

posibilidades teóricas sobre la localización de yacimientos de azufre en el yeso principal provincia de neuquén



1957

por el Dr. EDUARDO HOLMBERG,

2º Jefe de Carta Geológica del
Sº Geológico de la D. N. G. M.

AZUFRE EN RELACION CON DOMOS DE SAL

En Estados Unidos de Norteamérica, la principal fuente de azufre se encuentra relacionada con domos de sal, concentrados principalmente en los estados de Texas y Luisiana.

En general estos domos de sal no se acusan en superficie; varía de espesor la cubierta de sedimentos modernos que los cubre por lo cual han sido detectados, en su mayor parte, por métodos geofísicos.

Son de contorno elíptico o circular, provocados por el ascenso plástico-perforante ("intrusivo" sin plegamiento) desde niveles inferiores de masas columnares de sal (ClNa), acompañados por sombreros de anhidrita (SO₄Ca) y yeso (SO₄Ca, 2H₂O), calcáreos y calizas (CO₃Ca). Se presume que tanto la caliza como el yeso, son productos de alteración de la anhidrita.

Bateman (1942) consigna que únicamente en once de los 300 domos conocidos de Texas y Luisiana, han sido encontrados depósitos comerciales de azufre que se explotan por el método de Frasch.

Los domos petrolíferos no han sido productores de azufre, mientras los que lo fueron, no contenían petróleo pero sí cantidades variables de otros minerales de carácter termal (epi-hidrotermales) como baritina, celestina, galena, estroncianita, piritita y otros.

En muchos casos los yacimientos de azufre han sido denunciados por fuentes de agua azufrada o pozos de estas condiciones, como sucedió en el Boiling Dome, ubicado 26 km al SE de Wahrton Country, Texas.

Este domo, uno de los de mayor producción, tiene forma oval con longitud de 8 km de E a W y 4,8 km de N a S.

El tope de la roca del sombrero se encuentra a una profundidad mínima de 122 m y el de la sal a 290 m.

Geología

Las rocas atravesadas por los domos de sal corresponden al Terciario que forma la cubierta de sedimentos cretácicos y jurásicos. Es en el sombrero de los domos donde generalmente se encuentra el azufre, pero no faltan acumulaciones en los flancos.

En el Boiling Dome, el perfil del sombrero en orden descendente, es decir, de arriba abajo, es el siguiente: caliza cristalina, porosa y cavernosa, conteniendo azufre, yeso y anhidrita. La anhidrita descansa sobre la sal. Perfil semejante se ha determinado en el domo de sal de Hoskind Mound.

La caliza del Boiling Dome, en cuyas cavernas se encuentra el azufre, varía en espesor desde bancos delgados hasta 61 m. El área sulfurífera cubre más de 486 Ha en la pendiente este y sur del domo y tiene forma de media luna.

Proporción y cubricaje

Llega en proporción desde trazas hasta el 50 % y el total calculado sobrepasa los 40.000.000 de toneladas.

Mineralización

El azufre está distribuido dentro de la caliza en forma irregular, y aunque las rocas del "sombrero" están constituidas principalmente por calizas, calcáreos y yeso, se han determinado además considerables cantidades de baritina, celestina y piritita.

En este mismo domo y en otros, se ha encontrado también: galena, esfalerita (blenda) y estroncianita; aún más raramente, sulfuros de manganeso, aragonita y trazas de minerales de cobre.

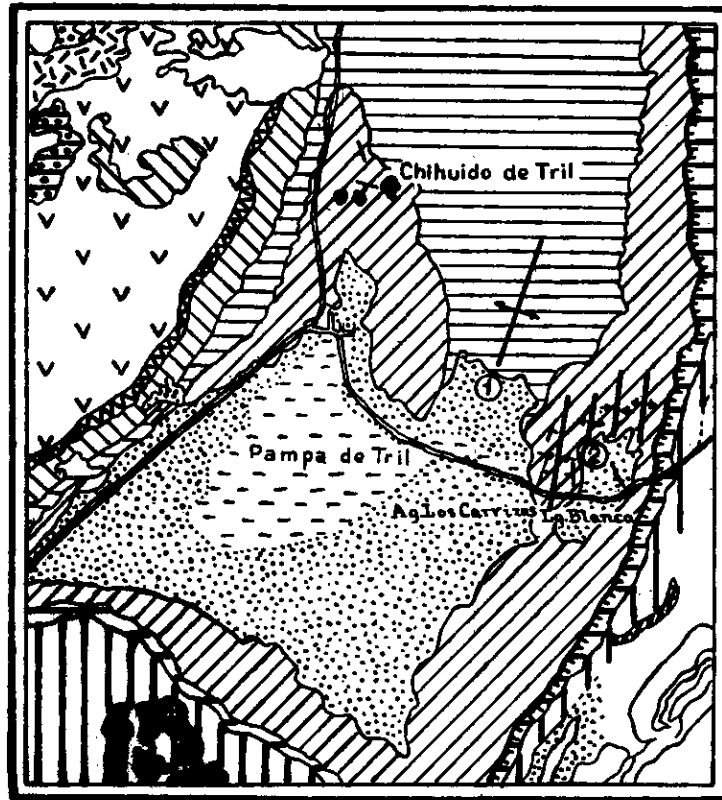
El sulfato de calcio en el Boiling Dome se presenta en general como anhidrita, pero también como selenita y alabastro, aunque en mucha menor proporción.

