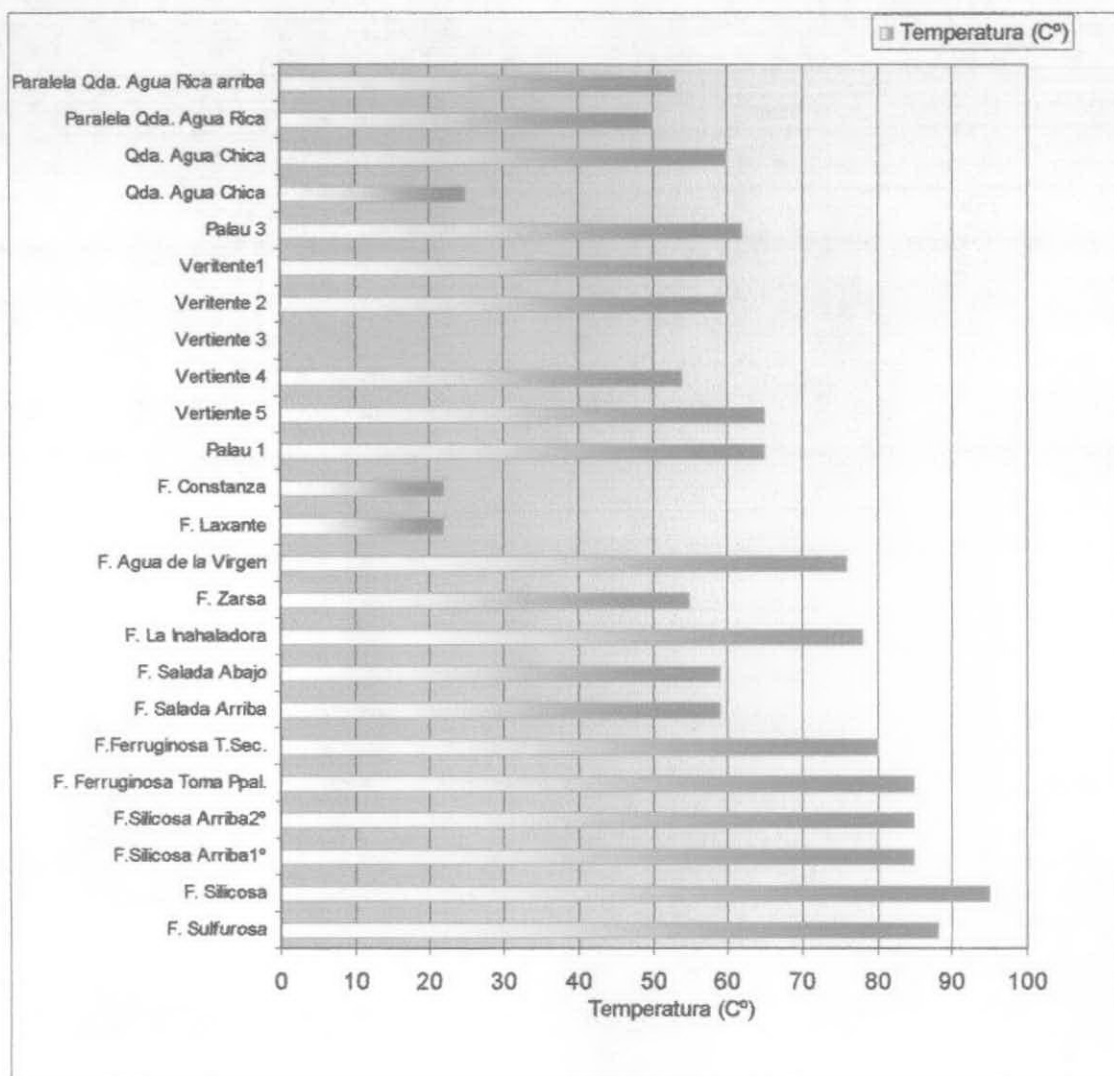


Puntos de surgencia nuevos Qda. Agua Chica

Teniendo esta información, se realizaron gráficos en función de la temperatura y la conductividad medida en el campo.



Se graficaron los valores de conductividad de cada uno de los lugares aforados, las muestras de las fuentes Salda Abajo y Arriba superan los 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$., (microsiemens/cm) Se observa que las fuentes de Palau no superan los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo éste el límite de potabilidad.



El gráfico de temperatura muestra que las aguas de mayor temperatura son las silicosas, las ferruginosas y las sulfurosas.

4.2.2 Geoeléctrica

El trabajo de prospección geoeléctrica se realizó con equipo que consta de un bicomensador de lectura simultánea de intensidad y diferencia de potencial. Además cuenta con electrodos de corriente de acero inoxidable (A-B), como así también electrodos de potencial de cobre en solución saturada de sulfato de cobre (M-N). Figura 7.

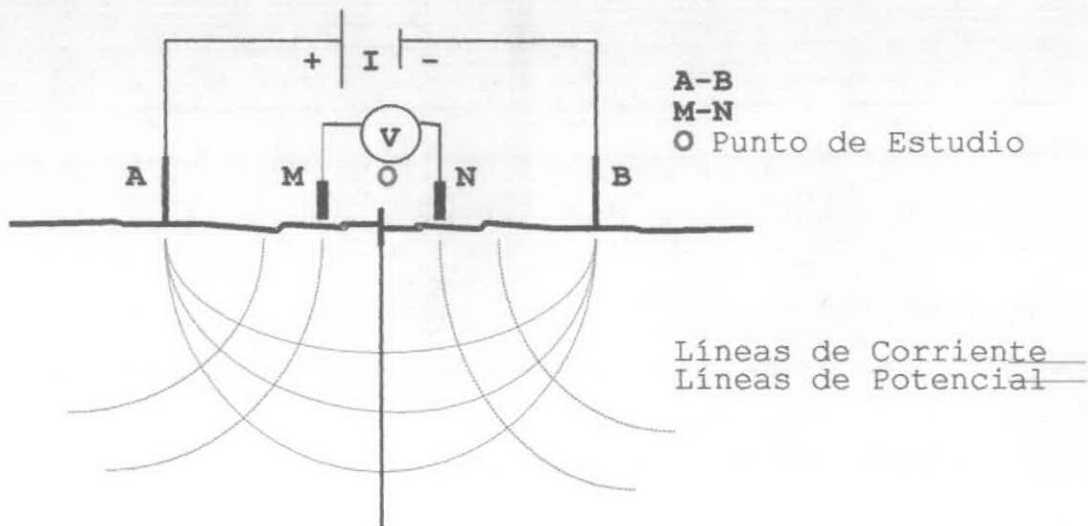


Figura 7. Esquema de Disposición Electrónica Tetrapolar Schlumberger.

Se emplearon cables de corriente de cobre acerado de 1mm de sección y 1000 metros de longitud. Como fuente de energía se utilizó dos fuentes de 270 voltios cada una sumando un total de 540 voltios.



La prospección geoeléctrica se llevó a cabo con el método del SEV (Sondeo Eléctrico Vertical), el cual utiliza una disposición electrónica tetrapolar Schlumberger (Fig. 7). Las longitudes entre los centros de los sondeos y electrodos de corriente fueron variables hasta distancias máximas de 150 metros, mientras que las separaciones entre los electrodos de potencial variaron entre 1 y 50 metros.

Las curvas obtenidas en el campo a partir de las mediciones realizadas se interpretaron por medio de programas de computación específicos como el RESIST 92, Ipiwin 2000. 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.

En la zona de estudio se realizaron 3 SEV (Sondeos Eléctricos Verticales).
 Figura 8.

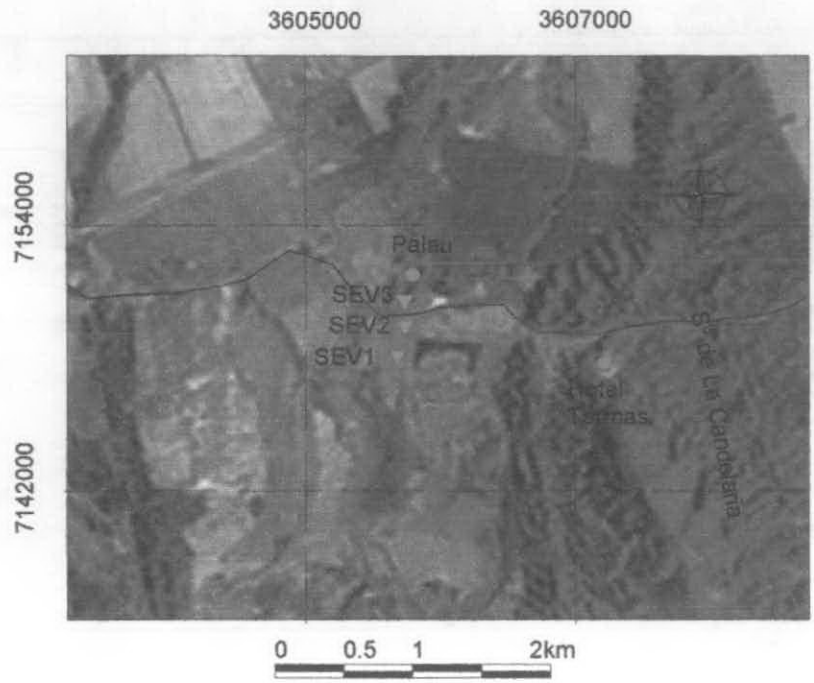


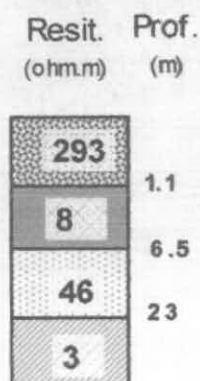
Figura 8. Ubicación de Sondeos eléctricos verticales

SEV 01: Gauss Krüger N: 7142979 E: 3605677.

Resit. (ohm.m)	Prof. (m)
8	0.6
31	3.4
9	20.4
5	

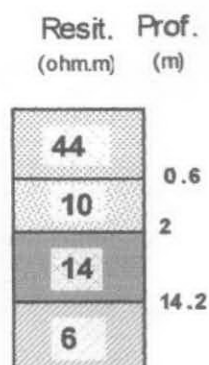
El perfil geoelectrico muestra una sucesión de cuatro electrocapas, donde se puede observar el desarrollo de dos niveles definidos por su resistividad: el primero correspondiente a materiales aluviales del cuaternario que se desarrolla hasta los 20,4 metros de profundidad, con una resistividad variable entre 8 -31 ohm.m, que se interpretan como una alternancia entre materiales limosos – arcillosos y arenas medianas a finas. El segundo nivel se interpreta como correspondiente a materiales terciarios de la Formación Jesús María, con una resistividad de 5 ohm.m. Ambos niveles carecen de interés desde el punto de vista hidrogeológico.

SEV 02: Gauss Krüger N: 7143313 E: 36605727.



El perfil geoelectrico muestra una sucesión de cuatro electrocapas, donde se puede observar el desarrollo de dos niveles definidos por su resistividad: el primero correspondiente a materiales aluviales del cuaternario que se desarrolla hasta los 23 metros de profundidad, con una resistividad variable entre 8 - 293 ohm.m, que se interpretan como una alternancia entre materiales limosos - arcillosos, arenas medianas a finas y gravas. El segundo nivel se interpreta como correspondiente a materiales terciarios de la Formación Jesús María, con una resistividad de 3 ohm.m. Ambos niveles carecen de interés desde el punto de vista hidrogeológico.

