

IMPORTANCIA DEL APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL GEOTERMICO DEL NOROESTE DE SAN JUAN

Mgter Silvia Beatriz Sánchez
Instituto de Geografía Aplicada y Departamento de Geografía – FFHA - UNSJ
silvia_bsanchez@hotmail.com

RESUMEN

Esta ponencia tiene como propósito realizar un análisis respecto a la importancia del aprovechamiento del potencial geotérmico que presenta nuestra provincia, realizando previamente un estudio somero referido al marco geológico estructural del Noroeste sanjuanino, incluyendo el aspecto vulcanológico y la oferta geotérmica posible de inferir en determinados ambientes provinciales.

Por lo expuesto, es necesario considerar una serie de conceptos previos tales como: alta, media y baja entalpía: a) Se considera que un campo geotérmico presenta una alta temperatura o entalpía, en aquellas zonas activas de la corteza terrestre en que los fluidos y vapores se presentan a temperaturas que oscilan entre los 150 y los 400°C; b) Aquellos campos geotérmicos de media temperatura se ubican en aquellas zonas en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas que oscilan entre los 70 y los 150°C; c) Por último, los campos geotérmicos de baja temperatura o entalpía se encuentran en donde los vapores y fluidos están a una temperatura entre 60 y 80°C. que permiten definir ambientes en condiciones de ser aprovechadas para la generación geotérmica o usos alternativos de esta energía renovable no convencional.

De esta clasificación se obtienen campos geotérmicos cuya utilización final es la generación de energía. Al mismo tiempo, fue necesario para la elaboración de este trabajo realizar un análisis geológico en aquellos elementos necesarios para una apropiada interpretación de los rasgos tectónicos que afectan al ámbito interesado por las “*vertientes mineralizada frías*” y “*termo mineralizadas*” que afloran en el Noroeste de la Provincia de San Juan, del mismo modo que en el conocimiento de los “*procesos vulcanológicos*”, más precisamente en el campo termal Los Despoblados cuya consideración resulta indispensable a la hora de avanzar en la evaluación geotérmica del área, tan importante al considerar el déficit energético que afecta la provincia de San Juan.

Palabras claves: tectogénesis, procesos vulcanológicos, vertientes, campos geotérmicos.

IMPORTANCE OF THE POTENTIAL GEOTHERMAL USE

IN NORTHWEST SAN JUAN
Axis 3 . Applied Physical Geography

ABSTRACT

This paper aims to carry out an analysis of the importance of the use of geothermal potential that our province has. We previously conducted a brief study based on the structural geological setting west of San Juan , including the volcanological aspect and geothermal offer possible of inferring in certain local environments.

For these reasons, it is necessary to consider a number of background concepts such as: high, medium and low enthalpy : a) It is considered that a geothermal field has a high temperature or enthalpy , in those active areas of the earth's crust in which fluids and vapors are presented at temperatures ranging between 150 and 400 ° C , b) those geothermal fields of mean temperature are located in areas where fluids from aquifers are at temperatures ranging between 70 and 150 ° C; c) Finally , the low temperature or enthalpy geothermal fields are where vapors and fluids are at a temperature between 60 and 80 ° C. These concepts are useful to define environments able to be harnessed for geothermal or alternative uses of this non-conventional renewable energy.

Out of this classification, geothermal fields were obtained, their ultimate use is the generation of energy. At the same time , it was necessary for the preparation of this paper to make a geological analysis on those elements necessary for proper interpretation of tectonic features affecting the area concerned by the "cold mineralized " and " thermo mineralized " springs that arise in the Northwest of San Juan Province, as well as as knowledge of the " volcano processes " , more precisely in the thermal field Los Despoblados whose consideration is essential when evaluating progress in geothermal areas , so important when considering energy deficit affecting San Juan.

Keywords: tectogenesis , volcanological processes , springs , geothermal fields

INTRODUCCION

Desde el punto de vista regional corresponde destacar que la Cordillera Frontal –en la latitud del Noroeste de San Juan- se dispone en un marco tectónico de particulares características que junto a las unidades morfoestructurales de Precordillera y Sierras Pampeanas aparece inserta en un segmento de subducción activo de bajo ángulo sobre el margen pacífico de la placa sudamericana.