Conclusiones

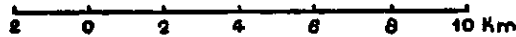
Por lo que antecede en el ejemplo citado y en otros domos del sur-centro de U.S.A., la presencia del azufre no está ligada a la presencia de sal, sino a la del yeso que le acompaña y a su descomposición (reducción), por vapor de origen hidrotermal, como lo denuncian los minerales enumerados, y que normalmente son de ese origen.

Hoja 32C "Buta Ranquil"

Sector Chihuido de Tril



Éscala 1:200000



- | | | | |
|-----------|-------------|-------------------------------|--|
| CUARTARIO | Holoceno | | Limos y arenas eólicas actuales |
| | Pleistoceno | | Chapualitense superior. Basalto IV |
| | | | Pia de Monte II (?). Conglomerados y areniscas |
| | | | Chapualitense inferior. Basalto III |
| Terciario | | Plioceno superior (?) | Andesita hornblendífera |
| | | Huitriniano superior | Limos yesíferos |
| | | Huitriniano inferior | |
| | | Hauteriviense | |
| | | Valanginiano | |
| | | Titoniano Berriasiano | |
| | | Kimmeridgiano superior | areniscas |
| | | Kimmeridgiano inferior | Yeso Principal |
| | | Dogger (incluyendo Caloviano) | Calcáreo y areniscas azules.
Conglomerados coralíferos. |
| | JURASICO | | Rumbo y pendiente de los estratos |
| | | Anticlinales y sinclinales | |
| | | Perforaciones recomendadas | |

POSIBILIDADES TEORICAS DE LA EXISTENCIA
DE YACIMIENTOS DE AZUFRE EN ARGENTINA
RELACIONADOS CON EL YESO PRINCIPAL

Como en la Argentina hasta el momento se desconoce la existencia de domos de sal que reúnan estas condiciones, en la proyección de estas investigaciones a nuestro país, se desprende, por lo que antecede, que los terrenos más favorables para la búsqueda de posibles yacimientos importantes de azufre, son los constituidos por anhidrita, yeso y sus productos de descomposición: calizas y calcáreos a los que se unan fenómenos de hidrotermalismo, sin que por otra parte puedan descartarse los derivados de la actividad volcánica (Geysers; fases póstumas de vulcanismo, fumarolas, etc.) que han dado origen a yacimientos importantes en otros países.

Estas condiciones geológicas se cumplen en la región abarcada por el geosinclinal mesozoico cuyas rocas se encuentran en casi la totalidad del Neuquén y sur de Mendoza. Nos referimos al Yeso Principal (Aquilcoense) del Jurásico y más exactamente Malm Inferior, que en algunos lugares se observa en superficie, mientras en otros se encuentra cubierto por terrenos más modernos. Un argumento favorable más, es que esta misma región ha sido afectada por distintas intrusiones y vulcanismo, necesario para la descomposición de estas rocas y minerales.

Las estructuras presentes ciertamente no responden a la de pliegues diapíricos o al de típicos domos (sin plegamiento), pero sin embargo la plasticidad del yeso ha permitido su acumulación y elevación columnar ante las fuerzas tectónicas dando origen en muchos lugares a pliegues "en cofre" (box anticlinal) con techo casi horizontal y alas de gran pendiente que en muchos casos han sido cortados por fallas como en la Vaca Muerta, o sea el pliegue de tipo Churriaca.