SEV 03: Gauss Krüger N: 7143373 E: 3605709.



El perfil geoelectrico muestra una sucesión de cuatro electrocapas, donde se puede observar el desarrollo de dos niveles definidos por su resistividad: el primero correspondiente a materiales aluviales del cuaternario que se desarrollan hasta los 14.2 metros de profundidad, con una resistividad variable entre 10 -44 ohm.m, que se interpretan como una alternancia entre materiales limosos y arenosos. El segundo nivel se interpreta como correspondiente a materiales terciarios de la Formación Jesús María, con una resistividad de 6 ohm.m. Ambos niveles carecen de interés desde el punto de vista hidrogeológico.

Con los datos obtenidos, se realizó un corte geológico – geoelectrico, en donde se puede observar la configuración del basamento terciario, el cual se desarrolla a partir de los 20 metros en el SEV1, 23 en el SEV2 y de 14 metros en el SEV3, estos sedimentos se caracterizan por presentar valores conductivos 3 y 6 ohm.m. La parte superior esta compuesta por sedimentos cuaternarios de escaso espesor, integrado por una secuencia de gravas, arenas y arcillas de origen fluvial caracterizados por una resistividad variable entre 8 y 293 ohm.m.

En el sector de estudio tanto los sedimentos terciarios como los cuaternarios no poseen interés desde el punto de vista hidrogeológico.

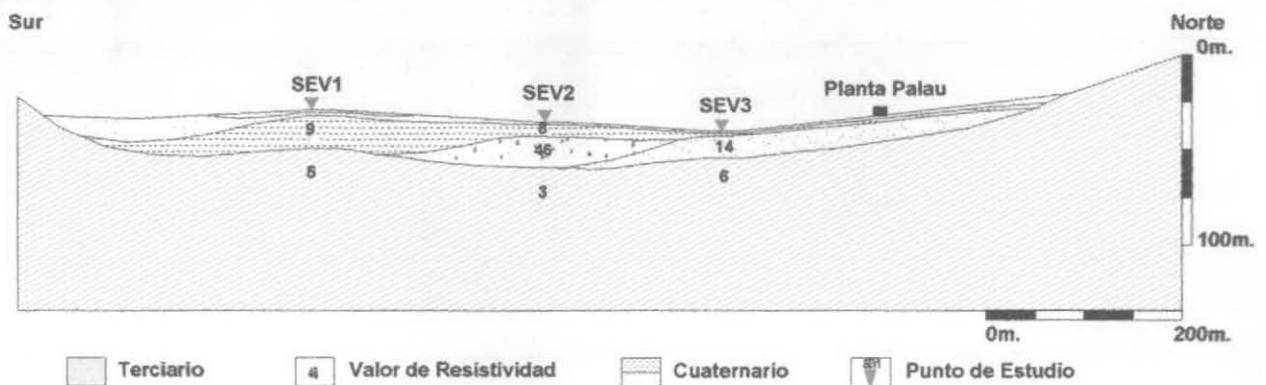


Figura 9: Perfil geológico - geoelectrico

4.2.3. Hidroestratigrafía

Las unidades hidroestratigráficas presentes en el área de estudio, corresponden al Grupo Oran, Subgrupo Metan (Formación Anta y Jesús María) y Grupo Salta, Subgrupo Santa Bárbara (Formación Maíz Gordo). Estas tres unidades de sentido meridional, se localizan en el sector septentrional del anticlinal Balboa o de la Sierra de La Candelaria, sobre ambos flancos de la estructura.

La descripción litológica que se detalla a continuación, es siempre de arriba hacia debajo de la columna y se realizó en inmediaciones del Hotel Termas y de las captaciones de Agua Palau. Estas unidades controlan el movimiento del agua subterránea, como también poseen gran influencia en la composición físico – química del agua.

Desde el punto de vista hidroestratigráfico se pueden definir dos unidades:

- a- Unidad de baja permeabilidad primaria
- b- Unidad de alta permeabilidad primaria

a- Unidad de Baja Permeabilidad

Corresponden a sedimentos de baja a nula permeabilidad primaria, pero poseen una permeabilidad secundaria por fractura, lo que permite la circulación del agua desde los niveles profundos, se incluyen a todos los sedimentos terciarios que se describen a continuación:

Formación Anta:

Compuesta por una alternancia de areniscas finas a medianas pardas, cuarzosas, estratificadas en bancos de hasta 2m de espesor y pelitas verdes laminares, en parte con fracturas concoidea. Intercalan seis niveles de yeso sacaroide en nódulos y en láminas. Estos niveles intercalan con bancos de calizas amarillentas lajosas y con delgados bancos de calcita bien cristalizada. Esta unidad posee una permeabilidad secundaria por fracturas. En el sector intermedio de esta formación se observan las surgencias de la **FUENTE LAXANTE**.

BASE DE FORMACION ANTA.

-----DISCORDANCIA-----

FUENTES FERRUGINOSA Y SALADA

Formación Maíz Gordo:

Compuesta por arenisca blanca competente, con textura sacaroide, muy cuarzosa que intercala con una arenisca fina a mediana cuarzosa, de textura sacaroide y deleznable, de colores blanco verdoso. Se intercala un paquete de arenisca y pelitas de variados colores, que presenta estratificación fina a laminar.

Hacia la base afloran lutitas y arcilitas grises y moradas con intercalaciones de yeso. Hacia abajo presenta afloramientos tectonizados de areniscas cuarzosas blancas y verdosas con restos de quelonios. **FUENTES SULFUROSA, SILICOSA Y LOS MANATIALES PALAU.**

B – Unidad de Alta Permeabilidad Primaria

Pertenece a esta unidad los sedimentos cuaternarios presentes en la zona de estudio que están compuestos por sedimentos de origen aluvial, donde predominan, aglomerados, gravas, arenas con escasa participación de arcillas y limos. Estos sedimentos carecen de interés desde el punto de vista hidrogeológico ya que poseen un espesor reducido, siendo el máximo determinado por la geofísica de 23 metros.

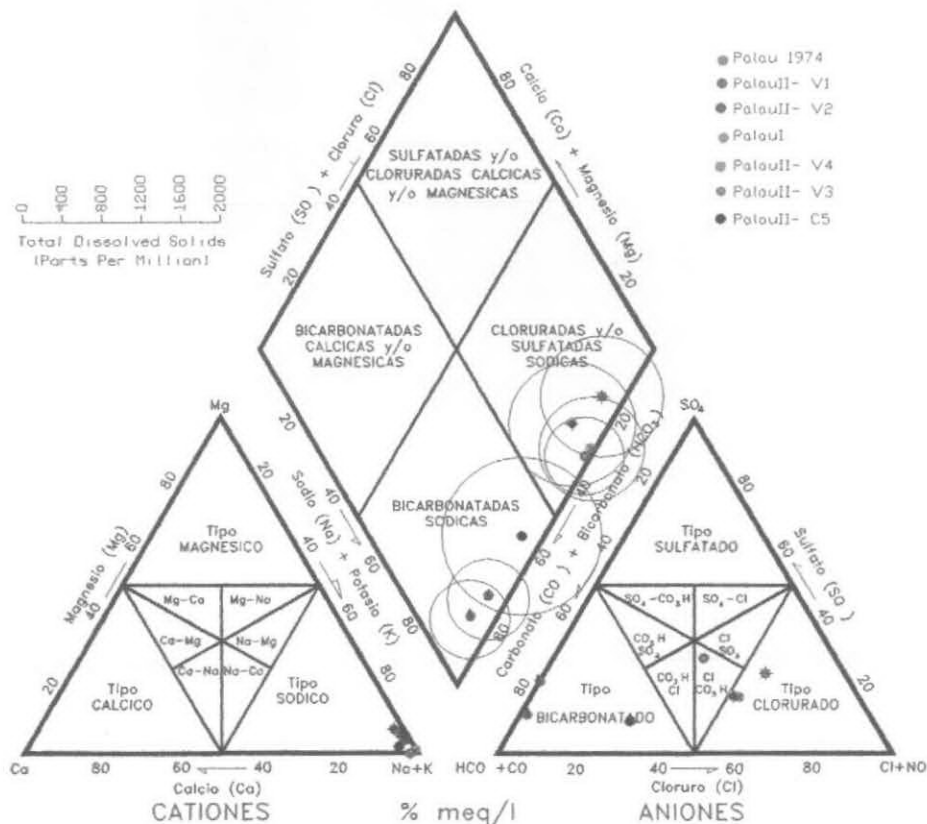
4.2.4. Hidroquímica

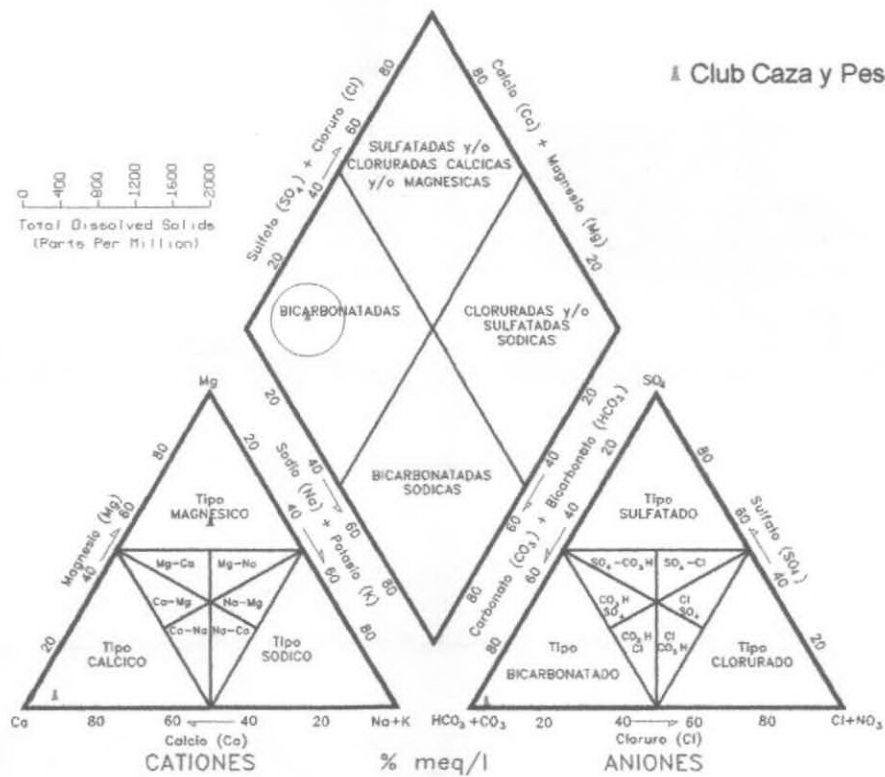
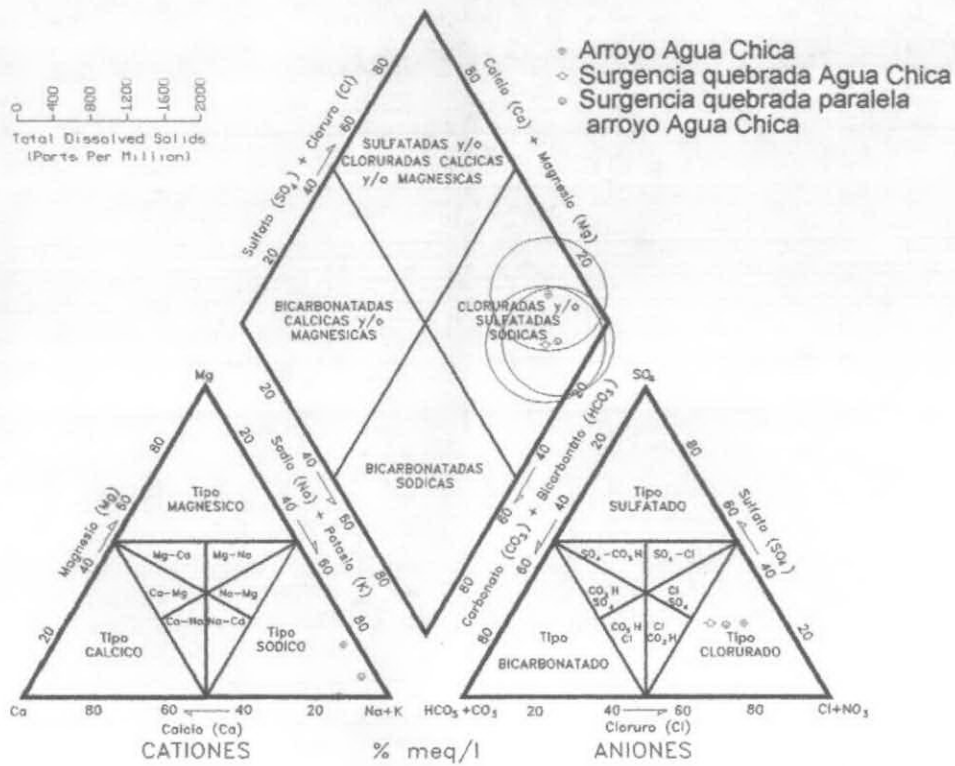
Las características físico- químicas de las aguas vienen dadas por los terrenos donde provienen o atraviesan, se considera que las ocurrencia de aguas termales en esta zona, pertenecen todas a aguas minerales.

