

807

807

807

1

LOS YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS DE CELESTINA-BARITINA  
DE LA FORMACION HUITRIN Y SU ORIGEN EVAPORITICO.

PROVINCIA DE NEUQUEN



por

Milka K. de Brodtkorb +

Victor Ramos ++

Silvia Ametrano ++

1975

+ Servicio Minero Nacional

++ Servicio Geológico Nacional

2

Durante 15 días del mes de Marzo del año 1975 se trasladaron los geólogos Milka K. de Brodtkorb y Silvia Ametrano a Zapala para reunirse con el geólogo Victor Ramos que realizaba estudios geológicos en el área. El motivo del estudio fue revisar los yacimientos de baritina-celestina que se encuentran en la provincia de Neuquén a los largo del meridiano 70°, entre Zapala y Curacó, como apoyo al Plan Patagonia Comahue. A pesar de que los depósitos se encuentran al oeste del límite del mencionado plan, la programática era estudiar la estructura de estos yacimientos para prospectar con los mismos criterios dentro del área de reserva del Plan Patagonia Comahue.

La conclusiones presentadas en este informe nos indican que la guía principal de la mineralización es litoestratigráfica, es decir los bancos de yeso de la Formación Huitrín, que sobreyacen a los bancos con celestina. La estructura de la región muestra una clara continentalización hacia el este por lo cual ya en el área correspondiente al Plan Patagonia Comahue no se encuentra representada la Formación Huitrín.

Por otra parte los estudios realizados en los últimos 20 años indican que los yacimientos de celestina se encuentran ligados a facies evaporíticas por lo cual se recomienda tener en cuenta este hecho para la prospección general del Plan Patagonia Comahue.

Buenos Aires, Diciembre de 1975.





*Ministerio de Economía*  
*Secretaría de Estado de*  
*Recursos Naturales y Ambiente Humano*  
*Subsecretaría de Minería*



INTRODUCCION.

Hasta hace pocos años el Sr tenía aplicaciones tales como su uso en pirotecnia, algunos productos químicos como el hidróxido de Sr en el proceso Scheiber en la obtención de azúcar de remolacha, y como barros de inyección en perforaciones. Recientemente su uso fué incorporado a la fabricación de tubos de televisión en colores (47% del Sr consumido en USA en 1973), para imanes permanentes y otros usos. Estas nuevas aplicaciones han renovado el interés en el Sr y están incentivando la explotación de yacimientos de celestina en todo el mundo.

La gran cantidad de manifestaciones de celestina-baritina que se ubican a lo largo del meridiano 70° entre Zapala y Curacó en la provincia del Neuquen y su ubicación geológica definida, como así también su geometría uniforme hallada en la literatura consultada, indujeron a los autores a estudiar las asociadas a la Formación Huitrín. Se reconocieron los depósitos asociados a la Formación Auquilco y otras vetiformes para tener una visión general del problema. Especial atención fué dada a los yacimientos del Co. Partido, Bajada del Agrio, Co. Salado, Aguada de las Mulas, Co. Mula, Grupo Continental, Naunauco y Balsa Huitrín, que se ilustran en el mapa adjunto (fig. 1 y 1 bis).

La posibilidad de dar un origen no hidrotermal a estos depósitos brinda un enfoque distinto para su exploración con expectativas económicas mayores.

Dentro de los antecedentes bibliográficos del área en estudio deben mencionarse los trabajos de Oliveri et al (1964) y Sudamconsult (1973), quienes mencionan entre otras las minas



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



///.

de Mallin Quemado, las manifestaciones de la Bajada del Agrio, el grupo Cecilio-San José, Churriaca y San Eduardo-Bienvenida.

Las minas de Mallin Quemado fueron estudiadas primera mente por Angelelli (1941) y luego por Canelle (1950). Reciente-mente fué motivo de estudio por Hayase et al (1975). Las mani-festaciones 4 de noviembre y Santa Bárbara fueron estudiadas tam-bién por Loza (1973) y Naccuchio (1973).

Con algunas variantes, todos los autores mencionados proponen un origen epitermal para estos yacimientos, en forma de relleno de grietas o fracturas preexistentes, manifestando a su vez la falta de rocas ígneas en la región que podrían justificar tal origen.

Se comienza con una recapitulación de los principios geoquímicos que rigen la distribución del Sr y Ba; se ubican sus características geológicas en el entorno regional, se analizan en detalle las litofacies asociadas con la mineralización, que al describir específicamente los yacimientos estudiados, permitió esbozar una clasificación y génesis para los mismos.

## EVOLUCION GEOLOGICA DEL AREA

La región del presente estudio se halla comprendida en la zona central de la cuenca neuquina, entre las primeras estribaciones de la Cordillera Principal y la región extra-andina del Neuquen.

Esta cuenca marginal o externa se desarrolló sobre una plataforma relativamente estable, compuesta por un basamento granítico, atravesado profusamente por diques y efusiones riolíti-

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

cas de edad permotriásica. En este sector de la cuenca se pueden distinguir dos grandes ciclos marinos de sedimentación, uno de edad exclusivamente jurásica y otro de edad jurásica superior-cretácica inferior (titoneocomiano). En el Cretácico superior predominó la continentalización del área, sólo interrumpida en el Cretácico más alto por una efímera transgresión marina.

Cada ciclo representa una evolución definida de sus términos que produce la repetición de litofacies características en la secuencia sedimentaria que se ilustra en la figura 2.

## a) CICLO DE SEDIMENTACION JURASICO

Se inicia con una transgresión marina en el Liásico, que depositó las sedimentitas de la Formación Molles, las que indican la máxima profundización de la cuenca para este ciclo. Luego de su deposición se inicia la regresión que deposita las areniscas de la Formación Lajas. La secuencia marina culmina con la deposición de las calizas, calizas oolíticas y lumachélicas de la Formación La Manga, durante el Oxfordiano. El ciclo regresivo termina con la deposición de la Formación Auquinco o Yeso Principal, que se deposita en forma más o menos continua sobre una su-

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



///.

perficie de 77.000 km<sup>2</sup> (Lambert, 1956). El área abarcada por la deposición del yeso está indicando la existencia de una amplia planicie con escaso relieve y una zona de intensa evaporación en un clima predominantemente cálido y seco. Esta superficie fué cubierta rápidamente por el aporte de un material detrítico que formó las areniscas rojas y conglomerados continentales de la Formación Tordillo. El rápido sepultamiento de las facies evaporíticas, quizá como resultado de los movimientos intermálmicos, no permitió el desarrollo de un ciclo salino normal como el postulado por Sloss (1953).

## b) CICLO DE SEDIMENTACION TITONEOCOMIANO

Con las lutitas de la Formación Vaca Muerta se inicia el segundo ciclo marino de la cuenca durante el Jurásico más alto. Son sobrepuestas por lutitas y arcilitas calcáreas. Se inicia nuevamente un subciclo regresivo que produce la deposición de las areniscas de la Formación Mulichinco. En sectores ésta muestra claras evidencias, no solamente de haberse depositado en un ambiente costero intertidal, sino que en partes presentan netas características continentales (restos de troncos, etc.). La subsidencia continúa y facies de mayor profundidad y menor

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

energía, como las arcilitas verdes de la Formación Agrio, cubren extensas regiones de la cuenca marginal. Una pequeña exondación de la cuenca produce la deposición del Miembro Arenisca de Avilé, en un probable ambiente de barra cercano a la costa, que crea una serie de pequeñas cuencas hacia el este, de circulación restringida. En estas cuencas se depositan las lutitas negras y fétidas de la base del miembro superior de la Formación Agrio. Nuevamente continúa la subsidencia depositándose sedimentos de facies de mar abierto que paulatinamente pasan de un ambiente de baja energía a otros de energía cada vez más alta. Esta secuencia regresiva continúa en las areniscas gruesas de facies intertidales del Miembro Troncoso, parte cuspidal de la Formación Agrio (véase Ramos, 1975).

El mar neocomiano retrocede finalmente dando lugar a la deposición de bancos de yeso, dolomías, arcilitas y sal gema de la Formación Huitrín, de características transicionales a un ambiente continental como el que imperó durante la deposición de la Formación Rayoso, caracterizada por una alternancia de areniscas y fangolitas rojas.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

De estos dos ciclos marinos, fué estudiado en detalle el correspondiente al titoneocomiano, en especial la parte superior de la Formación Agrio y la inferior de la Formación Huitrín que se analizarán más adelante. Para mayores detalles sobre las características y distribución de los distintos ciclos se recomienda los trabajos de Groeber (1955), Lambert (1956), Stipanovic (1970) y Digregorio (1972).

## GEOQUIMICA

Rankama y Sahama (1954) mencionan que el Sr y Ba pertenecen a los oligoelementos mas abundantes de la litosfera superior a pesar que no forman minerales independientes en las rocas ígneas.

Según Mason (1960) el valor medio del Sr en la corteza terrestre es de 0,045 en peso de Sr, con lo que ocupa el 15º lugar entre el S y el Ba, mientras que el valor medio del Ba es 0,040.

Noll (1934) expresa que el Sr acompaña al Ca tanto en las rocas magmáticas como en las sedimentarias, y puede ocupar su lugar en la red dado sus radios iónicos próximos ( $\text{Sr}^{++} 1,33 \text{ \AA}$  y  $\text{Ca}^{++} 0,99 \text{ \AA}$ ). Menos probable es la diadocia



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

del Sr con el K ( $K^+ = 1,33 \text{ \AA}$ ) que solo se realiza en los minerales magmáticos. En cambio el radio iónico del Ba ( $1,35 \text{ \AA}$ ) es demasiado grande para ocupar el lugar del ión  $\text{Ca}^{++}$  en las estructuras minerales.

En la secuencia hidrotermal, Gundlach (1959) opina que son estrechas las relaciones entre el Ba y el Sr, donde la relación Ba: Sr varía en general entre 10:1 y 100:1. Hasta ahora no se conocen yacimientos que contengan Sr y no posean Ba.