Si la débil acción meteórica con aporte de CO_2 y H.OH atmosféricos es capaz de producir en superficie la alteración de la anhidrita del Yeso Principal en yeso (SO_4Ca , $2\text{H}_2\text{O}$) y caliche (CO_3Ca) con probable desprendimiento de SO_2 y H_2S , como hemos observado en el campo de las Hojas 32b y 32c, en profundidad bajo mayor temperatura y presión, proporcionadas por el confinamiento intratélúrico y la acción del hidrotermalismo volcánico, es posible prever una mayor descomposición que llegue a producir azufre libre.

Refiriéndonos únicamente a la anhidrita, la cadena de reacciones posibles puede expresarse con las fórmulas siguientes: $\text{SO}_4\text{Ca} + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H.OH} + \text{Calor y Presión} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 + \text{SO}_4\text{Ca}$, $2\text{H}_2\text{O} + (\text{CO}_3\text{Ca} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) + \text{S}$
 $(\text{CO}_3\text{H})_2 \text{Ca}$

La presencia del CO_2 , H_2O y CO en las emanaciones volcánicas, no es una novedad, ya que numerosas experiencias de volcanólogos las han registrado; por no citar otros, nos referiremos únicamente al trabajo de Day Shepherd (1912) el cual indica que los gases desprendidos del lago lávico del Halemaumau en el Kilahuea (Hawai) contenían abundante proporción

de N , H_2O , CO_2 , CO , H y S . Como corresponde también a magmas basálticos creo posible la generalización a la región a que hacemos referencia, en donde abundan los volcanes basálticos.

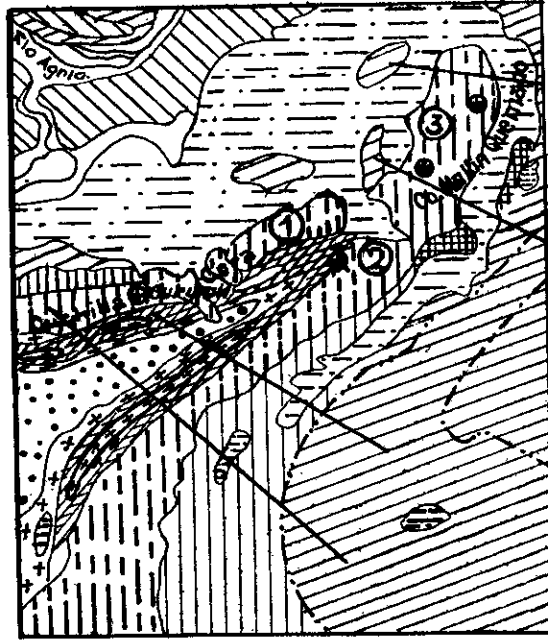
Debemos hacer notar que la instalación de los volcanes cuaternarios es posterior en algunos lugares, al proceso erosivo que puso al descubierto el núcleo de anticlinales y al Yeso Principal en el sur de Mendoza y norte de Neuquén, región de la que nos ocupamos especialmente. Sin embargo, no puede descartarse que posibles yacimientos se localicen en los flancos de aquéllos, o bien originados por intrusiones sintectónicas, tengan posiciones variables.

En las hojas que hemos relevado que cubren una apreciable superficie del sur-centro de Mendoza y norte-centro de Neuquén, es decir, Hojas 32c "Buta Ranquil", 32d "Chachahuen" y 33d "Auca Mahuida", las fuentes de agua donde se deposita azufre coloidal son abundantes, aunque de diversa importancia. Describiremos las características generales de algunas de ellas como información, aunque sólo recomendamos perforaciones en la región de Pampa Tril (Hoja 32c "Buta Ranquil") y de la sierra de Vaca Muerta (Hoja 35b "Zapala") ya que consideramos más conveniente que este tipo de exploración se efectúe en los flancos y vértices de anticlinales donde afloran rocas posteriores al Yeso Principal, pero donde éstas no formen una cubierta demasiado potente sobre aquél, por los excesivos gastos de perforación que ocasionaría atravesar una espesa capa sedimentaria, en regiones donde haya manifestaciones de vulcanismo, fuentes de agua azufrosa o yacimientos de los minerales ya citados (celestina, baritina, galena, etc.) que indiquen un aporte hidrotermal.

Citaremos algunos lugares donde hay manifestaciones de aguas azufrosas, para luego concretarnos a la descripción de las localidades preferidas.