La composición química permite diferenciar según su fuente, en aguas: silicosas, sulfurosas, laxantes, saladas, mineralizadas (Palau), etc. Estas fuentes poseen ácido silícico, sulfato de potasio y de calcio, de sodio, de magnesio, cloruro de sodio, bicarbonato ferroso, principalmente, y algunas presentan radioactividad.

Las características físico-químicas de las aguas termales de Rosario de la Frontera, son básicamente de dos tipos (Corti, 1925): aguas saladas de menor temperatura y aguas silicosas de mayor temperatura. "La variación de la composición química entre estas aguas dependerá del recorrido subterráneo y del lavaje de distintos tipos de roca, ya que el origen parece ser el mismo".

A partir de los resultados de los análisis físicos – químicos realizados en la Secretaría de Medio Ambiente de la provincia de Salta se realizaron diagramas ternarios de clasificación de agua PIPER y se determinó su aptitud para consumo humano.





Muestra	Clasificación
1. Palau (año 1974)	Clorurada Bicarbonatada Sódica
2. Palau I	Clorurada Sódica
3. Palau II – vertiente I	Bicarbonatada Sódica
4. Palau II – vertiente II	Bicarbonatada Sódica
5. Palau II – vertiente III	Clorurada Sódica
6. Palau II – vertiente IV	Clorurada Sódica
7. A° Agua Chica	Clorurada Sódica
8. Surgencia Qda. Agua Chica	Clorurada Sódica
9. Surgencia paralela A° Agua Chica	Clorurada Sódica
10 . Club Caza y Pesca	Bicarbonatada cálcica

A partir de la clasificación de los diagramas ternarios PIPER y sabiendo que la evolución geoquímica normal del agua subterránea es de **Bicarbonatada** → **Sulfatada** → **Clorurada**, donde se puede observar, que las agua con mayor tiempo de evolución geoquímica corresponden a las muestras 2, 5, 6, 7, 8 y 9, lo que posiblemente indicaría mayor tiempo de circulación y por lo tanto mayor profundidad de generación, por ello se supone que a partir de los resultados de la clasificación, las muestras 3, 4 y 10 estarían influenciadas con aguas meteóricas actuales, ya que las aguas cloruradas indican el máximo estadio de la evolución geoquímica del agua termal, mientras que las bicarbonatadas indican procedencia meteórica moderna.

Con respecto a la aptitud para el consumo de las aguas analizadas, se tiene:

Palau II – Vertiente IV	Potable
Palau II – Vertiente I	Potable
Palau II – Vertiente II	Potable
Palau II – Cámara V	Potable
Vertiente Agua Chica	Potable
Palau III – Vertiente III	Potable
Qda. Paralela Agua Chica	Potable
Palau I	Potable
A° Agua Chica (fría)	Potable

4.2.5. Modelo Geohidrológico Conceptual y Evaluación de fuentes: Ponderación y evaluación de los sistemas acuíferos de la zona de estudio.

La zona de surgencia de aguas termales, está enmarcada en un relieve de lomas bajas y terrenos llanos. Este lugar se halla en las estribaciones norte de la sierra de La Candelaria y tiene una altura de 790 m.s.n.m. La zona de estudio se encuentra en un sector complejo desde el punto de vista geológico y estructural.

En base a lo expuesto anteriormente y a los resultados de los relevamientos geológicos realizados en la zona, se propone que el agua termal que surge en la zona de estudio se debe a la infiltración de aguas meteóricas en zonas serranas, al oeste de la ciudad de Rosario de la Frontera (morros de Las Cabras, del Cajón y de La Carpintería), que coincide con la zona de Fracturación Tacónica. Los fluidos descienden hacia zonas profundas a través de fracturas o niveles permeables de estratos, calentándose los mismos a unos 130° C y después de percolar aproximadamente 50 km, se endican y bordean el contrafuerte La Candelaria, para emerger en las termas de Rosario de la Frontera.

El contrafuerte de la Candelaria, es una estructura anticlinal que se desarrolla con rumbo NNO y se extiende sumergiéndose hasta el río Rosario. En su parte media se bifurca y hay manifestaciones de termalismo que se ven favorecidos por las fallas inversas submeridianas con planos muy inclinados y zonas fracturadas asociadas que cuando están sin cementar, son las vías naturales de surgencia de aguas termales.

Las aguas termales de Rosario marcan un estadio particular del ciclo del agua, desarrollándose en las capas profundas del subsuelo. Las condiciones físicas y químicas del medio son el origen de su composición química y de su temperatura. No obstante, estos fluidos pueden ser también el resultado de la mezcla de aguas meteóricas de infiltración reciente con aguas endógenas fósiles no volcánicas. Esto estaría asociado a fisuras del sustrato, de donde emergen las aguas termales, cubiertas por sedimentos más recientes, que podrían estar tapando termosifones naturales cercanos a las termas, por el gran contraste de espesores del Subgrupo Pirgua. Las surgencias de aguas termales se sitúan, sobre todo, en zonas de movimientos recientes o de tectónica activa.

Realizando la sumatoria de los caudales de las fuentes aprovechadas y la que se pierden por deficiencia de conducción y de captación más las vertientes descubiertas nos da un caudal disponible de 10.520 l/h o 252.480 l/día de recurso hídrico termomineral potable susceptible a ser utilizado únicamente para ser embotellada, lo que nos daría una disponibilidad de 7.574.440 l/mes. Se aclara que todas estas aguas termominerales son potables desde el punto de vista físico – químico.



Captaciones en fuentes termales

Por otro lado teniendo en cuenta el recurso hídrico superficial (agua fría) que en la actualidad no es utilizado, se tiene un caudal susceptible a ser captado de 235.169 l/h o 5.644.056 l/día, lo que nos daría un caudal mensual de 169.301.680 l/mes, que podrían usarse para riego de las canchas de golf y servicios de la planta Palau. De ese caudal total, 2.169 l/h o 52.056 l/día de la Qda. Agua Chica, se podrían utilizar para los servicios del Hotel Termas, el cual en la actualidad no dispone de agua fría para sus instalaciones.

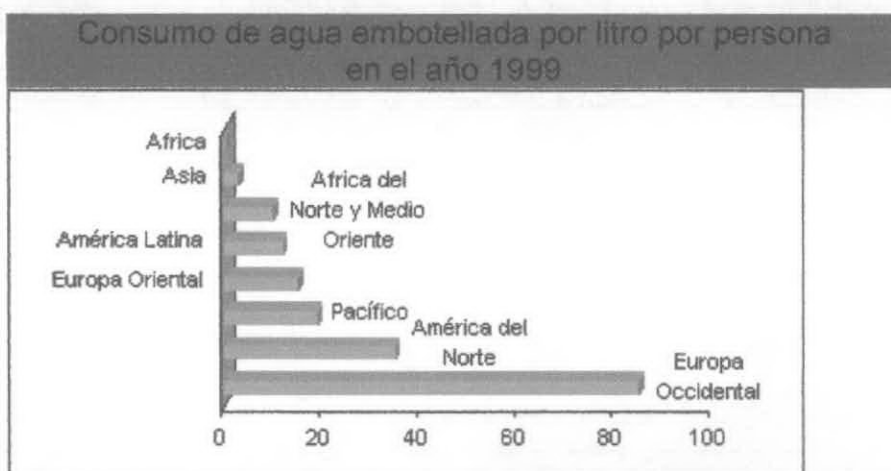
Utilizando el recurso hídrico superficial, no habría conflictos en el uso de las aguas entre el Complejo Termal, Automóvil club, el riego de la cancha de golf y la planta Palau, problemas que ocurren en la actualidad ya que todos se abastecen de las aguas termominerales Palau.

5. RESEÑA DE MERCADO DE AGUA EMBOTELLADA

La Dirección Nacional de Alimentos, en un artículo del lic. Diego Grillo Turba de 2005, ha expuesto diferentes análisis de mercado tanto interno como mundial, y la importancia económica que implica la producción de agua mineral embotellada.

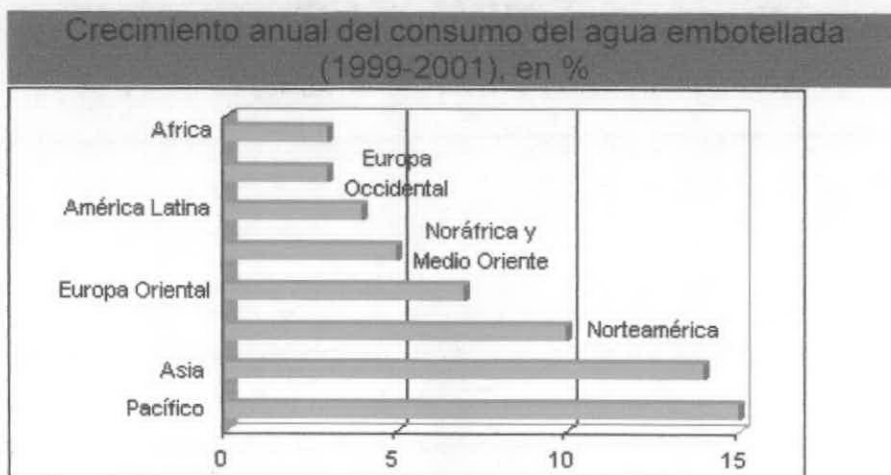
5.1. MERCADO MUNDIAL

El mercado de agua embotellada en general, y de agua mineral en particular, se ha mantenido en crecimiento en los últimos años, creciendo a un ritmo anual del 12%. Los mayores consumidores son los europeos occidentales, mientras que la región en la que se ha observado un mayor incremento en el consumo es en los mercados de Asia y el Pacífico (este mayor incremento se debe, fundamentalmente, a que sus valores antecedentes eran demasiado bajos). Dentro de América Latina, el mayor consumidor de agua mineral –calculando siempre en base a litros por habitante– es Brasil (26 litros por año, a datos del 2002), seguido de Argentina (18 litros).