El contenido de Sr en las vetas hidrotermales varía de 0,1 a 0,7 o sea es 10 veces más alto que el valor Clake del Sr. Dado que la solubilidad del  $\text{SrSO}_4$  es mayor que la del  $\text{BaSO}_4$ , primero se precipita la baritina, incluyendo si lo hubiere, las pequeñas cantidades de Sr presentes en la solución. Cuando las condiciones de cristalización son las adecuadas para la celestina ya la mayor parte del Ba fue precipitado. Si después de la cristalización de la baritina sobraran cantidades importantes de Sr, sólo excepcionalmente podría formarse celestina dado que necesitaría un incremento de la actividad del ión  $\text{SO}_4^-$ . Es más factible entonces la formación del  $\text{SrCO}_3$  cuyo producto de solubilidad es menor que el de  $\text{SrSO}_4$ , es decir que con una actividad similar de  $\text{SO}_4^-$  y de  $\text{CO}_3^-$  se precipita el  $\text{SrCO}_3$  con concentraciones mucho menores de  $\text{Sr}^{++}$ , que el  $\text{SrSO}_4$ . Esto significa que la estroncianita, dentro de lo escaso, sería más frecuente que la celestina en vetas hidrotermales.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

10

El 95 a 100% del Sr presente en las soluciones hidrotermales es incorporado en la baritina y el restante 0-5% en los carbonatos de Ca, Mg y Ba, en la fluorita y eventualmente en el  $\text{CaSO}_4$ . Sólo en contados casos se reúnen las condiciones para que se precipiten minerales de Sr en la secuencia hidrotermal y esto solamente en los últimos estadios. Es probable que las soluciones hidrotermales tengan mayor contenido de Sr de lo que está involucrado en los minerales cristalizados. Este sobrante se incorporaría, por medio de aguas termales, al ambiente externo.

En el ciclo exógeno el Sr se encuentra camuflado dentro de la estructura de los minerales de Ca, pero sólo en poca cantidad debido a que la diadocia es difícil de realizar dadas las bajas temperaturas de formación de estos minerales en el medio sedimentario.

Según Rankama y Sahama (1954) la relación Ca: Sr en rocas ígneas es 242 y en agua de mar es 30,8 indicando el aumento de concentración del Sr respecto del Ca en el mar.

En cambio la relación Sr: Ba en rocas ígneas es 0,6 y en agua de mar es 260. El Ba transportado al mar se separa ya durante la formación de sedimentos hidrolizados costeros (en particular las arcillas adsorben Ba) no quedando en el mar más que una pequeña cantidad, que según Engelhardt (1936) es de 0,054 g/t.

En el ciclo exógeno el mineral primario más importante de Sr es la celestina, y su ambiente principal de precipitación es el evaporítico. El Sr se encuentra en el mar en un por

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

centaje de 8 g/t. De ese contenido, según Müller (1962), el 62,58% está a disposición para la formación de celestina y el 37,42% se incorpora en los demás minerales evaporíticos. El contenido promedio de Ba en las celestinas de origen evaporítico es de 0,48% y no hay duda que la mayor parte del Ba presente en el mar entra en la celestina durante la evaporación.

Según Müller (1962) el comienzo de la precipitación de celestina en el agua de mar se realiza en la zona límite de precipitación de carbonatos y sulfatos de calcio. Cuando la reducción de volumen del agua de mar, por evaporación es entre  $1/3$  y  $1/5$  del volumen original, se llega a la saturación y precipitación del  $\text{SrSO}_4$ .

Esta secuencia de precipitación-carbonatos, celestina y carbonatos, celestina, yeso- en ambientes evaporíticos marinos, se ve confirmada con las paragénesis halladas en varias formaciones salinas de distintas localidades y edades - Pérmico a Reciente - (Müller, 1962).

Acerca de la serie isomorfa celestina-baritina son varios los estudios realizados y las conclusiones obtenidas. Grahmann (1920) analizó 30 muestras de celestinas y baritinas por sus contenidos de Sr, Ba y Ca. De 17 muestras de celestina, 12 de ellas tienen entre 0-10%  $\text{BaSO}_4$ , 4 tienen entre 14 y 30%. De 13 muestras de baritina, 10 de ellas tienen entre 0,10 % de  $\text{SrSO}_4$ , dos 17% de  $\text{SrSO}_4$  y sólo una 26% de  $\text{SrSO}_4$ . El mencionado autor concluye que en el campo composicional de la serie  $\text{BaSO}_4$ - $\text{SrSO}_4$ , comprendido entre 10% de Sr en baritina y 27% de Ba en



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería

///.



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

12

celestinas no se han encontrado ejemplos naturales. Propone la denominación de baritocelastina para los cristales que contengan entre 10 y 90% de  $\text{BaSO}_4$ . Puchelt y Müller (1964) estudiaron el contenido de Sr de la baritina evaporítica de Hohes Moor, cuyo promedio es de 8,6% en peso de  $\text{SrSO}_4$  y la denominan celestobaritina.

Es concenso de diversos autores que existe una serie isomorfa entre  $\text{SrSO}_4$  y  $\text{BaSO}_4$  en el campo experimental pero que en la naturaleza sólo se encuentran los miembros finales con un porcentaje bajo del otro elemento. Sobre los límites de porcentajes para la denominación de celestobaritina o baritocelastina no se han encontrado en la literatura otros datos que los aquí mencionados.

La solubilidad del  $\text{BaSO}_4$  en agua pura es de 2,52 mg/ $\text{BaSO}_4$ /Kg  $\text{H}_2\text{O}$  a 25° C y la del  $\text{SrSO}_4$  en iguales condiciones es de 114,1 mg/ $\text{SrSO}_4$ /Kg  $\text{H}_2\text{O}$ ; pero ya en presencia de pequeñas cantidades de NaCl aumenta considerablemente la solubilidad (Scherp y Strübel, 1974), así por ejemplo con NaCl (0,1 N), el valor para baritina se aproxima a 10 mg y el de celestina a 400 mg.

Yeso-Anhidrita. Berner (1971) menciona que el yeso es el mineral primario que precipita a partir de la evaporación del agua de mar en condiciones de salinidad normal, y a T y P ambiental. Cualquier aumento de T y P (por ejemplo durante la diagénesis) transforma el yeso en anhidrita. Esto explicaría porque en algunos paleoambientes evaporíticos encontramos uno u otro mineral.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería

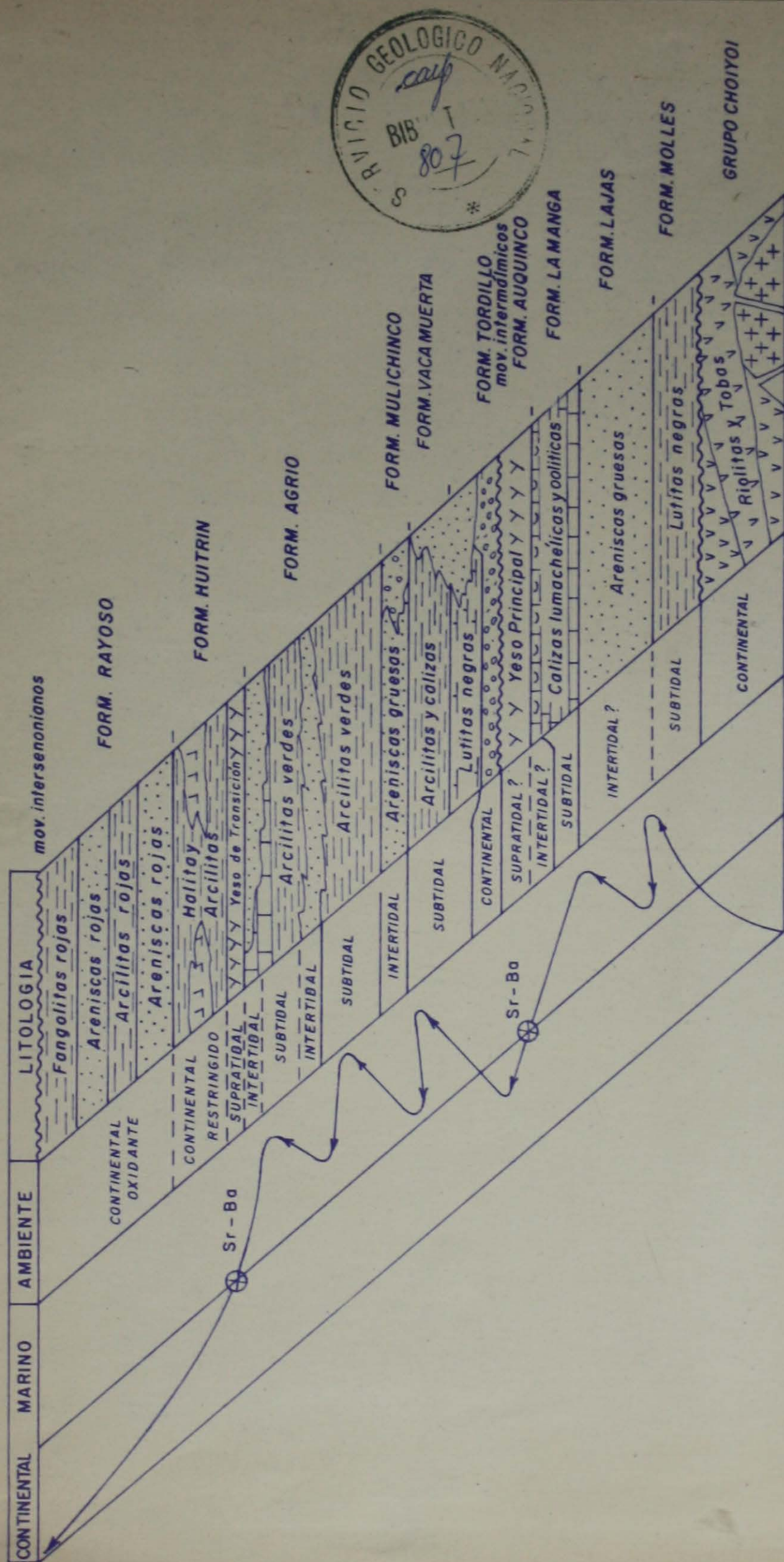
///.