En la Hoja 32d "Chachahuen" hay varios lugares donde aparece azufre, sea relacionado con fuentes de agua o ligado al vulcanismo; estas manifestaciones se encuentran localizadas en los niveles más superiores del Cretácico, o sea en los estratos senonlianos del Neuqueniano (Estratos con Dinosaurios). Al norte del río Colorado en los "Baños" situados a 5300 m al WSW aproximado del C° La Tosca, la fuente de agua surgente deposita azufre y hay en ella desprendimiento de H_2S y SO_2 ; sobre el agua flota espuma negra, la cual puede suponerse formada por una mezcla de FeS (sulfuro ferroso) y Fe_2S_3 (sulfuro férrico) como resultado de la combinación del H_2S (ácido sulfihídrico) disuelto en el agua con $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (limonita) que impregna a las rocas donde se encuentra la fuente.

Otro lugar en la misma Hoja donde se encuentra azufre en superficie es en la mina de alumbre ubicada en el cañadón de los Alazanes; en el mapa está indicada con signo de "Mina". En el socavón se observan guías de alumbre de 2 a 3 cm. de espesor que se pierden hacia el noroeste; las acompaña azufre que ha cristalizado en los planos de grietas y diaclasas. (Véase 32d "Chachahuen"). Según referencias, posteriormente ha sido cavado un pique aumentando en profundidad y hacia el oriente el espesor de los filones de alumbre, aunque no he obtenido datos sobre si



Escala 0 1 2 Km

REFERENCIAS.

Cuaternario		Conos de deyección	Jurásico		Lusitaniano Kimmeridgiano
		Depósitos pluviglaciales anteriores a la última glaciación			Yeso Principal
Cretácico		Valanginiano		Caloviano.	
		Titoniano Berriasiano		Doggen con lente de Yeso.	

⊕ Baritina

⊕ Baritina y Galena

① Perforaciones Propuestas.

⊕ Celestina y celeste baritina.

hay o no aumento en la proporción de azufre presente, pero podría haberlo.

Estas manifestaciones pueden considerarse asociadas a fenómenos de vulcanismo como también el pequeño cono de un antiguo "geyser" extinguido, ubicado en el sector occidental de la Hoja 32d "Chachahuén", al sur del río Colorado, a 2.300 m al WNW, aproximado al cerro Morado y señalado en el mapa como mina de azufre. Está en posición algo excéntrica con respecto a la dirección E a W de la cadenita de volcanes que culmina en el cerro mencionado, ubicada en la antigua planicie aluvial del río.

El producto principal, residuo de la actividad de este "geyser" es calcáreo travertínico con nódulos de yeso y gránulos de azufre puro.

Según referencias, al hacerse excavaciones en este lugar, con posterioridad a mi visita, se ha encontrado azufre en cantidad apreciable.

Consideramos que los ejemplos de aguas sulfurosas y depósitos de azufre coloidal mencionados están ligados al vulcanismo, pero no debe descartarse la posibilidad de un origen en la descomposición del Yeso

Principal o del Yeso de Transición (Huitriniano) aunque estos terrenos se encuentren a gran profundidad, porque el azufre puede haber sido arrastrado de esos horizontes por aguas ascendentes.

Ninguna de las fuentes citadas tiene la importancia, en cuanto a proporción de emanaciones gaseosas y depósito de azufre, del que se observa en Laguna Blanca al sudeste y a 11 km en línea recta del Chihuido de Tril (Hoja 32c "Buta Ranquil" indicada en el mapa de fig. N° 1).

Como esta aguada se encuentra en terrenos del Hauteriviense el origen del azufre puede atribuirse únicamente a la descomposición del Yeso Principal que aflora al occidente y que en ese lugar puede suponerse se encuentre en profundidad.

En estos parajes el Hauteriviense y el Valanginiano se encuentran plegados. En el sector de Chihuido de Tril hay un sinclinal cuyo eje tiene una dirección aproximada NNW-SSE; en el anticlinal que lo flanquea al oriente han quedado al descubierto, por erosión, los estratos del Valanginiano; su eje tiene dirección N-S aproximada. Más al oriente, en terrenos

del Hauteriviense, puede distinguirse un sinclinal de menor importancia (3er. orden) mientras el Huitriano inferior está corrido parcialmente sobre el Hauteriviense.

Localizaremos una de las perforaciones (1) sobre el anticlinal de 2º orden cuyo vértice tiene buzamiento (pitching) hacia Pampa Tril. La segunda de ellas (2) la ubicamos poco al NW de Laguna Blanca casi sobre el eje del anticlinal de 3er. orden mencionado.