Fuente: Dir. Nac. Alimentos – SAGPyA - sobre la base de <http://www.wateryear2003.org>.

El mercado mundial del agua embotellada representa un volumen anual de 89.000 millones de litros con un valor estimativo de 22.000 millones de dólares. De este total, un 41% (36.500 millones de litros con un valor estimativo de 9.000 millones de dólares) es agua mineral o de manantial. Se calcula que el 75% del mercado mundial se satisface por medio de actores económicos locales. Una de las razones de esta alta predominancia de satisfacción por medio del mercado interno es el hecho de que los tiempos que demanda la importación y/o exportación del producto podrían llegar a afectar la calidad del mismo.



Fuente: Dir. Nac. Alimentos – SAGPyA - sobre la base de <http://www.wateryear2003.org>.

Los motivos que llevan al consumo del agua embotellada son diversos. Entre ellos cabe resaltar que para los consumidores el agua embotellada posee mejor sabor que la de canilla, y la percibe como más segura y de mejor calidad. Al mismo tiempo, y gracias a reiteradas campañas publicitarias, el consumo de agua mineral es considerado, hoy, como más saludable que el del resto de las bebidas. En ese sentido, el consumo de agua mineral y/o embotellada tiende a representar, en el imaginario del consumidor, un estilo de vida sano y natural.

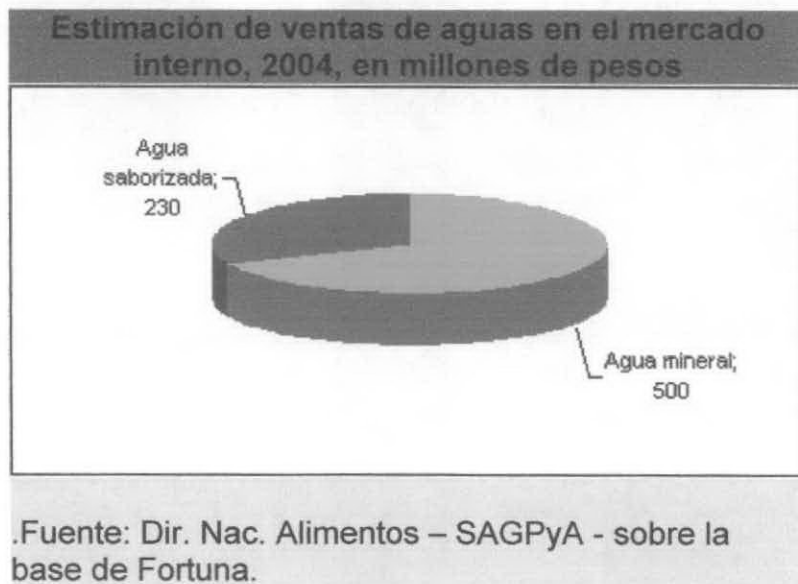
Sin embargo, el consumo alto del agua mineral no sólo se relaciona con un posible bienestar económico que permita el cuidado de la salud o determine el consumo a partir de un ideal de cuidado de la salud, sino también con la inexistencia –o existencia en malas condiciones- de redes de agua para la población, razón por la cual se termina por inclinarse por el agua embotellada. Una situación de estas características representa el caso mexicano.

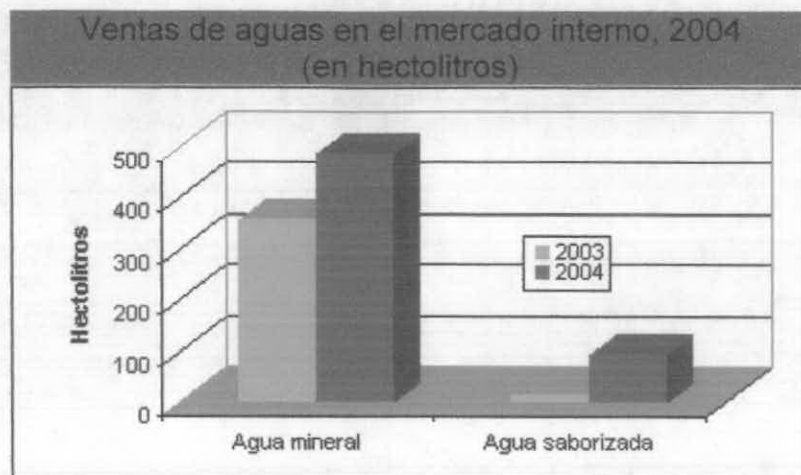
5.2. PRODUCCION NACIONAL

Como ya se ha dicho, el consumo de agua mineral se relaciona frecuentemente con el hecho de que el producto es relacionado con características virtuosas para la salud. Tanto es así que en el mercado local originariamente – principios del siglo XX- el agua mineralizada se comercializaba en farmacias. Luego, claro está, la venta de los productos comenzó a expandirse hasta llegar a los niveles que posee hoy en día.

Fue en la década de 1990 que la producción tuvo un mayor crecimiento. Entre los elementos que colaboraron a dicho proceso deben señalarse tanto la estabilidad económica de la primera mitad de la década que brindó un mayor poder adquisitivo a la población –no debe olvidarse que el agua mineral es un producto de alta elasticidad en relación con el ingreso-, como así también el crecimiento entre la población de costumbres identificadas con el cuidado del cuerpo –ya se ha señalado que el agua mineral suele ubicarse en el imaginario de los consumidores relacionada con lo sano-. Sin embargo, a partir de 1998 ese crecimiento sostenido se vio frenado debido al inicio de la recesión económica.

En el año 2004, la producción anual estimada de aguas fue de 5 millones de hectolitros, lo que implica un crecimiento del 43% en relación a los 3,5 millones que se produjeron en el año 2002. Del volumen producido destinado al mercado interno, las ventas de aguas minerales en el 2004 significaron alrededor de 500 millones de pesos, mientras que las de aguas saborizadas 230 millones de pesos.

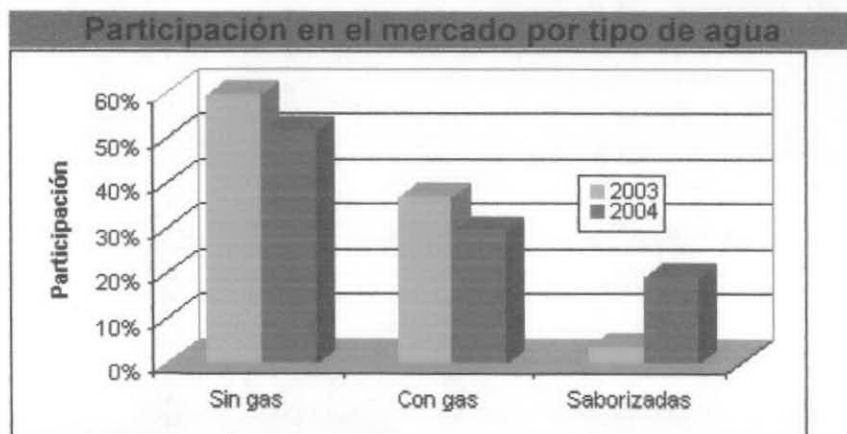




.Fuente: Dir. Nac. Alimentos – SAGPyA - sobre la base de Fortuna.

En el año 2004 se efectuaron ventas de agua mineral en el mercado interno por 4,85 millones de hectolitros, lo que implica un aumento del 36% en relación al año anterior. Mientras tanto, en relación a las aguas saborizadas, las ventas fueron por casi un millón de hectolitros.

Si nos detenemos en un análisis del mercado local de aguas, la participación mayoritaria del mismo corresponde a las aguas minerales sin gas (51,5% en el 2004, frente a un 59,5% en el 2003, lo que implica un decrecimiento en su participación de casi el 15%), seguidas de las aguas minerales con gas (29,5% en el 2004, frente a un 36,9% en el 2003, lo que implica un decrecimiento en su participación del 20%), ubicándose en tercer lugar las aguas saborizadas (19% en el 2004, frente a un 3,7% en el 2003, lo que implica un crecimiento del 410% de la participación en sólo un año).

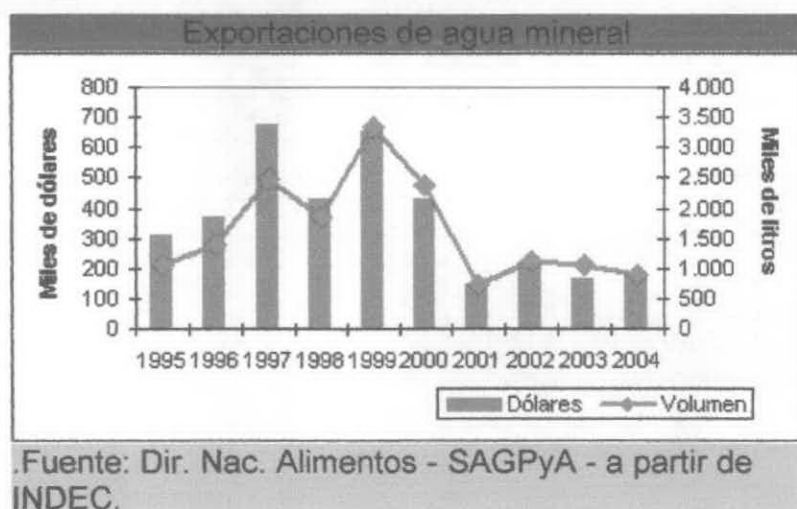


.Fuente: Dir. Nac. Alimentos – SAGPyA - sobre la base de Fortuna.

5.3. COMERCIO EXTERIOR

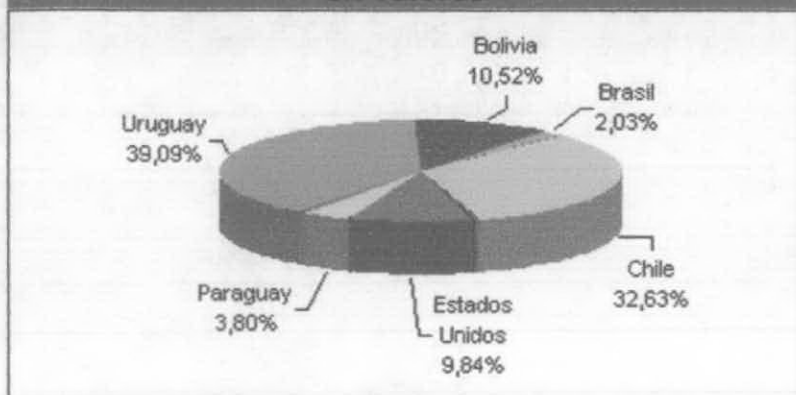
Como ya se dijo anteriormente, si bien el mercado del agua embotellada ha mantenido un crecimiento sostenible y notorio, el mismo no se traduce en el comercio exterior del producto. El 75% de la demanda internacional se satisface a nivel de los mercados locales, entre otros motivos porque el traslado y los tiempos que éste implica pueden alterar, en algunos casos, la calidad del producto.