## CARACTERIZACION DE LOS AMBIENTES EVAPORITICOS

La caracterización ambiental de las distintas secuencias evaporíticas y su significado, enunciado por Sloss (1953) permitieron establecer ciclos evaporíticos definidos en la evolución de una cuenca marina. Este autor reconoció la característica cíclica de ciertos ambientes penesalinos, salinos e hipersalinos, que evolucionaban a partir de un ambiente marino normal de circulación abierta. Estos ambientes evaporíticos producidos por circulación restringida de agua de mar podían culminar con depósitos netamente continentales. La presencia de barras o arrecifes serían los responsables de la restricción en la circulación y su posición dentro de la cuenca condiciona la evolución de las facies.

El esquema clásico de Sloss (1953) fué modificado por las observaciones de Kinsman (1969) en sus estudios del Medio Oriente y la costa sudoccidental de los Estados Unidos. En estas áreas observó la importancia de la precipitación subaérea de las evaporitas, en extensas áreas planas, formadas por abrasión marina, expuestas a una evaporación intensa como resultado de una regresión del mar. Estas planicies evaporíticas conocidas como "sabkhas" son visibles hoy en día en diversas partes del mundo y de acuerdo a los recientes estudios de Butler (1969), Illing et al (1965), Friedman (1972), etc. existieron en diversas secuencias desde el paleozoico inferior a la actualidad. Son responsables de gran parte de las evaporitas asociadas a ambientes marinos.

La figura 3 resume los dos grandes tipos de formación de evaporitas que se reconocen en la actualidad.



Secuencia sedimentaria de la región y ubicación de las manifestaciones de celestina - Baritina

FIGURA 2

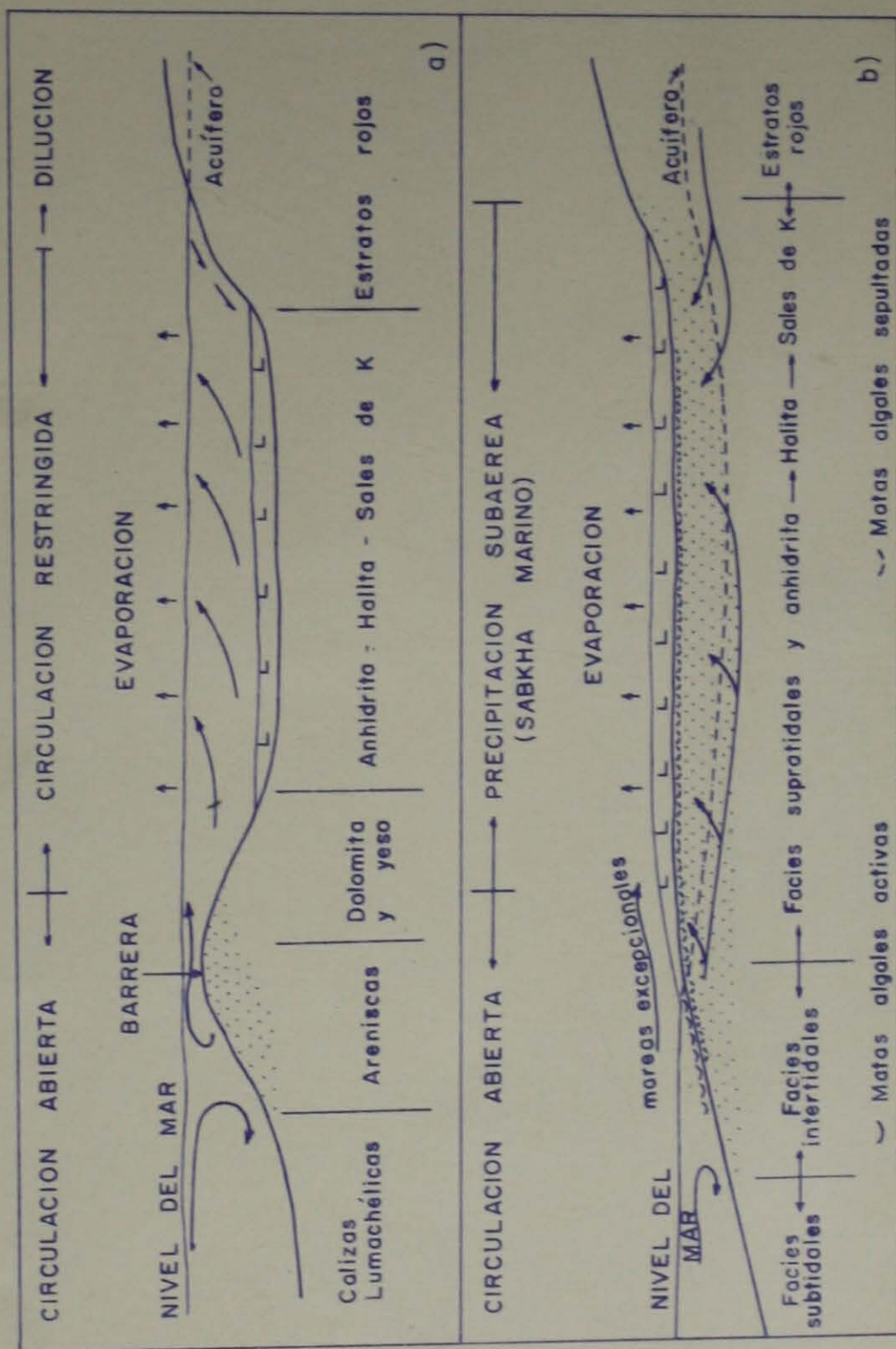
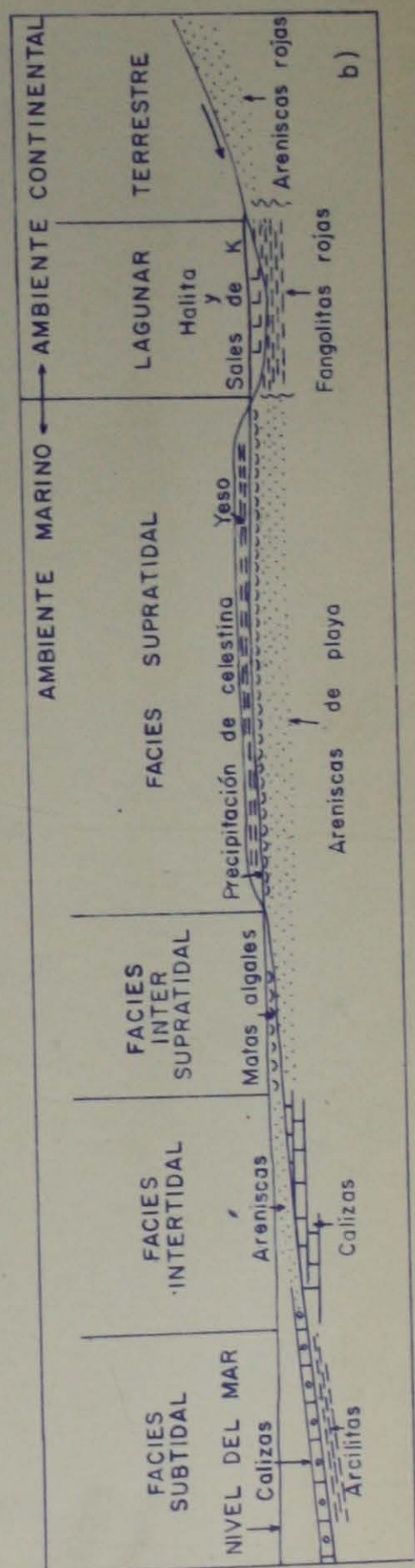
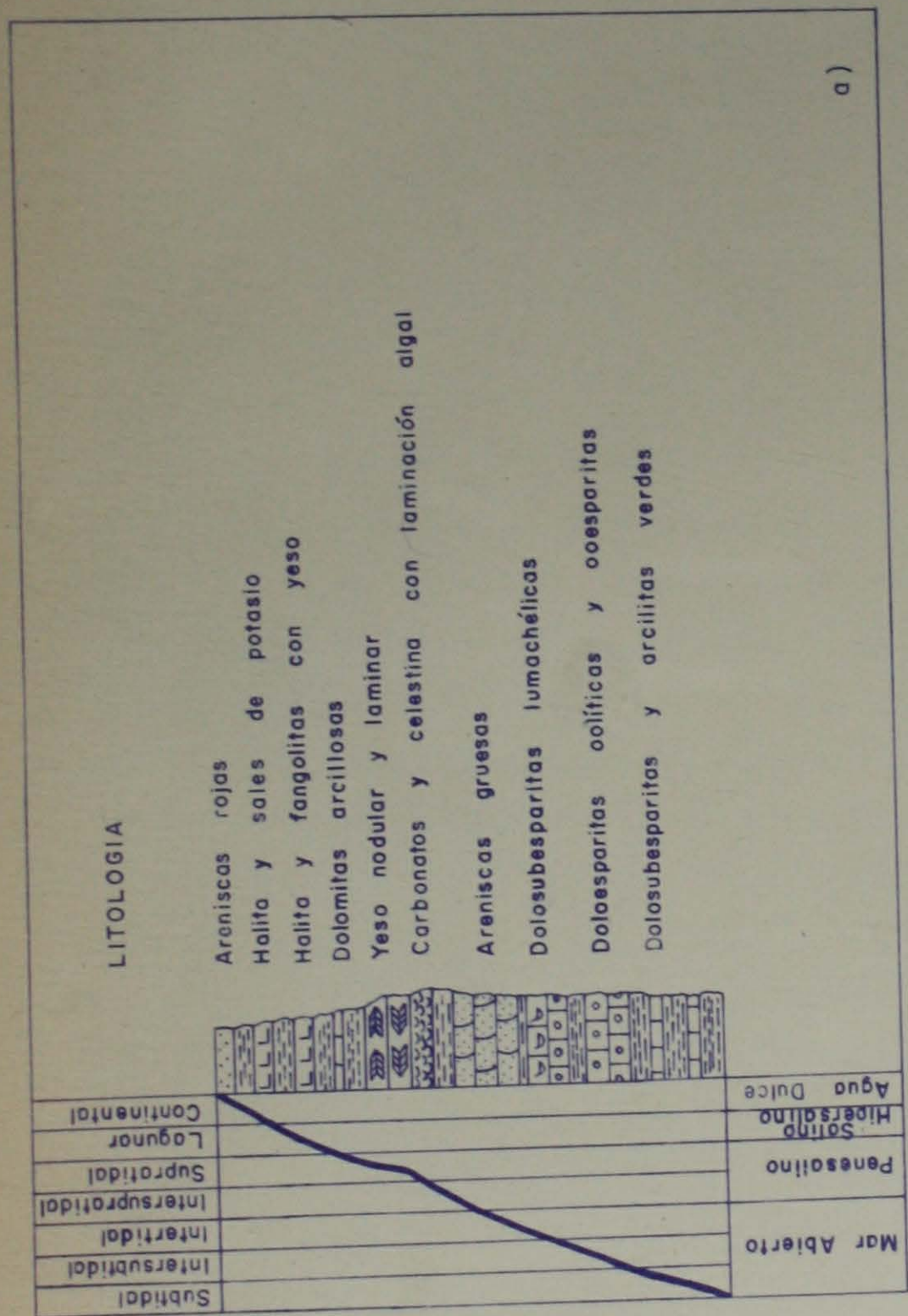