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Cabe señalar que, a partir del Cenozoico Superior, este desenvolvimiento conduce a definir un régimen de alta compresión el cual puede llegar a ser aplicado razonablemente en función del bajo ángulo de la llamada “Zona de Benioff”. En efecto, al margen de la alta compresión –propio de un ámbito caracterizado por enfrentamiento de proporciones que involucran sendas placas de la litósfera (Nazca y Sudamericana) es preciso recordar que la baja inclinación de la Zona de Benioff conduce a brindar una respuesta aceptable a la inexistencia de vulcanismo en el Cenozoico superior y reciente. De hecho al Norte de los 28° como al Sur de los 33° de latitud, puede advertirse un intenso vulcanismo cenozoico que continua activo hasta nuestros días donde los estudios practicados permiten establecer que la “Zona de Benioff” acusa un ángulo del orden de los 30°, circunstancia que favorece la interacción de la astenósfera en la región orogénica al controlar el desarrollo de un frente volcánico y, por ende, de un vulcanismo activo.

Bajo este enfoque la prospección del “potencial geotérmico en el Noroeste de San Juan evidenciaría algunas limitaciones o, en otros términos, implicaría involucrarse en un ambiente con marcados condicionamientos, tal la inexistencia de un “vulcanismo activo” o la inviabilidad de localizar en el área una cámara magmática de dimensiones relevantes”, ya que la actividad volcánica en esta región habría comenzado a declinar a partir del Mioceno para extinguirse hacia fines del Plioceno. Aun así las perspectivas respecto de la existencia de un recurso geotérmico de alta entalpía en el área no decaen frente a realidades como el campo termal Los Despoblados, cuya continuidad -a partir de las dataciones absolutas (14°C) practicadas- supera los 11.000 años, o el número significativo de vertientes termomineralizadas distribuidas en un amplio radio, cuya génesis y alcances ameritan el pertinente estudio respecto de su verdadero potencial y destino.

LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

Fue Groeber quien asignó al Choillolitense una edad supratriásica a partir de la correlación con formaciones similares existentes en Chile de indudable edad Triásica superior. Por el contrario los granitos para este autor son más antiguos, criterio no compartido por otros especialistas que afirman lo contrario. Al respecto, tras el reconocimiento del área pudo establecerse que, en determinados ambientes, el plutonismo varísico intruye las vulcanitas porfíricas mientras que en otros éstas atraviesan a las plutonitas, con sus fases hipabisales riolíticas.

Los análisis geocronológicos practicados tanto en vulcanitas como en plutonitas, arrojan edades que van desde los 275 +/- m.a hasta los 202 +/- 10 m.a. confirmando el criterio de una mayor antigüedad que abarcan un espacio temporal que se extiende desde el Pérmico al Triásico superior. Luego de un prolongado hiatus que abarca parte del Triásico, Jurásico y Cretácico, el Neógeno aflora en la zona de nuestro interés específico como una potente serie de rocas volcánicas, piroclásticas y sedimentarias apoyadas en marcada discordancia sobre la superficie erosionada tanto de las sedimentitas carbónicas como de la Asociación Vulcano Plutónica Varísica.

En el mapa geológico del sector central del Valle del Cura (Figura 2) estas secuencias llegaron a ser reconocidas distintas unidades entre ellas:

- ✓ **Formación Barrancosa:** adosada al borde oriental del Valle del Cura como parte de una potente serie sedimentaria, en la que se advierte la presencia de areniscas y conglomerados verdes y rojizos.
- ✓ **Serie de las Tobas Multicolores:** aflora a lo largo del río Blanco (sector Los Bañitos) presentando una típica sucesión de tobas cineríticas y tufitas de colores rojos, amarillos, verdes y grises.
- ✓ **Formación La Ollita:** aparece dispuesta discordantemente sobre el Carbónico en la vertiente oriental del Valle del Cura, hacia el Norte del río homónimo en la confluencia con el río de Las Taguas. Esta Formación se caracteriza por la presencia de materiales evaporíticos y por sus colores amarillentos y grisáceos.
- ✓ **Serie Volcánica:** estas acumulaciones se extienden hacia el Oeste como espesores crecientes, alcanzando grandes espesores en el territorio trasandino (Chile). Es una monótona secuencia de ignimbritas de tonalidades claras (pardo rojizo claro), pudiéndose observar diferentes unidades de enfriamiento con espectacular disyunción columnar. Hacia las cabeceras, en coincidencia con la divisoria de aguas, se erige la imponente caldera del volcán Tórtolas.
- ✓ **Formación de las Tobas (brechas y conglomerados):** conforma una gran sucesión de rocas volcánicas, de la que participan potentes series volcanogénicas constituidas por ignimbritas dacíticas y riódacíticas intercaladas con basaltos, tobas y vitrófiros riódacíticos.