En nuestro país, el volumen tanto de las exportaciones como de las importaciones de agua mineral resulta insignificante en relación a la producción. En una década (entre 1995 y el 2004) apenas si se exportaron 16 millones de litros (que equivalen al 3% de la producción total del año 2004), a un promedio de 1,6 millones de litro al año (que equivale al 0,3% de la producción total del año 2004), por un valor de 3 millones y medio de dólares en la totalidad del período. Las importaciones presentan valores similares en cuanto a lo reducido de su magnitud: 8 millones y medio de litros por un valor de 3 millones y medio de dólares. Un dato que debe resaltarse es, sí, que el producto importado es, en promedio, de un mayor costo que el exportado, lo que se explica a partir del hecho de que se importan marcas muy específicas y prestigiosas a nivel internacional que apuntan a franjas muy específicas del mercado consumidor de aguas minerales.



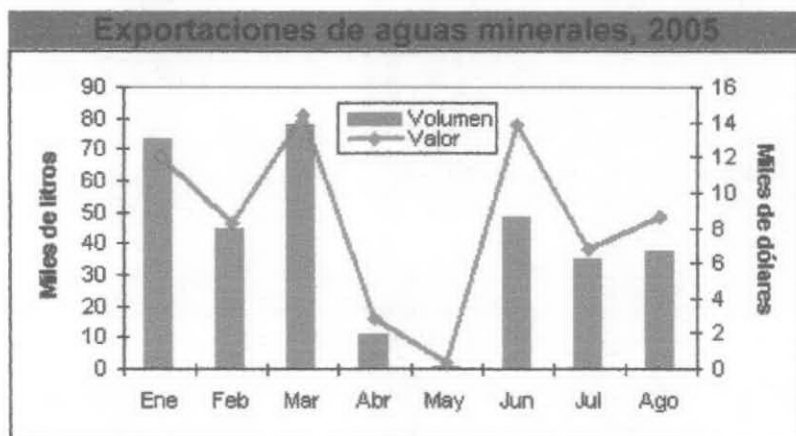
A lo largo de la década estudiada, los principales destinos de las exportaciones de agua mineral fueron países sudamericanos –fundamentalmente, Chile (33%) y Uruguay (39%)–, lo cual se explica por dos factores: los beneficios de las exenciones impositivas que implica exportar a países del Mercosur y, también, que se trata de un producto que se exporta a distancias cortas en espacios de tiempo reducidos para no alterar la calidad del mismo.

Destino de las exportaciones de aguas 1995-2004, en valores



Fuente: Dir. Nac. Alimentos - SAGPyA - a partir de INDEC.

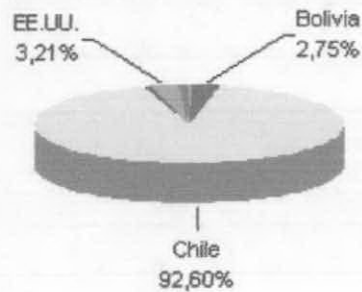
En lo que va del año 2005, las tendencias de exportaciones no han variado. Entre enero y agosto, se exportaron cerca de 330.000 litros por un valor de U\$S 67.000. Si se observan los gráficos que se incluyen a continuación, puede observarse que, además del volumen ínfimo que representan las exportaciones en relación a la producción, las operaciones son altamente inestables y erráticas cuando se las compara mes a mes, hecho que se explica a partir de lo pequeño del universo, donde una pequeña modificación puede adquirir, a los ojos desconocidos, amplitud exorbitante.



Fuente: Dir. Nac. Alimentos - SAGPyA - a partir de INDEC.

En relación a los mercados de origen y destinatarios, el esquema presenta algunos cambios en relación a lo que fuera posible detectar en relación a la década anterior. Entre enero y agosto del 2005, el 92% de las exportaciones de agua mineral tuvieron como destinatario a Chile.

**Destino de las exportaciones de aguas minerales,
2005**



Fuente: Dir. Nac. Alimentos - SAGPyA - a partir de INDEC.

FUENTES CONSULTADAS

Aguas Danone de Argentina S.A. - Eco de los Andes S.A. - Coca Cola de Argentina S.A. - INDEC - Diario Clarín - Revista Bebiendo, N° 93, 2001.- "Aguas Minerales: mercado en constante movimiento" – FERRIER, Catherine: Bottled Water: Understanding a Social Phenomenon. - <http://www.wateryear2003.org> – Revista Fortuna N° 85, 2005.

6. Conclusiones

- En base al balance hídrico climático, la zona de estudio se clasifica como de clima Subhúmedo – Seco con nulo o pequeño exceso de agua Mesotermal con concentración estival de 40 – 45%. Fórmula climática: C1, d, B4', a'.
- Los suelos dominantes en el área según el Atlas de Suelos del NOA (Nadir y Chafatinos, 1995), corresponden a la Asociación La Cruz –Las Mesadas. Son suelos desarrollados en zonas montañosas a partir de un material original derivado de rocas precámbricas y cretácicas en una zona de clima tropical serrano y tropical con estación seca.
- La vegetación de la zona corresponde a especies que caracterizan a la Provincia de Las Yungas, en transición hacia la Provincia Chaqueña (Cabrera, 1976). Las especies vegetales típicas de la zona son: Laurel, nogal, horco molle, tipa, cebil, pacará, quebrachos, algarrobos, guayacán, cocucho, tala, churqui, tusca, manzana del campo, quina, nogal criollo, palo cruz, lapacho, etc.
- La fauna más común en la zona selvática está representada por corzuelas, oso melero, armadillos, ratas, ratones, marmosas, zorro del monte, gato del monte, pumas, chanchos del monte, pecarí de collar, palomas, caranchos, chimangos, loros, charatas, cotorras, lechuzas, naranjeros, reina mora, jilguero, brasita de fuegos. Entre los reptiles se mencionan coral, cascabel, yararás, culebras, etc.
- La zona de estudio pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Río Juramento – Salado, Subcuenca Rosario u Horcones. El río Rosario es de carácter permanente y nace de la confluencia de numerosos arroyos y ríos de regímenes temporarios y permanentes que drenan la ladera oriental de la Sierra de Carahuasi (oeste de la zona de estudio) y otras menores que pierden altura progresivamente hacia el este. Muchos de estos cursos de agua, principalmente los que avenan la ladera oriental de la sierra, encuentran su fuente primaria de alimentación en las lluvias que ocurren debido al efecto orográfico.
- La zona se encuentra ubicada en la Provincia Geológica de Sierras Subandinas Australes, que incluyen a un conjunto de serranías subparalelas de rumbo N – S, presentes en las provincias de Salta y Jujuy.

Las Sierras Subandinas ocupan una posición intermedia entre la Llanura Chaqueña al Este y Cordillera Oriental al Oeste, al occidente limita con el Frente Tacónico Oriental (Baldis *et al.*, 1976), mientras que hacia el oriente, se toma como límite, el cambio de zonas de sierras hasta convertirse en unas simples lomadas aisladas, que caracterizan a la Llanura Chaqueña.

En la zona de estudio, las Sierras Subandinas se caracterizan por la ausencia de depósitos del Paleozoico, los anticlinales tienen vergencia hacia el Este y en su núcleo aflora el basamento eopaleozoico. Las sedimentitas del Grupo Salta (Cretácico – Paleógeno), se asientan sobre depósitos eopaleozoicos en forma discordante.

- La Sierras Subandinas están limitadas de la Cordillera Oriental por el Frente de Fracturación TACÓNICO Oriental (Baldis et al, 1976). Para esta zona, la provincia geológica en general se caracteriza por ausencia de depósitos del Paleozoico superior, los anticlinales tienen vergencia hacia el este y en su núcleo se asoma el basamento eopaleozoico. Las sedimentitas del Grupo Salta se asientan sobre los depósitos eopaleozoicos en forma discordante. Las fallas casi verticales en superficie se horizontalizan en profundidad, afectan el basamento y son en algunos casos el resultado de la inversión tectónica del margen del rift cretácico (Ramos, 1999).
- En la zona de estudio, las principales fuentes de agua superficial corresponden los Arroyos Salado, a un afluente del mismo ubicado aguas arriba del club Caza y Pesca y en la quebrada Agua Chica, al sur del Hotel Termas. Estos son de carácter permanente y desaguan en el colector principal de la cuenca que es el río Rosario.

En la zona del club de Caza y Pesca, en un tributario del río Salado se obtuvo los siguientes datos:

Ph: 7.5 – Cond: 690uS/cm – TDS: 300 mg/l – T: 18.5°C – Caudal: 233.000 l/h

- La quebrada Aguas Chicas, posee un escurrimiento permanente de agua debido a la *existencia de una vertiente de agua fría*, esta quebrada se aforó mediante el sistema sección – velocidad, dando un caudal de 2.169 l/h. Además se midieron parámetros químicos de campo como ser Ph, Conductividad, Temperatura y Sólidos Disueltos.

Ph: 7 – Cond: 730 uS/cm – TDS: 360 mg/l – T°= 25°C – Caudal: 2.169 l/h.

- Las aguas subterráneas de la zona de estudio, corresponden a surgencias termales que afloran a partir de zonas de fracturas que afectan al anticlinal de las Sierras de la Calendaria. Las aguas surgen a temperaturas variables entre 95 – 22 °C, algunas son usadas para balneoterapia por el Hotel Termas, otras son usadas para riego de la cancha de golf y para embotellar agua termal mineral. Las aguas usadas por el Hotel Terma corresponden a las fuentes denominadas, silicosa, ferruginosa, salada, sulfurosa, inhaladora, zarsa, laxante y de la virgen, estas poseen una conductividad variable entre 1700 uS/cm a mayores de 20000 uS/cm, siendo las únicas de carácter potable la fuente silicosa y virgen.

Las aguas correspondientes a las fuentes utilizadas por Palau , quebrada Agua Chica y la quebrada paralela a aguas chicas poseen temperaturas que varían entre 25 – 65 °C, con valores de conductividad inferiores a 2000 uS/cm, que es el límite de potabilidad.

- En el corte geológico – geoelectrico, en donde se puede observar la configuración del basamento terciario, el cual se desarrolla a partir de los 20 metros en el SEV1, 23 en el SEV2 y de 14 metros en el SEV3, estos sedimentos se caracterizan por presentar valores conductivos 3 y 6 ohm.m. La parte superior esta compuesta por sedimentos cuaternarios de escaso espesor, integrado por una secuencia de gravas, arenas y arcillas de origen fluvial caracterizados por una resistividad variable entre 8 y 293 ohm.m.

En el sector de estudio tanto los sedimentos terciarios como los cuaternarios no poseen interés desde el punto de vista hidrogeológico.