FIGURA 3 a) Precipitación subaérea modificado de Sloss (1953)  
b) Precipitación subaérea modificado de Kinsman (1969)



**FIGURA 4** a) Ciclo evaporítico integrado de la Formación Huifrin  
b) Reconstrucción del ambiente de deposición de la Formación Huifrin



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

17

///.

La distinción entre ambos tipos está basada principalmente en la caracterización de las distintas facies de la secuencia, en especial la de los sedimentos no clásticos, así como la textura que presentan las evaporitas.

A fin de evaluar la distribución de los distintos ambientes y la caracterización de sus litofacies se recurrió a modelos de sedimentación de carbonatos como los propuestos por Edie (1958) o Shaw (1964). Coogan (1969) introduce un modelo de distribución con dos opciones, con o sin arrecifes, que se ajusta mejor a la caracterización de los diferentes modelos de evaporitas propuestos por Sloss (1953).

En el ciclo normal de una secuencia carbonática se observa una sucesión vertical de facies, que siguiendo la Ley de Walther (Horowitz y Potter, 1971) son relacionables a la migración lateral de los distintos ambientes. La secuencia ideal de deposición variaría con la edad de los depósitos, la fisiología de la cuenca, los distintos tipos bióticos, el clima, la evolución tectónica, etc.

En una etapa de regresión normal se podrían reconocer desde las típicas micritas plantónicas y con moluscos de un ambiente subtidal, a las facies oolíticas y lumachélicas, que dependiendo de la morfología de la costa, podrían o no estar asociadas a una facies marginal de areniscas de playa, que caracterizarían las facies intertidales.

Cuando la regresión se produce luego de una fase transgresiva de cierta duración, se forman extensas planicies producidas por abrasión marina. Esto crea un ambiente de planicies tidales

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería

///.

("tidal - flats") donde las numerosas fluctuaciones de los niveles de marea producirán la inundación de vastas áreas. Aquellas áreas que sólo son inundadas por mareas excepcionales caracterizan las planicies supratidales ("supratidal flats") de acuerdo a la clasificación de Emery et al (1957) y la caracterización de Logan y Cebulski (1970). Estas planicies tidales y supratidales presentan litofacies típicas que permiten reconocerlas.

Así en la parte superior de una planicie intertidal de playa, formada por areniscas maduras y bien seleccionadas, se pueden interponer matas algales en la zona de transición a las planicies supratidales de acuerdo a lo observado por Davies (1970) a) en los depósitos actuales de Shark Bay (Australia Occ.) o por Kendall y Skipwith (1969) en el Golfo Pérsico.

Estas laminillas producidas por la actividad algal como las descritas por Friedman et al (1973) y Davies (1970 b), en una secuencia regresiva, tapizarían el piso de una planicie supratidal de acuerdo al modelo de carbonatos postulado por Coogan (1969). Si las condiciones climáticas lo permiten, ya que sólo es posible en climas áridos o semiáridos, se formaría en este ambiente supratidal la deposición de dolomías primarias finamente interpuestas con calizas de laminación algal, que pasarían lateralmente a depósitos evaporíticos compuestos por anhidrita o yeso de un ambiente penesalino. Si la evaporación fuese lo suficientemente intensa podría pasarse al ambiente salino e hipersalino de Sloss (1953).

Esta laminación algal caracterizada por su estratificación cíclica y su aspecto rugoso ("crinkle") a levemente ondulado,

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

19

///.

grada hacia arriba a depósitos de anhidrita nodular, (textura "chicken wire") groseramente bandeada, característica de ambientes de "sabkha", como las descritas por Dean et al (1975).

Estas evaporitas dependiendo de las variaciones de saturación y pH de la cuenca suelen gradar lateralmente a calizas con desarrollo de "bird 's eye" que le dan el típico aspecto cavernoso a las calizas. Estos "bird 's eye" podrían formarse por la disolución postdiagenética de nódulos de yeso contenidos en estas calizas.

El ciclo regresivo se completaría con la evolución a ambientes salinos o hipersalinos con concentración de sales de potasio, interpuestos a material terrígeno en proporciones dependientes del aporte local condicionado por el relieve circundante.

Las evaporitas más solubles son concentradas generalmente en depresiones o lagunas costaneras debido a su alta movilidad en áreas supratidales, más características de un ambiente de "sabkha" continental como lo establece Kinsman (1969).

## FACIES EVAPORITICAS DE LA FORMACION HUITRIN

El estudio de varios perfiles del miembro superior de la Formación Agrio y de la Formación Huitrín entre Zapala y Curacó, permitió caracterizar la evolución de las facies evaporíticas en una típica secuencia regresiva del mar neocomiano. La ubicación y desarrollo de los distintos perfiles se ilustra en el mapa geológico anexo.

Sobre la base de estos perfiles se elaboró una secuencia integrada que muestra el desarrollo vertical de las distintas



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

microfacies que permiten reconstruir el ambiente de deposición de las litofacies con celestina, y las infra y suprayacentes, fig. 4.

a) Litofacies infrayacentes. La secuencia se inicia con la parte cuspidal de la Formación Agrio correspondiente al miembro Troncoso, en la acepción de Groeber (1955). Está caracterizada por una secuencia, que hacia el techo disminuye su contenido pelítico, aumentando la participación de calizas lumachélicas y areniscas de grano grueso y estratificación entrecruzada.

En la parte inferior las calizas son netamente dolomíticas y están representadas por dolosubsparitas a doloesparitas, con restos fósiles, y un aporte terrígeno menor a uno por ciento. Suelen presentar oolitas superficiales con núcleos principalmente de cuarzo y feldespato. En algunos niveles se observa una incipiente laminación estromatolítica. Son típicas dolosubsparitas oolíticas oligofosilíferas características de un ambiente de energía alta de acuerdo a Plumley et al (1972).

Hacia la parte media del miembro Troncoso tanto en los perfiles de la mina Santa Ana, en la margen izquierda del río Salado, como en el perfil de mina La Blanca, aumenta la participación de restos fósiles, hasta convertirse en una dolomita netamente lumachélica. Junto a estas aparecen con mayor frecuencia hacia el techo típicas areniscas de playa con estratificación entrecruzada. Estas areniscas están ausentes a la latitud del Río Agrio. Tienen sólo 0,5 a 1 m de espesor hacia ambos márgenes del río Salado, alcanzando una potencia de 13,5 m al norte del río Pichi Neuquen y al sur del cerro Rayoso.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

21

///.

Este espesor es aún mayor en la Balsa de Huitrín sobre el Río Neuquén. El aumento de la potencia de las areniscas está relacionado con el espesor del banco de yeso, lo cual podría estar controlado por la mayor permeabilidad de las areniscas, si se acepta el modelo de la figura 3 b.

Estas areniscas de grano mediano a grueso tienen cemento esparítico y sus litoclastos indican un área de procedencia con predominio de metacuarcitas, plutonitas, etc. típicas de un ambiente de basamento. Hacia la parte superior el grano aumenta y su selección disminuye. Por sus características texturales y petrográficas son areniscas intertidales pertenecientes a un ambiente de playa.

b) Litofacies con celestina. Por encima de estas areniscas y con una amplia y uniforme distribución en la zona en estudio se depositan unas laminillas integradas por una alternancia cíclica de carbonato y celestina, localmente con textura cebrada (Gandin, et al 1973). Las laminillas en sectores como los de la mina Santa Bárbara o Santa Ana presentan laminación algal conspicua, constituida por banditas calcáreas, material arcilloso y pátinas de óxidos de hierro. La naturaleza orgánica de esta laminación se evidencia por la presencia de la pátina de óxido de hierro y fracturas de desecamiento ("shrinkage cracks"). Las formas observadas microscópicamente podrían homologarse al tipo filamentosos descrito por Horodyski (1975). La laminación varía de netamente ondulada e irregular ("crinkle") a una finamente planar. Esta última tiene escasa distribución. Las laminillas gradan lateralmente a calizas de estratificación más irregular, como se observa

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

22

///.

en la margen derecha del río Salado, entre las minas Santa Bárbara y 4 de Noviembre. Se observa lateralmente primero la presencia de intraclastos de caliza dentro de una textura brechosa, que contiene nódulos de yeso. Esta caliza por disolución de los nódulos adquiere una típica textura de "bird's eye", retapizados por micrita secundaria que le dan un aspecto cavernoso. Las calizas gradan lateralmente a yesos nodulares impuros, con abundantes restos de carbonatos. Los cambios faciales se observan en longitudes menores a un kilómetro. Por sus características texturales y petrográficas se consideran a estas facies como pertenecientes a un ambiente intersupratidal, donde durante ciertos lapsos de tiempo los sedimentos formados estuvieron expuestos a un ambiente subaéreo.