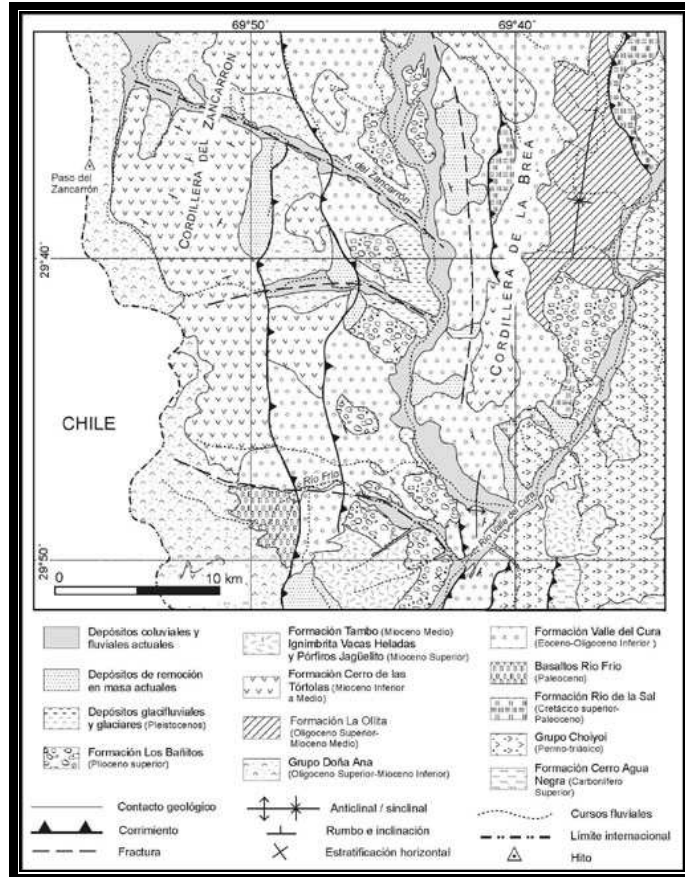


Figura 2. Mapa geológico

CONSIDERACIONES PETROGRÁFICAS

Desde el punto de vista petrográfico/petroológico el análisis de las secuencias volcánicas observadas durante el reconocimiento del Noroeste de la Provincia de San Juan viene a resultar una herramienta útil que, sumada al aporte de otras disciplinas, podrá conducir a la selección de aquellos ambientes en los que resulte viable establecer la existencia de eventuales condiciones propicias para albergar una anomalía térmica superficial (potencialmente generadora de fluidos de alta entalpía).

En lo atinente a las asociaciones volcánicas el estudio estuvo orientado al reconocimiento de las rocas existentes e, indirectamente, a la posible localización de mecanismos de diferenciación litológica. Todo esto como parte de un intento por localizar una cámara magmática superficial con largos períodos de residencia del magma. De este modo estarían dadas las condiciones para que se verifique una anomalía térmica en las rocas circundantes lo suficientemente amplia y persistente en el tiempo, de manera que resulte útil en su desenvolvimiento como fuente de calor dentro de un sistema geotérmico. Al respecto secuencias monótonas de rocas volcánicas sin mayores variaciones de composición -espaciadas en el tiempo aunque asociadas en el espacio-pueden ser signos periódicas aperturas de fracturas abisales en situación de conectar cámaras magmáticas profundas.