- Desde el punto de vista hidroestratigráfico se pueden definir dos unidades:
 - c- **Unidad de baja permeabilidad primaria: Incluye a las formaciones terciarias: Anta y Maiz Gordo**
 - d- **Unidad de alta permeabilidad primaria: Incluye a todos los sedimentos cuaternarios de origen fluvial, de escaso desarrollo en la zona de estudio.**
- Desde el punto de vista hidroquímico las aguas se clasifican según diagramas ternarios PIPER, como:

Muestra	Clasificación
1. Palau (año 1974)	Clorurada Bicarbonatada Sódica
2. Palau I	Clorurada Sódica
3. Palau II – vertiente I	Bicarbonatada Sódica
4. Palau II – vertiente II	Bicarbonatada Sódica
5. Palau II – vertiente III	Clorurada Sódica
6. Palau II – vertiente IV	Clorurada Sódica
7. A° Agua Chica	Clorurada Sódica
8. Surgencia Qda. Agua Chica	Clorurada Sódica
9. Surgencia paralela A° Agua Chica	Clorurada Sódica
10 . Club Caza y Pesca	Bicarbonatada cálcica

A partir de la clasificación de los diagramas ternarios PIPER y sabiendo que la evolución geoquímica normal del agua subterránea va desde **Bicarbonatada** → **Sulfatada** → **Clorurada**, donde se observar, que las agua con mayor tiempo de evolución geoquímica corresponden a las muestras 2, 5, 6, 7, 8 y 9, lo que posiblemente indicaría mayor tiempo de circulación y por lo tanto mayor profundidad de generación, por ello se supone que a partir de los resultados de la clasificación, las muestras 3, 4 y 10 estarían influenciadas con aguas meteóricas actuales, ya que las aguas cloruradas indican el máximo estadio de la evolución geoquímica del agua termal, mientras que las bicarbonatadas indican procedencia meteórica moderna.

- Según su aptitud para el consumo humanos se tiene:

Palau II – Vertiente IV	Potable
Palau II – Vertiente I	Potable
Palau II – Vertiente II	Potable
Palau II – Cámara V	Potable
Vertiente Agua Chica	Potable
Palau III – Vertiente III	Potable
Qda. Paralela Agua Chica	Potable
Palau I	Potable
A° Agua Chica (fría)	Potable

- En base a lo expuesto anteriormente y a los resultados de los relevamientos geológicos realizados en la zona, se propone que el agua termal que surge en la zona de estudio se debe a la infiltración de aguas meteóricas en zonas serranas, al oeste de la ciudad de Rosario de la Frontera (morros de Las Cabras, del Cajón y de La Carpintería), que coincide con la zona de Fracturación Tectónica. Los fluidos descienden hacia zonas profundas a través de fracturas o niveles permeables de estratos, calentándose los mismos a unos 130° C y después de percolar aproximadamente 50 km, se endican y bordean el contrafuerte La Candelaria, para emerger en las termas de Rosario de la Frontera.
- Realizando la sumatoria de los caudales de las fuentes aprovechadas y la que se pierden por deficiencia de conducción y la de las vertientes descubiertas nos da un caudal disponible de 10.520 l/h o 252.480 l/día de recurso hídrico termomineral potable susceptible a ser utilizado únicamente para ser embotellada, lo que nos daría una disponibilidad de 7.574.440 l/mes. Se aclara que todas estas aguas termominerales son potables desde el punto de vista físico – químico.

Por otro lado teniendo en cuenta el recurso hídrico superficial (agua fría) que en la actualidad no es utilizado, se tiene un caudal susceptible a ser captado de 235.169 l/h o 5.644.056 l/día, lo que nos daría un caudal mensual de 169.301.680 l/mes, que podrían usarse para riego de las canchas de golf y servicios de la planta Palau. De ese caudal total, 2.169 l/h o 52.056 l/día de la Qda. Agua Chica, se podrían utilizar para los servicios del Hotel Termas, el cual en la actualidad no dispone de agua fría para sus instalaciones.

7. Recomendaciones

En base a los trabajos realizados y a los datos de caudal y composición química se recomienda utilizar el recurso hídrico superficial, otorgado por el afluente del río Salado para ser captado y usado para riego de la cancha de golf y servicios para el Automóvil Club y la planta embotelladora Palau. Su aprovechamiento se ve favorecido por la diferencia de pendiente entre el área de captación y la zona de uso la cual sería de unos 20 metros aproximadamente. Con respecto al agua fría que necesita el Hotel Termas, se recomienda captar el agua surgente templada en su área de surgencia y conducirla hacia el hotel, esto también se ve favorecido por la diferencia de pendiente, lo que facilitaría su uso por gravedad; la diferencia de pendiente entre la zona de captación y el hotel, sería de 37 metros aproximadamente.

De esta manera se solucionarían los problemas suscitados entre el Hotel Termas, la planta embotelladora Palau y el Automóvil Club por el uso del recurso termal, para el uso del mismo para riego y servicios.

Se recomienda además, que se realice las refacciones necesarias en las obras de captación y conducción ya realizadas, debido a que las mismas son deficitarias y se originan pérdidas importantes del recurso.

8. Propuesta

Se propone para los puntos de surgencia frías descubiertas, realizar obras de captación como las existentes, es decir realizar un encofrado o tabique impermeabilizado de hormigón en la zona de surgencia para aislar y preservar al recurso de contaminaciones y desde allí conducirlas a través de cañería de acero hacia la zona donde se va a embotellar el agua y donde se las va a usar para servicios. Figura 10.

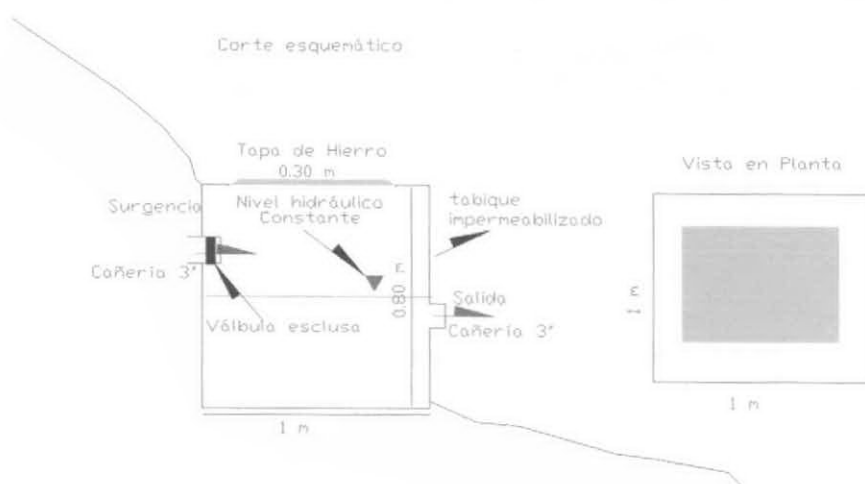


Figura 10: Corte esquemático de la captación en surgencias.

En el sector donde surgen aguas termales calientes en las márgenes de la Qda. Aguas Chicas, se propone la realización de un dren horizontal, transversal al cauce de la quebrada, lo que permitirá captar todas las filtraciones naturales que ocurren en dicho sector. (Figura 11). Esta obra consiste en la remoción del material aluvial que compone el lecho del A° Aguas chicas, con la finalidad de destapar las surgencias de aguas termo minerales que surgen en distintos puntos de sus márgenes. Para ello se propone la realización de una plataforma de impermeabilización, un muro de contención y la instalación de caño filtro galvanizado, el cual va cubierto abajo y arriba con un material prefiltrante. Una vez instalado el dren, se acopla un caño de descarga, que transporta el agua hacia una cámara de descarga y distribución (figura 12). Para el agua superficial obtenida a partir de la descarga de los bañados del Duraznito, como se encuentra en terrenos privados, la provincia tiene que identificar su área de interés y determinar el tipo de obra a realizar y los caudales a utilizar.

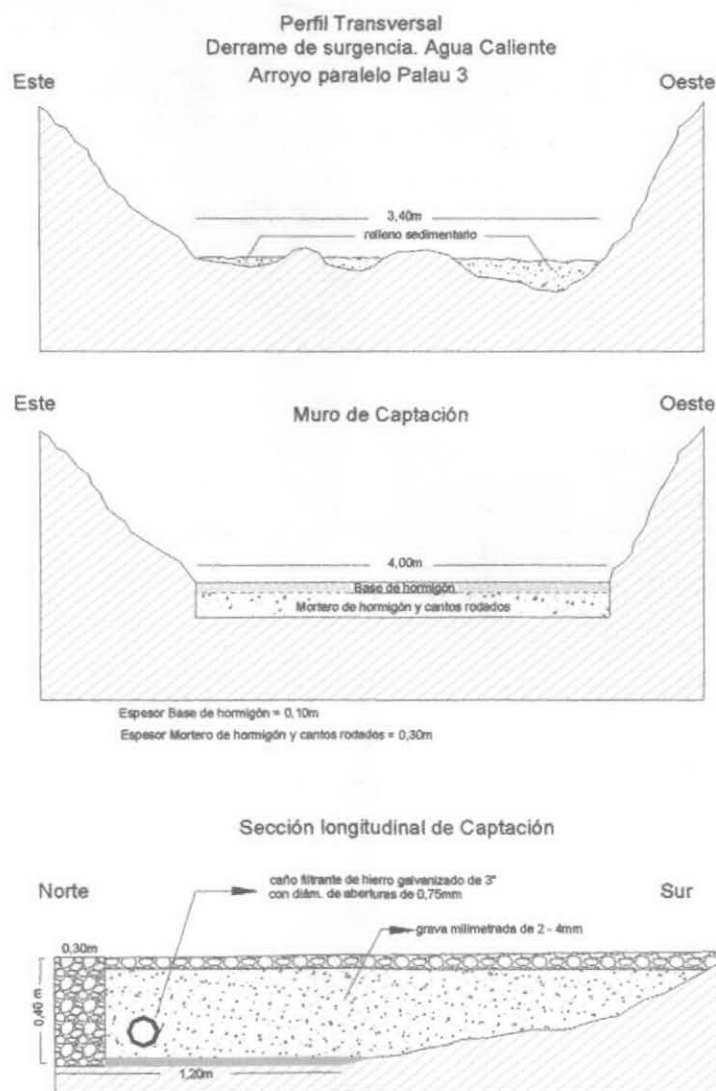


Figura 11: Perfil transversal y longitudinal del dren horizontal.