Por encima de estas laminillas algales se apoya un banco de yeso nodular que solo localmente presenta una laminación conspicua, cuyo espesor varía entre 6 y 10 metros. El yeso es impuro y presenta variaciones faciales frecuentes. Por ejemplo en la vertiente oriental del Cerro El Salado sus niveles inferiores pasan lateralmente a niveles de celestina masiva, con textura granular gruesa, característica de una deposición subaérea. Estas características se vuelven a observar en la región más al norte; en la ladera occidental del cerro Mula (mina El Minarete) donde es visible la presencia, en la parte inferior del banco, de niveles de una celestina parda ("barita mora" de los mineros de la región) que presenta similares características texturales. En otros sectores este banco de yeso pasa transicionalmente a una dolomía masiva, que se interpone con niveles

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



23  
SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

///.

de celestina de textura cebrada característica (fig. 5).

Las características texturales del banco de yeso indican su deposición en un ambiente subaéreo, en donde debido a la superficie irregular del terreno, quedaron sectores correspondientes a antiguos canales de marea o lagunas costeras, donde el agua permanecía temporariamente facilitando la precipitación de la celestina masiva y del yeso laminado en los niveles inferiores. Los niveles superiores son de típica deposición subaérea evidencia por una textura nodular.

Estos mantos con celestina presentan una potencia que varía desde unos pocos centímetros hasta 2 m. El conjunto de las facies evaporíticas tiene un espesor de hasta 12 m.

c) Litofacies suprayacentes. Por encima continúan las dolomías arcillosas en delgados niveles de hasta 5-10 cm. de espesor, interpuestas a fangolitas y arcilitas rojas que suelen contener restos de pelecípodos y foraminíferos característicos de la parte superior del Miembro Tosca (Ramos, 1975). Intercalados con las arcilitas se observan delgados niveles de yeso removilizado. Estos estratos contienen bancos de halita cristalina y masiva. En esta halita se observa una laminación paralela conspicua que indicaría una precipitación en medios subaéreos. Las variaciones de espesor y su morfología lentiforme a lo largo del banco en la misma posición estructural, indican su deposición en lagunas costaneras, esporádicamente conectadas con el mar.

Estos bancos son sepultados por areniscas rojas de típico ambiente continental con restos de troncos.



Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería



SERNAH - Form. 19a/74 - 12.000

24

///.

EJEMPLOS DE YACIMIENTOS DE CELESTINA-BARITINA en AMBIENTE EVAPORITICO

Con respecto al origen de la celestina ya Emmons en (1918) comenta que la misma se encuentra en calizas y en capas de sedimentos químicos y generalmente asociada a yeso y azufre, y rara vez se presenta como mineral de ganga de vetas metalíferas. Lindgren en (1933) dice que el Sr se encuentra en forma de celestina o estroncianita frecuentemente como nódulos y bancos en rocas sedimentarias, particularmente en calizas y anhidritas y sólo alguna vez en vetas de origen hidrotermal. Bateman (1942) menciona que la mayoría de los depósitos de Sr están incluidos en rocas sedimentarias.

Enck (1960) comenta que el yacimiento Yate, Gloucestershire, Inglaterra, es el depósito productor de celestina más grande del mundo. En él se presenta en masas irregulares asociadas a cuerpos similares de yeso, que se extienden a lo largo de 7 millas. El uso del Sr en nuevas aplicaciones hizo que se trabajaran también otros depósitos, como ser los yacimientos de Montevive, Granada, España (mantos sedimentarios de celestina asociada a calizas, arcillas y yeso), los depósitos de Australia (mantos ligados a evaporitas), yacimientos de Méjico y Canadá.

Uno de los trabajos modernos más explícitos sobre la formación de celestina en ambientes evaporíticos es el de Müller (1962). En el año 1956, durante las perforaciones del campo petrolífero de Hemmelte West, Rep. Fed. Alemana, se descubrió un yacimiento de celestina en el Malm Superior, cuya reserva es de varios millones de toneladas y con potencias de hasta 4 m y medio. La investigación mineralógica-petrográfica de esta secuen-

///.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de

Recursos Naturales y Ambiente Humano

Subsecretaría de Minería

///.



cia permitió interpretar la génesis de este depósito como sedimen  
tario-singenético-evaporítico. El mencionado autor estudió el  
comportamiento geoquímico del contenido de Sr en el agua de mar,  
los distintos estadios de evaporación con la correspondiente pre  
cipitación de determinadas evaporitas, y basado en las condicio-  
nes físico-químicas y paleogeográficas, da un origen evaporítico  
a la formación de yacimientos de Sr en cuencas salinas. Describe  
que durante el Malm superior se formó en la parte sud del actual  
campo petrolífero una franja angosta de rumbo WNW-ESE en la que  
se ubica un umbral submarino alargado al que está restringido la  
formación de celestina. Por la escasa profundidad del agua de mar,  
en dichos umbrales la evaporación fué más intensa que en las cuen  
cas adyacentes más profundas. Por esta preconcentración se produ-  
jo la saturación del  $\text{SrSO}_4$  muy poco antes la saturación del  $\text{CaSO}_4$ .  
La precipitación del  $\text{SrSO}_4$  en el umbral pudo continuar un cierto  
tiempo debido a nuevos aportes de Sr que traían consigo las ma-  
sas de agua que circulaban cíclicamente desde el umbral hacia las  
zonas más profundas de la cuenca para retornar al ~~el~~ umbral, car-  
gadas con el Sr proveniente de esos fondos, como así también nue-  
vos aportes de mar abierto (~~ver fig:~~ ); todo ello llevó a  
que durante un cierto tiempo se mantuvieran las condiciones de  
saturación del  $\text{SrSO}_4$ , dando como resultado un banco potente de  
celestina.

El perfil en Hemmelte West es el siguiente:



- anhidrita
- alternancia de celestina y anhidrita
- celestinita pura
- carbonato



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



Los distintos espesores de las capas de esta secuencia varían lateralmente e incluso llegan a faltar si antes de la saturación del  $\text{CaSO}_4$  existió una fuerte dilución de las salmueras. Los sedimentos ricos en celestina del Malm superior se parecen megascópicamente a las rocas anhidríticas masivas con textura facoidal y bandeadas, típicas de aguas poco profundas y la textura masiva se debe a la distribución irregular de los granos individuales. Constituyentes menores son caolinita, illita y piritita.

Durante la exploración petrolífera realizada en el NW Alemania se encontró nuevamente en la perforación Hohes Moor 21, una manifestación de celestobaritina en el Pérmico superior, para los cuales Puchelt y Muller (1964), proponen una deposición singenética intraformacional en el Zechstein salino, dado que la celestobaritina se parece en su condiciones paleogeográficas, textura y sedimentación a los depósitos de celestina de Hemmelte West. En la perforación se encontró un banco de 75 cm de potencia de celestobaritina con un contenido en  $\text{SrSO}_4$  de 8,6% en peso. Aquí la celestobaritina se presenta concordante entre dolomita y anhidrita y se supone que su precipitación ocurrió, al igual que en Hemmelte West, en un umbral submarino. El alto porcentaje de Sr de la baritina es extraído de los contenidos primarios del agua del mar, mientras que para el bario los autores proponen un origen similar al de las baritinas de Meggen y Rammelsberg o sea volcánico exhalativo submarino. La celestobaritina se asocia aquí a fluorita y azufre nativo, no conociéndose paragénesis de bariti-



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



27

na y azufre nativo en vetas hidrotermales. En Puchelt y Muller (1964) se citan observaciones de Butlin sobre la actividad bacteriana por la cual se reducen los sulfatos hasta una profundidad de 1.200 m y 63° C en aguas artesianas.

En el SW de Cerdeña se conoce un yacimiento constituido por la deposición estratiforme de baritina dentro de la llamada "dolomia rigata" del Cámbrico (Gandin et al, 1973) la cual alcanza un espesor de 15 a 20 metros. La mineralización ha sido detectada en una extensión longitudinal de por lo menos 1 a 1,5 kilómetros. Se trata de 3 bancos de baritina de 0,50 a 1 m de espesor alternantes con bancos de dolomita. Localmente los bancos presentan aspecto cebrado debido a una secuencia rítmica de bandas finas de baritina blanca y dolomía oscura. La litofacies más común está constituida por bancos irregulares de dolomita oscura, masiva, con pellets, estilolitas y estructuras tipo "bird's eye" en la cual también hay lentes de baritina de pocos centímetros. Esta litofacies es característica de deposición carbonática en una planicie tidal en la que se forman diferentes microambientes, donde las lagunas son alimentadas a través de canales de marea, por capilaridad del nivel hidrostático, por infiltraciones de agua marina a través de barras y por mareas excepcionales. El paleoclima fue probablemente cálido y árido permitiendo la evolución a ambientes de tipo "sabkha", de intensa evaporación.

### DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE YACIMIENTOS.

a ) Accesos a las diferentes manifestaciones y minas.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- Grupo de manifestaciones del Cerro Mesa. Por la ruta nacional 40 hasta el paraje 3 Piedras (unos 14 km al N de Zapala) donde se desvía a la derecha, llegando a los 9 km al puesto Ojo de Agua. desde dicho puesto, 1km a la izquierda se encuentran las manifestaciones que rodean el flanco oriental y austral del Cerro Mesa.
- Grupo de manifestaciones Felicinda, Flor María y José Angel. Desde el puesto Ojo de Agua se siguen unos 8 km al E por el camino que conduce a paso de los Indios y a dicha altura a mano izquierda del camino se ubican las manifestaciones.
- Grupo de yacimientos y manifestaciones de Cerro Partido. Por la ruta 40, unos 20 km al norte de Covunco Centro se toma un desvío hacia el E hasta recorrer unos 10 km.
- Grupo de yacimientos y manifestaciones de Bajada del Agrio (Santa Bárbara, 4 de Noviembre, Santa Ana, Santa Teresa). Santa Bárbara y 4 de Noviembre se encuentran 8 km al N de la localidad Bajada del Agrio (km 798 de la ruta nacional 40), al oeste de la ruta y enfrente del campamento minero. Santa Ana Y Santa Teresa. Desde el campamento minero se siguen 2 km hacia el norte y se cruza a pie el río Salado, en cuya margen izquierda se encuentran los laboreos.
- Grupo de manifestaciones del Co. Salado (El Salado, La Corrida, La Cuesta, El Olvido). Sobre la ruta 40, unos kilómetros al norte del puente sobre el río Salado, se encuentra una picada de YPF que se sigue hacia el E, hasta cruzar la serranía y



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- llegar al faldeo oriental. De allí se ubican las manifestaciones hacia el norte y sur.
- Grupo de manifestaciones Aguada de las Mulas (Reinaldo Luis y Julieta). Unos pocos kilómetros al sur del Motel Chorriaca, se dobla hacia el E por una picada, luego de doblar la picada hacia el sur se recorren unos 15 kilómetros.
  - Grupo de manifestaciones El Minarete y Dios Alado. Frente al Motel Chorriaca sale una senda hacia el este, por la cual se recorren unos 8 kilómetros.
  - Grupo de yacimientos Continental (Cecilia, La Blanca, La Graciela, San José, Santa Elena y Santa Rosa) Sobre la ruta nacional 40 y a unos 3 kilómetros al norte de Casa Nuestra se dobla por una picada hacia el este hasta cruzar el río Pichi Neuquén. Allí, en frente de la escuela se encuentran las labores de la mina San José. Siguiendo el Camino y rodeando el Cerro Rayoso se llega a la mina Cecilia, La Blanca y Graciela que se ubican en la ladera oriental del mencionado cerro.
  - Mina Naunaucó. Desde la localidad de Naunauco se toma una picada hacia el este por unos 8 kilómetros.
  - Grupo de yacimientos de Balsa de Huitrín (Barda Klein y El Derrumbe) para llegar a la mina de Barda Klein se toma una picada que sale a unos 3 kilómetros al norte de la Balsa Huitrín, en dirección al oeste.
- Para llegar a la manifestación El Derrumbe, se toma una picada al sur de la Balsa Huitrín, hacia el oeste.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



50

- b.) - A continuación se describirán los depósitos estudiados, agrupándolos en tres tipos según la textura de la mineralización y su carácter sin o epigenético.
- 1) - Mantos de celestina masiva, singenéticas con las facies evaporíticas.

A este tipo de depósito corresponden de norte a sur las siguientes manifestaciones:

- a) Naunauco
- b) Minas El Minarete y Dios Alado
- c) Co. Salado Sud (Mina El Olvido)
- d) Co. Partido sud y norte

En todos los casos se trata de mantos concordantes con la estratificación de pocos centímetros hasta dos metros de espesor y su posición actual depende de la estructura local; por ejemplo en Co. Partido las capas, de hasta 1 metro de espesor son casi horizontales mientras que en Naunauco son verticales ocupando el núcleo de un apretado sinclinal. En la zona El Minarete y Dios Alado el banco de celestina, de 0,8 a 1 m de espesor, se halla replegado, repitiéndose varias veces la secuencia. Este banco en su base es masivo y pasa lateralmente a laminillas de celestina y carbonato de origen algal. Este banco se sitúa siempre por debajo del yeso. Las manifestaciones Felicinda, Flor María y José Angel presentan la celestina masiva constituida por dos niveles de 30 y 15 cm de típica textura granular fina.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



Cabe mencionar que en las minas El Minarete y Dios Alado existe una incipiente removilización en la parte superior del banco de celestina con crecimiento drusiforme de celestina blanca en cavidades. A su vez en Co. Partido se encontró estroncianita como mineral secundario.

Las longitudes de los mantos de celestina son solo estimables por sus afloramientos, llegando a ser de centenares de metros,. En cambio su ancho en sentido E-W no es dimensionable en superficie. Los bancos generalmente son lentiformes acunándose lateralmente.

La mena se presenta con textura granular, teniendo los cristales hábito espático. Su color varía en los diferentes yacimientos desde blanco-amarillento-castaño en el Co. Salado, un color pardo grisáceo en Naunauco y Co. Partido mientras que el de El Minarete es gris oscuro.

Al microscopio se observan mosaicos formados por cristales de celestina de tamaño que varían entre 1 y 5 mm. Intergranularmente e incluidos en la celestina se observan pequeños granos idio y subidiomórficos de dolomita, y películas de óxidos de hierro.

Un análisis químico de una muestra de la mena masiva del depósito Naunauco, dió el siguiente resultado:

|            |       |
|------------|-------|
| Sr O ..... | 46,2% |
| Ca O ..... | 7,5%  |
| Ba O ..... | 0,5%  |



Ministerio de Economía  
Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| SO <sub>3</sub> .....                | 35,6% |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 3 %   |
| SiO <sub>2</sub> .....               | 2 %   |
| CO <sub>2</sub> .....                | 6,5%  |

2) Yacimientos mantiformes singenéticos con removilización epigenética.

A este tipo de yacimientos corresponde el grupo denominado "Bajada del AGRIO" (4 de noviembre, Santa Bárbara, Santa Ana y Santa Teresa), el grupo Continental (La Blanca, Graciela, Cecilia), Reinaldo Luis, y el grupo Balsa Huitrín (Barda Klein, El Derumbe).

También aquí se trata de mantos concordante compuestos por una deposición singenética y una removilización "in situ" epigenética, con formación de estalactitas y relleno de cavidades que solo afecta el sector superior. La base del manto <sup>donde</sup> se preserva la deposición singenética, está formada por una alternancia de bancos de pocos milímetros a centímetros de espesor de carbonatos intercrecida con celestina y celestina prácticamente pura (fig. 5 a y b). A esta textura Gandin et al (1973) la denominan "cebrada". Se presenta en tres variaciones:

- a) capas aproximadamente paralelas (fig. 5 c)
- b) capas con grietas de desecación, removidas de su posición original durante su exposición subaérea (fig. 5 d)
- c) capas con plegamiento intraformacional y con evidencias de deslizamiento subácueo, entre bancos horizon-

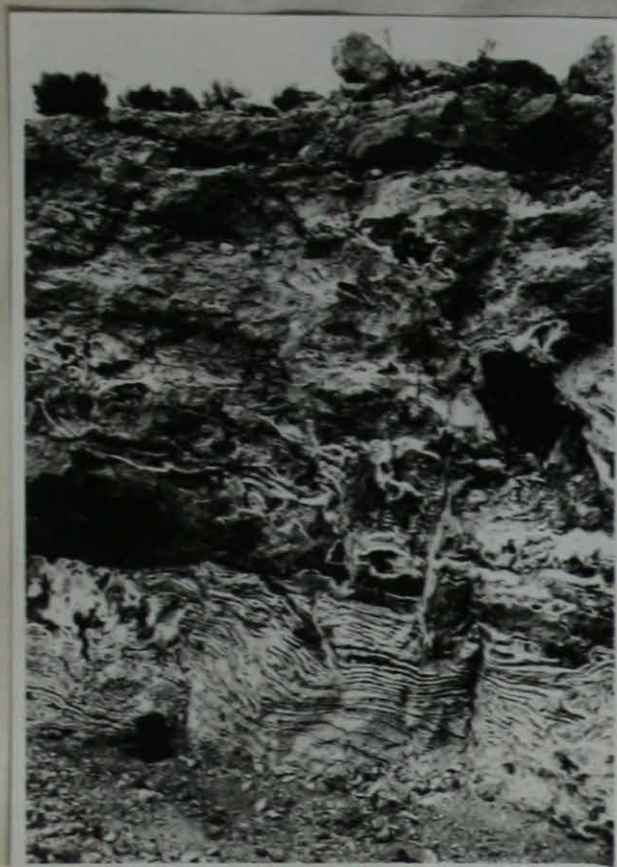


Fig.5a



Fig.5b

Fig.5a Manto de celestina de la Mina La Blanca. Celestina de textura cebrada en la parte inferior y removilizada en la parte superior

Fig.5b Detalle de la textura cebrada con evidencias de deslizamiento subácueo

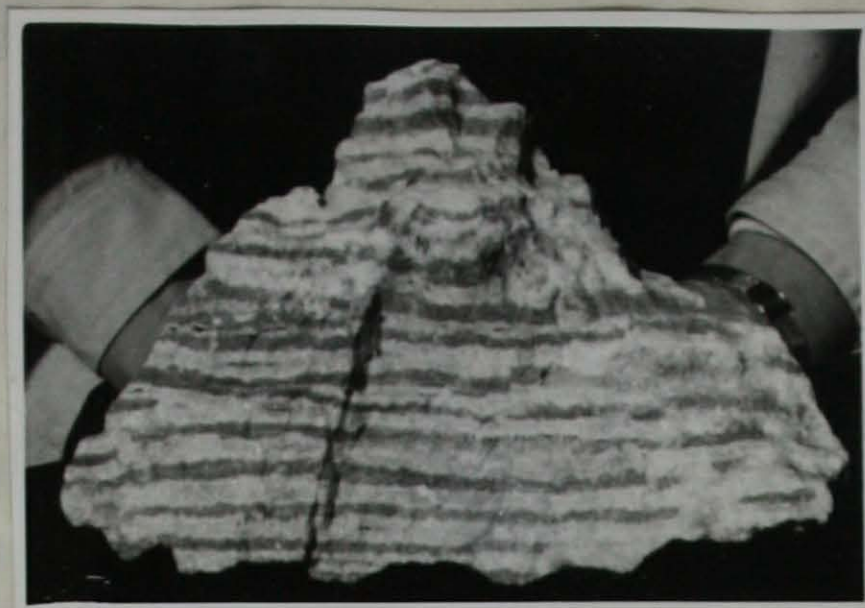


Fig.5c



Fig.5d



Fig.5e

- Fig.5c Mina Cecilia. Textura ondulada, paralela
- Fig.5d Mina Santa Ana. Cristales de desecación removidos.
- Fig.5e Mina Santa Ana. Laminación entrecruzada por desliza-  
miento subacuoso.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



tales, (fig. 5 e).