En la Figura 3 se observa el mapa de la geología sólida del sector central del Valle del Cura donde se indican las unidades litomagnéticas, las estructuras y los cuerpos eruptivos interpretados (CEZ: Centro eruptivo Zancarrón, CEB: Centro eruptivo de la Brea).

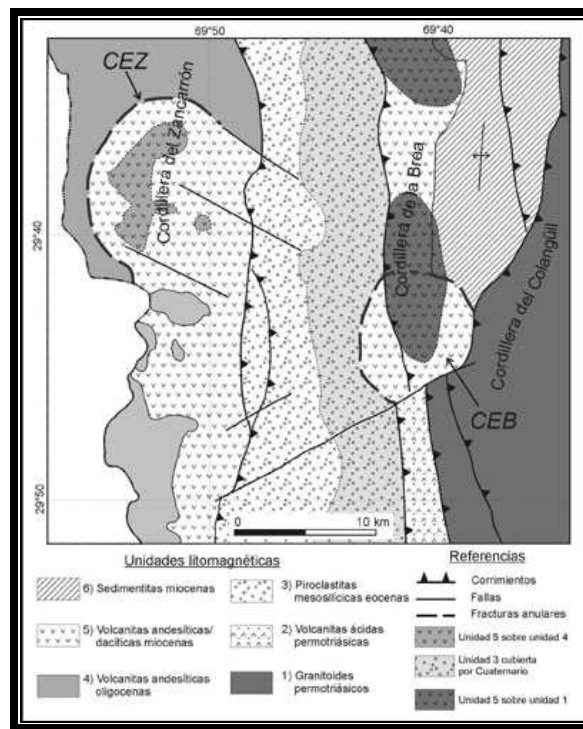


Figura 3. Mapa de la geología sólida

A través de estas estructuras se derraman lavas en rápida secuencia, procesos efusivos de los cuales no quedan rastros de actividad hasta el arribo de otro episodio o pulso tectomagmático con capacidad como para reiterar la apertura y conexión de los afloramientos superficiales con la pertinente fuente de calor. Este tipo de fenómenos -que resultan comunes en diversas áreas del planeta- por lo general no promueven anomalías térmicas superficiales en calidad y cantidad para comportarse como fuente de energía apropiada con destino al funcionamiento de un sistema como el mencionado.

La explicación de este desenvolvimiento estriba en que el aludido mecanismo de erupción no necesita ni requiere cámaras magmáticas someras ni tiempo de residencia del magma en ellas, toda vez que la apertura de una vía adecuada que interese niveles corticales profundos habrá de permitir la efusión de magmas parentales básicos. No obstante cabe aclarar que aunque carecen de alta temperatura absoluta -por el volumen y rapidez de extrusión- están en condiciones de definir una anomalía térmica persistente, consecuencia directa del calentamiento de las rocas de caja a través de las cuales circula. De allí que, desaparecidas las causas que hicieron posible la apertura de las vías de escape, la efusión de material magmático finaliza hasta que se produzcan nuevos eventos posibilitando la reiteración del fenómeno.

Por el contrario, la presencia de asociaciones de rocas que permitan detectar secuencias magmáticas -producto de un proceso de diferenciación del magma parental- demanda condiciones diferentes a las apuntadas más arriba. Así en la Figura 4 se observa el esquema de la extensión hacia el antepaís de los arcos volcánicos desde el Cretácico Superior al Mioceno Superior entre las latitudes 28° y 32° de los Andes Centrales. Las líneas de puntos representan la extensión lateral de los arcos volcánicos. El área del recuadro incluye a la faja del Indio (en Chile) y al Valle del Cura (en Argentina). Se indican los centros eruptivos Cerro Doña Ana, los volcanes Cerro de las Tórtolas y de la Vaca Heladas y los nuevos centros de emisión Cordillera del Zancarrón y de la Brea. Como referencia se indica la localización de Veladero (V).