9. ANEXOS

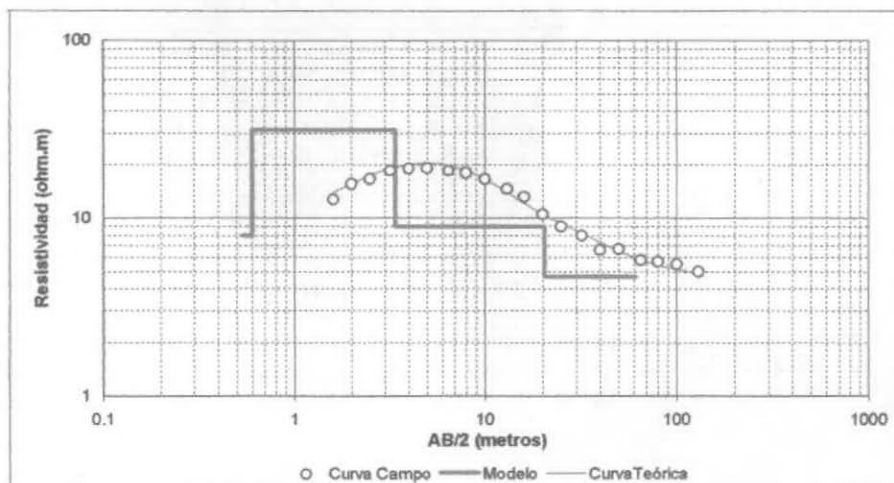
Planillas SEV – Páginas 51 - 53

Planillas de análisis físicos – químicos – Páginas 54 – 63

Planillas de cálculos y presupuestos estimativos - Páginas 64 -67

SEV 1

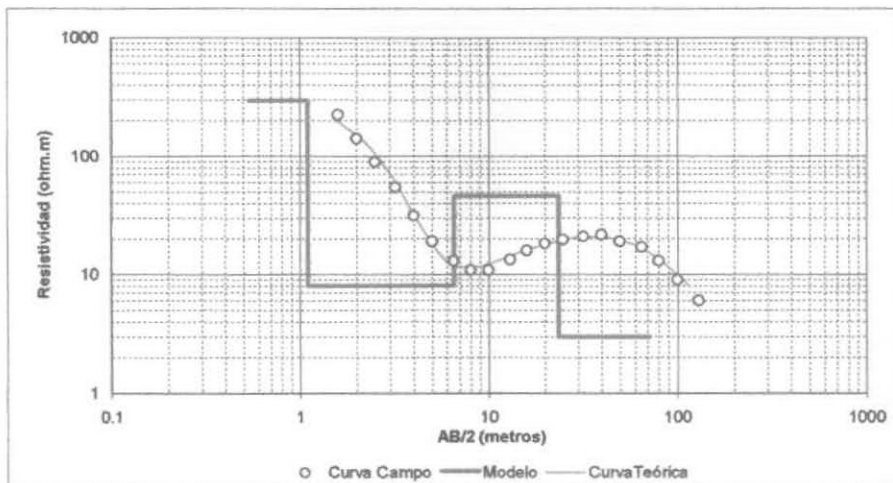
Curva Campo		Curva Teórica	
AB/2	Resistividad Aparente	AB/2	Resistividad Aparente
1.60	12.71	1.60	13.97
2.00	15.64	2.22	16.50
2.50	16.62	3.09	18.79
3.20	18.58	4.29	20.23
4.00	19.07	5.96	20.16
5.00	19.16	8.29	18.32
6.50	18.58	11.52	15.28
8.00	18.09	16.00	12.21
10.00	16.62	22.23	9.93
13.00	14.67	30.89	8.36
16.00	13.20	42.92	7.11
20.00	10.50	59.64	6.09
25.00	9.00	82.87	5.40
32.00	8.00	115.15	5.03
40.00	6.60		
50.00	6.70		
65.00	5.80		
80.00	5.70		
100.00	5.52		
130.00	5.00		



Resistividad	Espesor	Profundidad
8.00	0.60	0.60
31.40	2.80	3.40
9.00	17.00	20.40
4.70		

SEV2

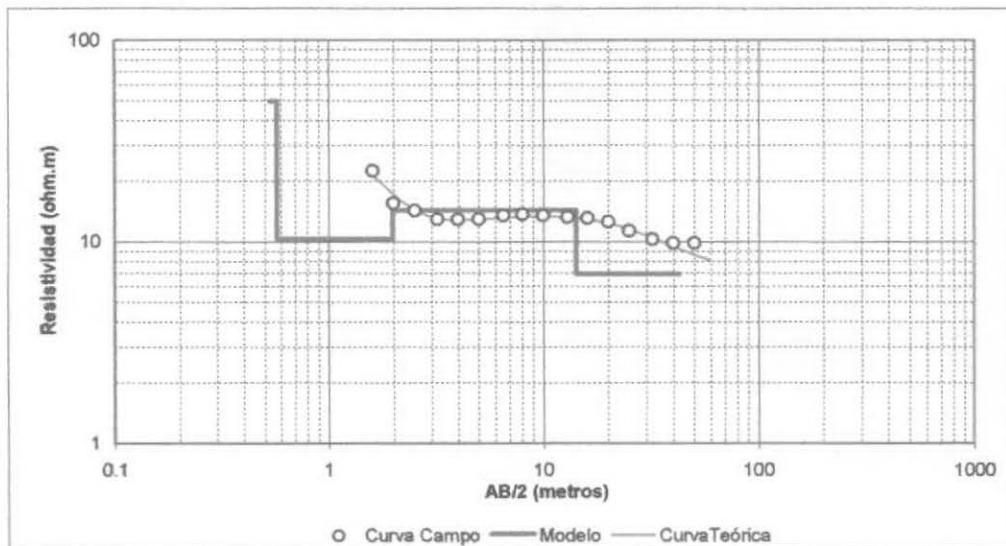
Curva Campo		Curva Teórica	
AB/2	Resistividad Aparente	AB/2	Resistividad Aparente
1.60	223.70	1.60	196.74
2.00	140.45	2.22	130.75
2.50	89.61	3.09	66.75
3.20	54.41	4.29	26.94
4.00	31.46	5.96	13.01
5.00	19.07	8.29	11.53
6.50	13.09	11.52	13.40
8.00	10.80	16.00	16.16
10.00	10.80	22.23	18.96
13.00	13.35	30.89	20.84
16.00	15.92	42.92	20.70
20.00	18.33	59.64	17.88
25.00	19.70	82.87	12.99
32.00	21.00	115.15	8.01
40.00	21.60	0.00	0.00
50.00	19.00	0.00	0.00
65.00	17.00	30.89	31.07
80.00	13.00	42.92	35.86
100.00	9.00		
130.00	6.00		



Resistividad	Espesor	Profundidad
293.40	1.10	1.10
8.06	5.40	6.50
46.30	17.10	23.60
3		

SEV 3

Curva Campo		Curva Teórica	
AB/2	Resistividad Aparente	AB/2	Resistividad Aparente
1.60	22.50	1.60	21.44
2.00	15.55	2.22	15.62
2.50	14.29	3.09	13.20
3.20	13.00	4.29	12.82
4.00	12.89	5.96	13.09
5.00	13.00	8.29	13.34
6.50	13.53	11.52	13.34
8.00	13.71	16.00	12.93
10.00	13.53	22.23	11.99
13.00	13.26	30.89	10.60
16.00	13.13	42.92	9.17
20.00	12.59	59.64	8.08
25.00	11.39		
32.00	10.25		
40.00	9.85		
50.00	9.85		



Resistividad	Espesor	Profundidad
49.76	1	0.58
10.30	1.40	1.97
14.30	12.23	14.20
6.90		

Palau II - Vertiente II

ANÁLISIS QUÍMICO Parámetros analizados	MUESTRA surgencia	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	387	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	175	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	5.1	200	400		
Color (U.C.)	5	5	10		
pH	7.9	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	1.24	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	615		2000		
Sodio	144	200			
Potasio	1.8				
Calcio	1.6				
Magnesio	0.3				250
Cloruros	43	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	214	488	976		
Sulfatos	82	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	<0.05	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	.....		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	6.3		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	0.08	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	43.3	.....		

Palau II - Vertiente I					
ANALISIS QUIMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal	
Parámetros analizados	surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	360	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	189	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	21	200	400		
Color (U.C.)	5	5	10		
pH	7.2	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.34	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	572		2000		
Sodio	134	200			
Potasio	1.7				
Calcio	2.4				
Magnesio	3.6				250
Cloruros	22	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	231	488	976		
Sulfatos	83	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	<0.05	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	.....		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	7		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	0.19	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	38.1	.....		

Palau II - Cámara V					
ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Parámetros analizados	Surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	812	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	131	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	39	200	400		
Color (U.C.)	8	5	10		
pH	7.5	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.58	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	1290		2000		
Sodio	273	200			
Potasio	3.6				
Calcio	10				
Magnesio	3				250
Cloruros	290	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	160	488	976		
Sulfatos	74	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	<0.05	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	S/R		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	8.7		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	5	.....		

Surgencias A° Agua Chica

ANÁLISIS QUÍMICO Parámetros analizados	MUESTRA surgencia	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	527	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	193	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	63	200	400		
Color (U.C.)	14	5	10		
pH	8.4	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	20.7	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	850		2000		
Sodio	180	200			
Potasio	3.1				
Calcio	25				
Magnesio	0.12				250
Cloruros	73	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	235	488	976		
Sulfatos	135	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	0.12	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	-----		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	7.1		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	-----	-----			
Fósforo total	-----	-----			
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	4.25	-----			

Palau III - Vertiente III

ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal		
		Parámetros analizados	surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----		1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	532		1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	187		400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	27		200	400		
Color (U.C.)	<1		5	10		
pH	7.4		6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.62		3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	845			2000		
Sodio	184		200			
Potasio	3					
Calcio	2.4					
Magnesio	5.1					250
Cloruros	70		250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	228		488	976		
Sulfatos	131		200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2		0.1	0.2		
Manganeso	<0.05		0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	.....			0.2		
Nitritos	<0.02			0.1		10
Nitratos	6.7			45	1000	3000
Fluoruros	-----		1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02		0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4			1		
Fosfatos	.....		.....
Fósforo total	.....		.....
Aluminio	<0.02		0.2			
Sílice	4.17		.....		

Qda. Paralela Agua Chica					
ANALISIS QUIMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Parámetros analizados	surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	512	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	197	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	45	200	400		
Color (U.C.)	4	5	10		
pH	8.3	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.27	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	826		2000		
Sodio	170	200			
Potasio	3				
Calcio	7.2				
Magnesio	6.6				250
Cloruros	56	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	240	488	976		
Sulfatos	125	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	<0.05	0.05	0.1-0.5		
Amoniaco	.....		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	7.2		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	3.86	.....		

Palau I					
ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal	
		Parámetros analizados	surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	493	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	157	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	4.1	200	400		
Color (U.C.)	9	5	10		
pH	7.4	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	1.24	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	784		2000		
Sodio	170	200			
Potasio	2.6				
Calcio	0.8				
Magnesio	0.5				250
Cloruros	93	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	192	488	976		
Sulfatos	80	200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2	0.1	0.2		
Manganeso	<0.05	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	.....		0.2		
Nitritos	<0.02		0.1		10
Nitratos	7		45	1000	3000
Fluoruros	-----	1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	55.3	.....		

A° Agua Chica

ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal		
		Parámetros analizados	urgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----		1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	494		1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	223		400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	93		200	400		
Color (U.C.)	10		5	10		
pH	7.3		6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	6.44		3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	796			2000		
Sodio	158		200			
Potasio	2.9					
Calcio	7.2					
Magnesio	18					250
Cloruros	41		250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	272		488	976		
Sulfatos	135		200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2		0.1	0.2		
Manganeso	<0.05		0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	.....			0.2		
Nitritos	<0.02			0.1		10
Nitratos	7.3			45	1000	3000
Fluoruros	-----		1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02		0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4			1		
Fosfatos	.....		.....
Fósforo total	.....		.....
Aluminio	<0.02		0.2			
Sílice	4.02		.....		

Palau II - Vertiente IV

ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal		
		Parámetros analizados	surgencia	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	-----		1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	582		1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	181		400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	45		200	400		
Color (U.C.)	<1		5	10		
pH	7.8		6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.21		3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	925			2000		
Sodio	190		200			
Potasio	2.2					
Calcio	4.8					
Magnesio	8					250
Cloruros	117		250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	221		488	976		
Sulfatos	99		200	400	2000	4000
Hierro total	<0.2		0.1	0.2		
Manganeso	<0.05		0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	<0.4			0.2		
Nitritos	<0.02			0.1		10
Nitratos	8			45	1000	3000
Fluoruros	-----		1.5	2.4		2
Arsénico	<0.02		0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	<0.4			1		
Fosfatos	.....		.....
Fósforo total	.....		.....
Aluminio	<0.02		0.2			
Sílice	3.77		.....		