Estos tienen una apariencia de laminación entrecruzada, pero su mecanismo de formación ha sido explicada por Richter Bernburg (pag. 635, 1953).

Las localidades típicas de estas tres formas de textura son los depósitos de Santa Ana, del grupo Continental y el Reinaldo Luis.

El sector superior de los bancos mineralizados está formado por estalactitas y relleno de cavidades. El mineral dominante sigue siendo la celestina. Los yacimientos donde mejor se observa la removilización son los del grupo Continental y Barda Klein. Es frecuente encontrar cavidades con formación de estalactitas en las que se observa la precipitación según el orden característico de solubilidades: Un núcleo de baritina, rodeado por capas de celestina de diversos colores. Las estalactitas pueden estar recubiertas por patinas de limonitas en las que se apoya yeso hialino recristalizado. En el yacimiento Barda Klein es notable la cantidad de limonitas que recubren a las estalactitas. En estos depósitos la baritina se encuentra además en forma pulverulenta y formando pequeñas rosetas. Este hecho es confirmado por los mineros que comentan que la mejor baritina (mayor pureza y peso específico) es la que se forma en los espacios abiertos donde hubo mayor circulación de agua.

Las manifestaciones del Grupo Continental, La Blanca, Graciela y Cecilia son repeticiones de un único banco por fallamiento, y están ubicadas en el ala oriental del anticlinal del



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



Co. Rayoso. El manto con celestina tiene un espesor promedio de 1,50 m.

En la margen deracha del río Pichi Neuquén, 300 m al SW de la escuela, vuelve a aflorar el banco de celestina con su típica textura cebrada.

En Barda Klein, el manto de 6-7 m de potencia está fuertemente inclinado hacia el este. Hacia el norte y dentro de los 1.000 m de longitud a lo largo del rumbo el banco de celestina se transforma transicionalmente en un banco de yeso.

En cambio en Santa Bárbara ubicada en el flanco oriental del anticlinal de Punta Alta, los bancos tienen una inclinación de aproximadamente  $45^\circ$  al E. Están muy plegados debido a la falta de competencia de las arcilitas interestratificadas con el yeso, en contraste con la parte cuspidal de la Formación Agrio, originando un complejo sistema de pliegues de segundo orden.

En Reinaldo Luis aflora un banco de celestina cebrada en el contacto de las Formaciones Agrio y Huitrín que ha sido escasamente trabajado.

Al microscopio las capas de celestina de textura cebrada están formadas por bandas de cristales fibroradiados de celestina pura alternando con bandas de celestina de igual hábito interarecidas con abundante dolomita.

3) Yacimientos vetiformes epigenéticos formados por soluciones descendentes.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



37

El yacimiento más representativo de este tipo es San José, ubicado en el ala occidental del anticlinal Co. Rayoso. En el flanco opuesto se encuentran las minas del grupo Continental. Se trata del relleno de un sistema de fallas tensionales secundarias, subparalelas a una principal de carácter inverso que pasa por el Río Pichi Neuquén. Esta falla principal se ubica en el contacto entre la Formación Agrio y los niveles basales de la Formación Huitrín. El relleno está constituido por baritina con texturas coloformes de aspecto chorreado descendente y las paredes de las fallas no presentan alteración. Entendemos que este depósito se originó a partir del manto mineralizado suprayacente, ausente en este flanco por erosión o tectónica, y que la solubilidad diferencial del  $\text{SrSO}_4$  y  $\text{BaSO}_4$  hizo que en corto trecho solo se depositara la baritina mientras que el  $\text{SrSO}_4$  migró.

Ya a Oliveri (1964) les había llamado la atención las características descendentes de estas vetas. Es notable también, observar en las pilas de cancha mina de este depósito, la recristalización de la baritina que tuvo en pocas décadas, demostrando la alta solubilidad de ella en condiciones ambientales.

En Aguada de las Mulas se puede observar además del manto concordante con textura cebrada a la mina Reinaldo Luis, una veta vertical, la mina Julieta, perpendicular a la estratificación de la Formación Agrio, mineralizada con baritina, cuarzo y calcita. Se trata del relleno de un sistema de fallas de extensión, transversales al anticlinal, para el que se propone un origen descendente.



*Ministerio de Economía*  
*Secretaría de Estado de Recursos Naturales*  
*y Ambiente Humano*



Por otra parte dado el mecanismo de emplazamiento es factible que en el área existan otras vetas de este tipo.

Asimismo podrían tener <sup>el</sup> origen las vetas transversales de la mina El Barreal, en la ladera oriental del Co. Rayoso,

4) Otros Yacimientos asociados a la Formación Huitrín.

Los yacimientos ubicados en la ladera oriental de la Sierra de Churriaca, de acuerdo al registro gráfico del catastro minero, muestran una correlación directa con el afloramiento de un apretado sinclinal de la Formación Huitrín a lo largo de 20 km longitud, encontrándose más de 12 manifestaciones de celestina-baritina estratoligada s. l. Esta ubicación estratigráfica definida nos permite suponer que debe tratarse de algunos de los tipos de yacimientos antes descriptos.

Una relación análoga presentan otros yacimientos que figuran en el mapa adjunto.

5) Otros yacimientos de baritina.

En la zona de Mallin Quemado existen dos grupos de minas diferentes entre sí de los cuales el yacimiento Achalay está formado por un manto de baritina suprayacente al Yeso Principal, fallado y brechado. La similitud de la litofacies de los yacimientos estudiados en la Formación Huitrín con los de este yacimiento permiten sugerir un origen sedimentario en la que la mayor riqueza en Ba de la mineralización (baritina con 20% molar de  $\text{SrSO}_4$ , Hayase et al 1975) se podría interpretar como de origen volcánico exhalativo como el que proponen Puchelt y Müller (1964), y Lyons (1975).



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



39

El grupo de minas de Río Agrio en Mallín Quemado, conjuntamente con las vetas de Churriaca y Curacó poseen una paragénesis más compleja dada la presencia de sulfuros tales como blenda, galena, calcopirita y pirita, que las hace diferentes a las típicas vetas descendentes, asociadas a los yacimientos estratoligados conocidos.

El grupo Gollipilli, San Eduardo y Bienvenida, (actualmente en estudio por la Dra. L. Malvicini) está relacionado con la parte cuspidal de la Formación Agrio, en posición estratigráfica similar a los otros yacimientos estudiados y posee textura cebrada. Presenta una abundancia de minerales de hierro, que puede estar relacionada al metamorfismo térmico producido por los intrusivos andesíticos de edad terciaria.

Las numerosas manifestaciones de baritina pocos centenas de metros al E y NE del Co. Mesa, al sur del Río Confunco, ubicadas en la parte media a superior de la Formación Agrio, están constituidas por un banco de 10-20 cm de espesor de ftanitas nodulares cementadas por baritina. Si bien la mineralización es estratoligada su mineralogía y origen es diferente del resto de los yacimientos estudiados. Su naturaleza irregular y escasa mineralización permite desestimar la importancia económica de estas manifestaciones.

Aunque fuera de la zona abarcada por este estudio, el yacimiento Cura Mallín, al SE de Andacollo, presenta varias evidencias de su naturaleza estratoligada. Su estructura mantiforme y concordante con los estratos es solo interrumpida por un



*Ministerio de Economía*  
*Secretaría de Estado de Recursos Naturales*  
*y Ambiente Humano*



sistema de fallas tensionales. La textura de la baritina es similar a la "flaser" de Richter - Bernburg (pag. 612, 1953), la cual típicamente sedimentaria.

CONCLUSIONES.

Como surge de la observación de los datos presentados, las manifestaciones de celestina tienen una posición estratigráfica definida. La evolución de las litofacies configuran un ciclo sedimentario con un pasaje de un ambiente marino de circulación abierta a facies más costaneras y de circulación restringida. La secuencia de las distintas sedimentitas y su composición mineralógica permiten reconstruir la transición de un ambiente intertidal con mayor o menor aporte detrítico a una facies supratidal de netas características penesalinas. Si bien la evolución continuó a ambientes salinos e hipersalinos, la celestina se ubica en forma constante, entre las facies intertidales del ambiente penesalino.

El origen evaporítico de los mantos de celestina está indicado por su composición monomineral, con repeticiones cíclicas caracterizadas por la textura cebrada y controladas por las secuencias de solubilidad de precipitación entre carbonatos y sulfatos de calcio, en soluciones marinas saturadas en condiciones ambientales.

Las características texturales observadas en algunos yacimientos así como en el banco de yeso sobrepuesto, tales como grietas de desecación, textura nodular (chicken wire), laminación algal infrayacente, posibilita la reconstrucción, dentro



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



41

de una evolución marina regresiva, de un típico ambiente de "sabkha", tal como fuera definido por Kinsman (1969). En esta extensa planicie supratidal cubierta temporarily y localmente por las mareas excepcionales se formaron las condiciones para la precipitación de celestina en depresiones poco profundas. Esto explicaría la deposición subáerea de la celestina íntimamente ligada a otras evaporitas de formación subaérea.