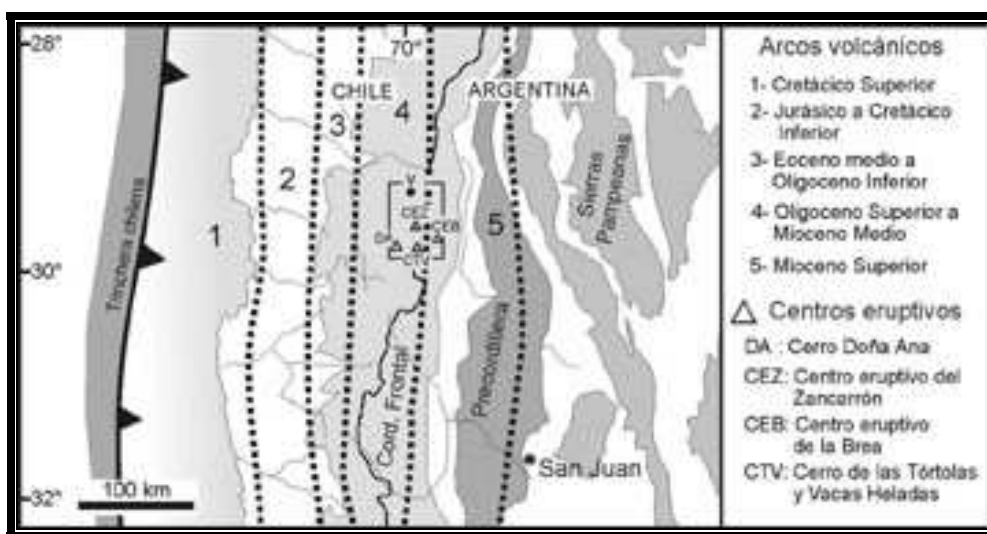


Figura 4. Esquema que indica la extensión lateral de los arcos volcánicos y los nuevos centros de emisión

En efecto, la aparición en un área dada de rocas consanguíneas bien diferenciadas, tanto en el espacio como en el tiempo y a su vez relacionadas a ciclos magmatológicos bien definidos evidencia un mecanismo que requiere de una cámara magmática somera, con largos períodos de residencia como para que el proceso de diferenciación magmática pueda materializarse. Si a tales fenómenos sumamos la cuantificación volumétrica de los productos emitidos y la posible determinación de la edad de éstos, podríamos estar en condiciones de presumir al menos la existencia en una región dada de las condiciones básicas para la determinación de una anomalía térmica superficial y poseer los elementos para conocer su posible efectividad, tanto en magnitud como en lo que atañe a su persistencia en el tiempo. Por otra parte el análisis petrográfico, químico e isotópico de las rocas puede facilitar el reconocimiento de la existencia de fenómenos anatécicos, paligénicos, etcétera.

Estos procesos, que resultan mecanismos iniciales en la generación del magma, generalmente tienen lugar en niveles altos de la corteza donde ocasionalmente se verifica una refusión parcial de los materiales. La detección de este tipo de fenómenos resulta importante toda vez que tienen lugar en niveles corticales poco profundos pudiendo constituir importantes anomalías térmicas superficiales. Lo expuesto anteriormente de una manera muy general, en la práctica exhibe múltiples facetas que

el vulcanólogo deberá evaluar y definir en cada caso particular para conocer las verdaderas condiciones del sistema, su significación y relevancia a los fines perseguidos.

TECNICAS APLICADAS

A los fines de establecer la naturaleza y posibles secuencias diferenciadas en el noroeste de San Juan, fueron aplicados criterios de campo complementados con metodologías analíticas de laboratorio apropiadas para la consecución de los resultados requeridos. En ese sentido el reconocimiento de campo estuvo orientado, preferentemente, a detectar en cada área seleccionada:

- ✓ La presencia de centros efusivos procediendo a evaluar tipología, magnitud, evolución y
- ✓ La posición estructural de tales centros.
- ✓ El levantamiento de los perfiles litoestratigráfico con el propósito de definir la secuencia, tipo y naturaleza de los fenómenos acaecidos.
- ✓ La estimación del volumen de rocas volcánicas asociadas a los centros de emisión.
- ✓ La determinación de los mecanismos de erupción a través del tipo de rocas producto de dicha actividad.
- ✓ La colección de muestras representativas para su posterior análisis, clasificación y datación.