Club Caza y Pesca					
ANÁLISIS QUÍMICO	MUESTRA	Consumo Humano		Consumo Animal	
Parámetros analizados	superficial	Tolerable	Admisible	Tolerable	Admisible
Sólidos totales	.....	1000	2000	4000	10000
Sólidos Disueltos	.....	1500			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	195	400	800		
Dureza total (CO ₃ Ca)	224	200	400		
Color (U.C.)	<1	5	10		
pH	7.8	6.5 - 8.5			
Turbiedad (NTU)	0.21	3	3 - 25		
Conductividad (mS/cm)	925		2000		
Sodio	190	200			
Potasio	2.2				
Calcio	61				
Magnesio	17				250
Cloruros	16	250	400 - 700	2000	4000
Bicarbonatos	238	488	976		
Sulfatos	115	200	400	2000	4000
Hierro total	0.33	0.1	0.2		
Manganeso	N.S.D.	0.05	0.1-0.5		
Amoníaco	0.137		0.2		
Nitritos	<0.03		0.1		10
Nitratos	3.2		45	1000	3000
Fluoruros	1.3	1.5	2.4		2
Arsénico	.....	0.05	0.1	0.15	0.3
Boro	.....		1		
Fosfatos	.....	.....	
Fósforo total	.....	.....	
Aluminio	<0.02	0.2			
Sílice	3.77	.....		

Obra de Captación Vertiente Termo mineral A° Qda. Agua Chica.

Cómputo Estimativo

Item	Designación de las Obras	Unidad de medida	Dimensiones	Cantidades				
				Parcial	Total			
1	Rubro I	m ²	120 * 0.8	96	96			
	a. Apertura de senda para transporte de materiales a obra							
	b. Excavación y nivelación para la construcción de muro y plataforma							
	c. Tapado de plataforma con material de la zona.	m ³	4 * 2 * 0.2	1.6	1.6			
2	Rubro II	m ³		1.08	1.08			
	a. Provisión de mano de obra para transporte y construcción de muro de contención y plataforma.							
	b. Provisión de mano obra y colocación de filtros ranura continua galvanizada de 3" y 0,75 mm de abertura.					M	3	3
	c. Provisión y colocación de material prefiltrante, grava milimetrada de 2 – 4 mm.					m ³	1.5	1.5
	d. Provisión y colocación de cañería galvanizada con rosca y cupla, codos, llave esclusa, cuplas, tornería de hilos de paso adaptable a las roscas convencionales de 3" de diámetro para descarga a cámara de distribución y trabajos de anclaje.	m		1	1			

**Obra de Captación Vertiente Termo mineral A° Qda. Agua Chica.
Presupuesto Estimativo**

Item	Designación de las Obras	Unidad de Medida	Cantidad	Precio \$	Importe de Obra	
					Parcial	Total
1	Rubro I a. Apertura de senda y acondicionamiento para transporte de material de obra.	m ²	96	40	3840	
	b. Excavación y nivelación para construcción de muro y plataforma	m ²	8	67	536	
	c. Tapado de plataforma con material de la zona	m ³	1.6	72	115,2	4491,2
2	Rubro II a. Provisión de mano de obra para transporte de material en sedas de pendiente pronunciada y construcción de muro de contención y plataforma	m ³	1.08	1720	1857.6	
	b. Provisión de mano de obra y colocación de filtros ranura continua galvanizado de 3" y 0,75 mm de abertura, con tapa y salida roscada para acople de cañería de 3".	m	3	420	1260	
	c. Provisión y colocación de material prefiltrante de grava milimetrada de 2-4 mm	m ³	1.5	360	540	
	d. Provisión y colocación de cañería galvanizada con rosca y cupla, codos, llave esclusa, cuplas, tornería de hilos de paso adaptable a las roscas convencionales de 3" de diámetro para descarga a cámara de distribución.	m	2	212	424	4081,6

Total \$ 8572,2

**Obra de Captación Vertiente Fría A° Aguas Chicas
Cómputo Estimativo**

Item	Designación de las Obras	Unidad de medida	Dimensiones	Cantidades	
				Parcial	Total
1	Rubro I a. Apertura de senda en ladera de quebrada de alta pendiente	m ²	92 * 0.8	73,6	73.6
	b. Limpieza y excavación en roca para descubrir la surgencia.	gl		1	1
2	Rubro II a. Provisión de mano de obra para transporte y construcción de toma e instalación de cañería galvanizada de 3" de diámetro para descarga de la vertiente.	gl		1	1
	b. Sellado del área de toma mediante cementación e impermeabilizante hidrófugo.	gl		1	1
	c. Derivación mediante cañería galvanizada de 3" de diámetros desde la toma hasta la cámara de descarga y distribución.	m	1	1	1
	d) Cámara de captación: limpieza y nivelación del de área de construcción de la cámara, encofrado de la base de 1 x 0,8 m, y tapa de 1 x 0,8 m con abertura para empotrar una tapa de hierro y chapa galvanizada de 0,5 x 0,3 con bisagra y grampa para candado, sobre la base un tabique de ladrillo de 0,8 m de alto x 0,15 m de ancho, se instalará la cañería de alimentación y des carga, se reocará las paredes externas y las internas se impermeabilizará con cemento y material hi prófugo	Gl		1	1

**Obra de Captación Vertiente Fría A° Aguas Chicas
Presupuesto Estimativo**

Item	Designación de las Obras	Unidad de Medida	Cantidad	Precio \$	Importe de Obra	
					Parcial	Total
1	Rubro I a. Apertura de senda en ladera de quebrada de alta pendiente	m ²	73,6	40	2944	
	b. Limpieza y excavación en roca para descubrir la surgencia.	Gl	1	500	500	3444
2	Rubro II a. Provisión de mano de obra para transporte y construcción de toma e instalación de cañería galvanizada de 3" de diámetro para descarga de la vertiente.	Gl	1	1800	1800	
	b. Sellado del área de toma mediante cementación e impermeabilizante hidrófugo.	Gl	1	310	310	
	c. Derivación mediante cañería galvanizada de 3" de diámetros desde la toma hasta la cámara de descarga y distribución.	M	1	120	120	
	d) Cámara de captación: limpieza y nivelación del de área de construcción de la cámara, encofrado de la base de 1 x 0,8 m, y tapa de 1 x 0,8 m con abertura para empotrar una tapa de hierro y chapa galvanizada de 0,5 x 0,3 con bisagra y grampa para candado, sobre la base un tabique de ladrillo de 0,8 m de alto x 0,15 m de ancho, se instalará la cañería de alimentación y des carga, se reocará las paredes externas y las internas se impermeabilizará con cemento y material hidrófugo	Gl	1	1900	1900	4130

Total \$ 7574

10 . Bibliografía:

Abascal, L., 1999. Lineamiento El Brete: Conjunto de estructuras Oblicuas en el Extremo Sur de la Cordillera Oriental. XIV Congreso Geológico Argentino. Tomo I Relatorio. Salta.

AGAS, Estudios, Proyectos y Supervisión de Obras de aprovechamiento Hidráulico e Hidroeléctrico de los ríos Ityuro (Caraparí) – Conchas – Metán - Yatasto – Cañas – Rosario (Horcones), Informe final SANINDTEC. Buenos Aires. 1.950

Albornoz, S.D.G, 2.001; Características Hidrogeológicas de Metán y alrededores – Dpto. Metán, Provincia de Salta. Seminario. Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán.

Amengual, R., 1976. Geología de la comarca ubicada al nor-noroeste de la localidad de Metán, Provincia de Salta, República Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba.

Argañaraz, P., 1974. Perfil geológico de la quebrada de Cañizares. Extremo norte de la sierra de La Candelaria. Departamento La Candelaria, Salta. Unas. Departamento de Ciencias Naturales. Seminario I. Inédito.

Arias, E. A., Chávez, A., y Moreno Espelta C., 1986. Distribución de actividades hidrotermales de las provincias de Jujuy y Salta, República Argentina. INECO – CIUNSa, Publicación especial.

Baldis, B., Gorroño, R., Ploskiewics, V., y Sarudiansky, R., 1976. Geotectónica de la Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y comarcas adyacentes. VI Congreso Geológico Argentino, actas I: 3 – 22. Bahía Blanca.

Bianchi, A. R., y Arias, M., 1996. Estadísticas climatológicas de la Provincia de Salta. Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Salta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación –Experimental Agropecuaria Salta.

Bianchi, A. R., y Yañez C. E., 1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino, (segunda edición). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria Salta.

Bonafede, D. R., 1990. Perfil Geológico entre la Quebrada las Conchas y el río Horcones. Salta. Latitud 25°55'. Tesis profesional. Universidad Nacional de Salta. Salta.

Bercheñi, V. A., 2003. Hidrogeología en la ciudad de Rosario de la Frontera y su relación con la cuenca del río Rosario. Provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales. Salta.

Bossi, G. E., 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del valle de Choromoro. Acta Geológica Lilloana 10: 17 – 64. Tucumán.

Carvajal, E., 1974. Estratigrafía de la quebrada de Cueva del Negro, flanco noroccidental de la Sierra de La Candelaria, departamento Rosario de la Frontera, Salta. Seminario I. Universidad Nacional de Salta.

Consejo Federal de Inversiones. Estudio de Identificación y Evaluación de Fuentes de Agua El Naranja – El Porvenir – Santa María, para el Programa de Pequeñas Comunidades. Dpto. Rosario de la Frontera. Salta, 1999.

Fuertes, A., García, R., Baudino, G., y Moya, F. 1986. Estudio Hidrogeológico de la Vertientes ubicadas al Sudeste de Rosario de la Frontera. Proyecto CUHINOA. UNSa, Facultad de Ciencias Naturales.

Galli, C. I., 1995; Estratigrafía y Sedimentología del Subgrupo Metán (Grupo Orán, Terciario), Provincia de Salta. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Salta. Salta.

Márquez G. M., 1998. Emprendimiento Complejo Termal Rosario de la Frontera. Moreno Espelta, C., Viramonte, J y Arias, J. E., 1975. Geología del área termal de Rosario de la Frontera y sus posibilidades geotermicas. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires, Actas, IV, 543-558.

Nadir A. y Chafatinos, T., 1990-1995. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomos I, II y III. Universidad Nacional de Salta. Publicación especial. Salta, Argentina.

Pesce, A., 1999. Geotermia. XIV Congreso Geológico Argentino. Tomo II Relatorio. Salta.

Ramos, V., 1999. Las Provincias Geológicas del territorio Argentino. En: Geología Argentina. Editor R. Caminos. Anales 29 (3): 41-96. Buenos Aires.

Rassmuss, J., 1920. Observaciones Geológicas en Salta, Las termas de Rosario de la Frontera. Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Publicación N 13. Buenos Aires.

Sayazo, J. M., Neder, L. y Puchulu, M. E., 1998. Suelos. Publicación Especial del Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán: 275-284. M.

Gianfrancisco, M. E. Puchulu, J. Durango de Cabrera y J.F. Acenoloza (Eds.). Seggiario, R., Aguilera, N., Ferretti, J. y Gallardo, E., 1997. Estructura del Área Geotérmica de Rosario de la Frontera. VIII Congreso Geológico Chileno. Tomo 1: 390. Chile.

FUENTES CONSULTADAS DE ANÁLISIS DE MERCADO DEL AGUA EMBOTELLADA:

Aguas Danone de Argentina S.A. - Eco de los Andes S.A. - Coca Cola de Argentina S.A. - INDEC - Diario Clarín - Revista Bebiendo, N° 93, 2001.- "Aguas Minerales: mercado en constante movimiento" – FERRIER, Catherine: Bottled Water: Understanding a Social Phenomenon. - <http://www.wateryear2003.org> – Revista Fortuna N° 85, 2005.