Para la primera perforación (1) el espesor aproximado de los estratos y distinta calidad de rocas que deberán atravesarse, de arriba abajo son los siguientes:

- a) Poco metros (1 ó 2?): Cubierta actual, arenas y detritus sedimentarios sin consolidación.
 - b) 300 m *Valanginiano*: Areniscas, areniscas calcáreas, calcáreos zoógenos (lumachella) etc.
 - c) 200 m *Titoniano-Berriasiano*: margas negras, estratos calcáreo-bituminosos, margas negras con bochones calcáreo-bituminosos.
 - d) 50 m *Kimmeridgiano superior*: Areniscas, tobas.
 - e) x m *Kimmeridgiano inferior*: Anhidrita, yeso.
- Total: 550 + x metros.

Las características litológicas para la segunda perforación (2), serán semejantes a las enumeradas anteriormente, a las que se unen los estratos del Hauteriviense. Presumimos sus espesores en:

- a) 40 m *Hauteriviense*: calcáreo y margas bituminosas.
- b) 300 m *Valanginiano*.
- c) 200 m *Titoniano-Berriasiano*.
- d) 50 m *Kimmeridgiano superior*.
- e) x m *Kimmeridgiano inferior*: Yeso Principal.

Total: 590 + x metros.

El avance de la perforación dentro del Yeso Principal queda librada al criterio del geólogo supervisor del trabajo, según los resultados obtenidos, así como la necesidad de efectuar mayor número de perforaciones; por esa razón dejamos indecisa la profundidad a perforar dentro de dicha formación.

Debemos hacer notar que en las perforaciones efectuadas por Y.P.F. en el anticlinal de Tril, ubicadas aproximadamente a 7 km al NE del Chihuido, al atravesar el Yeso Principal no se han acusado manifestaciones de azufre (comunicación verbal). En nuestra opinión esto no es un inconveniente grave ya que en la búsqueda de petróleo se prefirió la cúspide del an-

ticlinal de 1er. orden y no estructuras secundarias de vértice que señalan los lugares de máxima compresión.

El anticlinal de Vaca Muerta (Cuchillo Cura) ubicado en el ángulo NE del campo de la Hoja 35b "Zapala" (Lambert 1956) es otro de los lugares que consideramos apropiados para efectuar perforaciones en búsqueda de azufre, pero en este caso relacionamos las posibilidades de su existencia a la acción del hidrotermalismo denunciado por distintos minerales. Corresponde a una estructura abierta de eje orientado SW a NE y plano axial volcado al NW.

Por compresión tectónica se estrecha en su vértice NE donde se han producido también corrimientos y fallas de distinta magnitud (fig. nº 2), en cuya prolongación incurvada hacia el NNE se alínean varios yacimientos de baritina (SO_4Ba) y galena (SPb). Además, en el ala NW del sector comprimido, hay yacimientos de celestina (SO_4Sr) y celesto baritina ($SrSO_4$, SO_4Ba).

La presencia de estos minerales, de evidente origen hidrotermal, está de acuerdo con los elementos de juicio que expusimos anteriormente y en el mapa indicamos los lugares aproximados, donde consideramos que las perforaciones serían interesantes.

Las tres perforaciones se han ubicado donde afloran las areniscas Lusitaniano-kimmeridgianas con un espesor aproximado entre 300 y 400 m.

El Yeso Principal se encuentra inmediatamente debajo de ellas y la profundización en este terreno queda librada a la opinión del geólogo que dirija los trabajos.

Es posible encontrar en estos lugares, dentro del yeso, escamas tectónicas de calcáreos calovianos con espesor entre 60 y 80 m que en todo caso deberán ser atravesados.

BIBLIOGRAFIA

- 1—BATEMAN, Alan M. — 1942. — Economic Mineral Deposits. Y Wiley and sons. New York.
- 2—HOLMBERG, Eduardo. — 1951. — Hoja 33d - Auca Mahuida. Inédita. DNM.
- 3— „ 1951. — Hoja 32d - Chachauen. Inédita. DNM.
- 4— „ 1951. — Hoja 32c - Buta Ranquil, en preparación.
- 5—LAMBERT, R. L. — 1956. — Hoja 35b - Zapala. Bol. Nº 83. DNM.
- 6—WOLF, A. G. — 1933. — The Boiling Dome Texas. A sulfur-bearing salt dome. XVI. Inst. Geol. Cong. Guide book 6: 86-91.



Colaboración:

Dirección Nacional de

Economía Minera