A todas las muestras recogidas en campaña les fue practicado el pertinente corte delgado para su descripción petrográfica. Esto permitió disponer de un primer panorama general acerca de la naturaleza, tipo y textura de las rocas existentes, grado de alteración y posible secuencia de las mismas como así también seleccionar aquellas destinadas ulteriormente al análisis químico y/o radiométrico. En relación con el análisis químico fueron empleadas técnicas apropiadas para conocer su composición en óxidos (% en peso) en cuanto a sus macroelementos y ocasionalmente detectar algunos oligoelementos de interés. La datación radiométrica a través del método Ar-K permitió establecer la edad absoluta de determinadas rocas.

Los datos aportados por los análisis químicos y petrográficos fueron procesados acorde con la metodología propuesta por Rittman y Gottini en tanto que para la clasificación de las rocas fue seguido el criterio de Streckeisen y las publicaciones periódicas de la Subcomisión de sistemáticas de Rocas Igneas de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Sobre la base de la propuesta de Rittman se procedió al cálculo normativo de la composición mineral teórica de las rocas partiendo de su análisis químico, haciendo uso de la denominada norma de Rittman (en % en volumen) la que presenta una serie de ventajas respecto de otras sugeridas (tales como la *CIPW* o la norma molecular de Nigli), de modo especial el hecho de que esta norma permite el cálculo de la asociación de minerales estables de una roca, lo que sirve a los siguientes propósitos:

- ✓ Permite fijar la posición particular de la roca en un esquema cuantitativo de clasificación y así poder definir el nombre correcto de la roca.
- ✓ Clasificar rocas vítreas de alto contenido de vidrio o matrices indeterminables bajo el microscopio petrográfico.
- ✓ Posibilitar la comparación entre la composición teórica de minerales estables (norma) y la composición mineral real de la roca (modo) para de esta manera, poder detectar posibles desequilibrios existentes que reflejen o suministren información acerca del origen y la historia de cristalización de la roca.

- ✓ En el caso de rocas volcánicas, la determinación de fenocristales de posible origen intratelúrico como resultado del cálculo normativo, puede ser explicada por la presencia de facies mixtas, brindando de esta manera una respuesta lógica a las diferencias entre norma y modo.
- ✓ Facilitar la determinación del oxígeno en el magma y estimar la oxidación secundaria en éste o bien de las rocas volcánicas.
- ✓ Analizar con buena precisión las posibles secuencias de diferenciación magmática, como así también la determinación de su tipología, serie a la que pertenece, etcétera.

Por otra parte, la aplicación de la composición normativa de las rocas en los diagramas de clasificación propuestos por Streckeisen y la Subcomisión de Sistemática de Rocas Igneas, basadas en análisis disponibles en todo el mundo (más de 20.000), brindan la oportunidad de realizar una adecuada clasificación y, no obstante apartarse de la denominación en uso por la generalidad de los geólogos, produce un efecto corrector y unificador al colocar una base lógica y firme para terminar con la anarquía terminológica en este tema, que a la postre conlleva la anarquía conceptual.

La utilización en estas clasificaciones del doble triángulo de Johansen (QAPF) el que mediante la unión de dos triángulos equiláteros permite representar en un solo dibujo el conjunto de minerales leucocráticos haciendo fácil su representación y visualización gráfica, como así también la detección de secuencias en la diferenciación de series de rocas. Por último la aplicación de los índices de Gottini y de Rittman en los gráficos adecuados facilita la caracterización de series, tipo y grado de diferenciación de las rocas investigadas en el área.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO QUIMICO, PETROGRAFICO Y GEOCRONOLOGICO

El control de campo en los ambientes considerados ha permitido establecer con la sola excepción del Valle del Cura, de modo especial el entorno del Volcán Tórtolas, que no se advierten estructuras volcánicas de magnitud ni significación desde el punto de vista geotérmico (alta entalpía). Del mismo modo las rocas allí presentes, tanto por su ubicación cronoestratigráfica como morfológica, no presentan actividad volcánica de una edad adecuada para la concreción y mantenimiento de una anomalía térmica subsuperficial.

El examen de los perfiles geológicos permite establecer que, a partir de la gran discordancia que separa las formaciones de zócalo representadas por el Carbónico y las rocas de la Asociación Magmática Varísica (batolitos de la Cordillera Frontal y Formación Choiyoi) se presentan una serie de rocas volcánicas cuya edad de base determinada de 31 ± 3 millones de años estaría representando posiblemente una cierta actividad magmática efusiva como respondiendo a la distensión posterior a la Fase Diastrófica Incaica II. Este dato radiométrico aparece como elevado, ya que las edades promedio de los Andes Centrales muestran valores sustantivamente menores para el inicio de la actividad volcánica del Neógeno (12-15 millones de años), la que fundamentalmente está relacionada con la etapa distensiva producida a posteriori de la Fase Diastrófica Pehuenche (Quechica I), bien detectada a lo largo de todo el ámbito de los Andes Centrales. La similitud de los productos volcánicos en los perfiles considerados resultan perfectamente correlacionables con la Formación Riolítica de Bruggen bien definida a lo largo del ámbito andino por los trabajos de Pichler y Zeil lo que estaría apuntando a que las rocas ignimbríticas, riódacíticas y dacíticas de la base de los perfiles de Macho Muerto, Olivares y Valle del Cura, deberían arrojar edades más modernas que las hasta ahora determinadas.

Observando los gráficos de distribución de composición normativa de las rocas, proyectados en el doble triángulo de Streckeisen, puede observarse la absoluta correlación de similares valores con los análisis disponibles de los Andes Centrales. Del mismo modo, la posición litoestratigráfica de estas rocas resulta similar a la correspondiente a la Formación Riolítica, que sirve de “base” al asentamiento de la Formación Andesítica de Zeil, la cual, en líneas generales, conforman los grandes estratovolcanes en esta porción de los Andes. Similar situación se desprende del estudio efectuado, ya que no sólo la posición estratigráfica de las rocas volcánicas más básicas es similar a la postulada por Zeil, sino que al considerar su composición se proyectan en idéntica sucesión a las estudiadas por este autor Tomando en su conjunto las rocas volcánicas aflorantes en el Noroeste de San Juan puede intentarse el trazado de una secuencia válida de diferenciación de los productos emitidos para establecer si los mismos presentan la consistencia necesaria

CONCLUSIONES

La zona del volcán Tórtolas, situada más al Norte en las cabeceras del Valle del Cura, que sigue en líneas generales una importante megatrayectoria de rumbo submeridional, presenta caracteres litológicos en su perfil similares a los anteriormente descriptos, sólo que aquí puede identificarse con precisión el centro de emisión de las vulcanitas modernas.

Tanto la actividad volcánica reciente, como el volumen del material emitido, permiten estimar en dicha área “una importante actividad magmática en tiempos relativamente modernos, la que conectada a su posición estructural y sus características químico petrográficas, la presentan como atractiva desde el punto de vista geotérmico”.

Si observamos el comportamiento de las rocas analizadas en este ambiente se puede visualizar fácilmente que existe una muy buena correlación entre sus niveles ácidos de base y sus términos más básicos ubicados más arriba en la columna constituyente del aparato volcánico. Evidentemente, a partir de los pocos análisis disponibles no parecería lícito visualizar una diferenciación, pero si enmarcamos a los mismos dentro del conjunto y a su vez los consideramos a la luz de los estudios regionales, tal diferenciación parecería posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chuvieco Salinero, E. (2010): *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona, Ariel.
- Limarino.-C.O.,Gutierrez,P.R.,Malizia: ,D.,Barreda,V.,Linares,E.,1999.Edad de las secuencias paleógenas y neógenas de las Cordilleras de la Brea y Zancarrón , Valle del Cura ,San Juan. Revista de la Asociación Geológica Argentina 54 (2),177-181.
- Pesce,A.,Miranda,F.,2003.Catálogo de manifestaciones termalesde la República Argentina Eds.Servicio Geológico Minero,165 p.
- Winacur...,D.,2010. Geología y estructura del Valle del Cura y el sector central del Norte Chico , provincia de San Juan y cuarta Región de Coquimbo, Argentina y Chile. Tesis Doctoral .U.B.A
- Ramos,V A.,R,Page,S M.Kay, O-Lapido y D,L De'pino,1987. Geología de la Región del Volcán Tórtolas, Valle del Cura, Provincia de San Juan. Actas del 10º Congreso Geológico Arg.(4):260-263-Tucumán.