La existencia de 8 g/t de Sr en el agua de mar (30 veces menos que la de Ca, Rankama y Sahama 1954), es suficiente para precipitar el  $\text{SrSO}_4$  ante una evaporación equivalente a  $1/3,35$  a  $1/5$  del volumen original del agua del mar, como fuera demostrado por las experiencias de Müller (1962). La relación observable entre la potencia promedio de los bancos de celestina y el espesor del banco de yeso guardan una estrecha relación con las proporciones originales de Sr y Ca.

La presencia de azufre nativo en el banco de yeso podría ser explicada por la acción de bacterias reductoras, de acuerdo a Butlin (en Puchelt y Müller, 1964).

Los bancos de celestina singenéticas han sido removilizados epi o postdiageneticamente lo que es evidenciado por la mayor movilización de los sectores superiores y la casi inexistente modificación de los niveles basales. Esta removilización es posiblemente producida por la acción de aguas meteóricas, dependiendo su intensidad de la forma de exposición, la posición estructural y la textura del banco de celestina. Debido a esto los mantos de textura cebrada presentan una mayor facilidad de remo-



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



42

vilización que las masivas. El aparente enriquecimiento en baritina de estos yacimientos removilizados es debido a la menor solubilidad del  $\text{BaSO}_4$ .

El aumento de los espesores de las facies evaporíticas y de las areniscas infrayacentes de Zapala hacia el norte, se manifiesta también en una mayor potencia de los mantos de celestina.

Concluyendo: el origen evaporítico de los mantos de celestina-baritina con sus facies características de un ambiente supratidal, junto con su posición estratigráfica siempre por debajo del banco de yeso, brindan una guía concreta para orientar la exploración de este tipo de yacimientos.

### Agradecimientos:

Los autores expresan su agradecimiento a la Dirección Provincial de Minería del Neuquen por su apoyo en la localización de los yacimientos, a la C.I.C. (prov. de Bs. As.), en especial a la Lic. Beatriz Guichón por los análisis químicos efectuados. Nuestro reconocimiento es extensivo al Dr. Humberto Marchese por el estudio petrográfico de algunas de las muestras y al Lic. Miguel Uliana por sus interesantes discusiones acerca de la evaluación sedimentaria de la Formación Huitrín.

### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO :

Angelelli, V. 1941. El yacimiento de baritina del cerro Mallín Quemado, Dpto. Picunches, Neuquen D. N. G. M., inf. in. N° 25.



*Ministerio de Economía*  
*Secretaría de Estado de Recursos Naturales*  
*y Ambiente Humano*



- Bateyman, A., 1942. Economic mineral deposits, John Wiley and Sons.
- Berner, R., 1971. Principles of chemical sedimentology. McGraw-Hill.
- Butler, G., 1969. Modernn evaporite deposition and geochemistry of coexisting brines, the sabkha, Trucial Coast, Arabian Gulf, Journ. Sed. Petrol., 39, p. 79-89.
- Canelle, L., 1950. Yacimientos de baritina de la zona del cerro Mallín Quemado, Dpto. Picunches, Neuquen. D .N.M.G., inf. inédito N° 2 88.
- Coogan, A., 1969. Recent and ancient carbonate cyclic sequences. En Symp. on cyclic sedimentation in Permian Basin, Midland West Texas Geol. Soc., p. 5-16.
- Davies, G., 1970 a. Carbonate Bank Sedimentation, Eastern Shark Bay, Western Australia. Am. Assoc. Pet. Geol. Memoir 13 , p. 85-168.
- Davies, G., 1970 b. Algal Laminated Sediments, Gladstone Embayment, Shark Bay, Western Australia. Am.Assoc. Pet. Geol. 13, pp. 169-205.
- Dean, W., Davies , G. y Anderson, R.Y., 1975. Sedimentological significance of nodular and Laminated anhydrite. Geology, vol. 3, N° 7 pp.367-372.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- Digregorio, J.H., 1972. Neuquen. Geología Regional Argentina, Acad. Nac. Ciencias, pp, 439-505, Cordoba.
- Edie, R.W., 1958. Mississippian sedimentation and oil fields in southeastern Saskatchewan. Jurassic and Carboniferous of Western Canada, Allen Memorial Volume, de Am. Assoc. Pet. Geol. pp. 331-363.
- Emery, K.O.; Stevenson, R.E. y Hedgpeth, J.W., 1957. Estuaries and lagoons. Geol. Soc. of Am., Mem. 67, vol. 1, pp. 673-750.
- Emmons, W.H., 1918. The principles of Economic Geology. McGraw-Hill.
- Enck, E., 1966. Strontium Minerals. En Industrial Minerals and rocks. Am Inst. Min. Met. Petr. Eng.
- Engelhardt, W., 1936. Die Geochemie des Bariums. Chem. d. Erde, vol. 10, pp. 187.
- Friedman, G.M., 1972. Significance of Read Sea in Problem of Evaporites and Basinal Limestones. Am. Assoc. Pet. Geol. vol. 56, No 6, pp. 1.072-1.086.
- Friedman, G.M. y King, R.H. 1973. Problem of Evaporites and Basinal Limestones. Am. Assoc. Pet. Geol., vol. 57, No 12, pp. 2.457-2.459.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- Gandin, A.; Paladino, G.; Tocco, S. y Violo, M., 1973. Un esempio di deposizione stratiforme di barite nella "dolomia rigata" del Cambriaco della Sardegna sud-occidentale. Boll. Soc. Geol. Italiana, XCII, 2.
- Grahmann, W., 1920. Über Barytcolestin und das Verhältnis von Anhydrit zu Colestin und Baryt, Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Paleont. pp. 1-23.
- Groeber, P., 1955. Cretácico. Geografía de la Rep. Argentina, Soc. Arg. Est. Geogr. CAEA, II, la la. Parte. Buenos Aires.
- Gundlach, H., 1959. Untersuchungen zur Geochemie des Stromatiums auf hydrothermalen Lagerstätten. Geol. Jb. 76, pp. 637-712.
- Hayase, K.; Bengochea, A.; Dristas, y Labudia, C., 1975. Estudio del yacimiento de baritina-celestina de Mina Achalay, Mallín Quemado, prov. del Neuquen. VI Congreso Geol. Arg. Resumen.
- Harodyski, R.J., 1975. Stromatolites of the Lower Missoula Group (Middle Proterozoic), Belt Supergroup, Glacier National Park, Montana. Precambrian Research, 2, pp. 215-254. Elsevier.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- Horowitz, A.S. y Potter, P.E., 1971. Introductory Petrography of Fossils. Springer Verlag, New York.
- Illing, L.V.; Wella, A.J. y Taylor, J.C.M., 1965. Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf, in Dolomitization and Limestone diagenesis. Soc. Econ. Paleontologist and Mineralogist. Spec.pub. 13, pp. 38-111.
- Kendall, C.G. y Skipwith, P.A., 1969. Holocene Shallow-water carbonate and Evaporite Sediments of Khor al Bazam, Abu Dhabi, Southwest Persian Gulf. Am. Assoc. Pet. Geol., vol 53, Nº4, pp. 841-869.
- Kinsman, D.J.J., 1969. Modes of formation, Sedimentary associations, and Diagnostic features of Shallow-water and supratidal evaporites. Am. Assoc. Pet. Geol., vol 53, Nº4, pp. 830-840.
- Lambert, L.R., 1956. Descripción geológica de la Hoja 35b. Zapala (Neuquén). D.N.G.M., Bol. 83. Buenos Aires.
- Lindgren, W., 1933. Mineral Deposits. McGraw-Hill Co.
- Logan, B.W. y Cebulski, D.E., 1970. Sedimentary Environments of Shark Bay, Western Australia. Am. Assoc. Pet. Geol., Memoir 13, pp. 1-37.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



- Loza, J.S., 1973. Estudio del yacimiento de baritina "4 de Noviembre", Dpto. Picunches, prov. Neuquen. Tesis Licenciatura UNBA. Inédito.
- Lyons, W.A., 1975. La región mineralogenética andina. VI Congreso Geol. Arg. Resumen.
- Mason, B., 1960. Principios de Geoquímica. Ed. Omega. Barcelona
- Müller, G., 1962. Zur Geochemie des Strontiums in ozeanen Evaporiten unter besonderer Berücksichtigung der sedimentaren Coelestin/lagerstätte von Hemmelte-West. Geologie, Beiheft, Nº 35.
- Nacuchio, H., 1973. Estudio geológico-económico del yacimiento de Baritina Santa Bárbara. Tesis Licenciatura. UNBA. Inédito.
- Noll, W., 1934. Geochemie des Strontiums. Chemie der Erde, pp. 507.
- Oliveri, J.; Zakalik, B. y Juárez, M., 1964. Estudio geológico-económico preliminar de yacimientos de baritina de la provincia del Neuquen. Inst. de Invest. Mineras, Univ. Nac. de Cuyo. DN GM Inf. Inédito Nº 1.046.
- Plumley, W.J.; Risky, G.A.; Graves, R.N. y Kaley, M.E., 1972. Energy index for limestone interpretation and classification. Symp. Classification of Carbonate Rocks. Am. Assoc. Pet. Mem. 1, pp. 85-107.



# Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de  
Recursos Naturales y Ambiente Humano  
Subsecretaría de Minería



- Pfuchelt, H. y G. Müller, 1964. Coelestobaryt mit sedimentarem Gefüge. En: Sedimentology and ore genesis. Vol. 2 de Developments in Sedimentology. Elsevier Pub. Co.
- Ramos, V.A., 1975. Descripción geológica económica de la Hoja 33c Los Chuidos Norte, prov. del Neuquén. SGN. inf. inédito. Bs As.
- Rankama, K. y Th.G. Sahama, 1954. Geoquímica. Ed. Aguilar, Madrid.
- Richter-Bernburg, G., 1953. Über salinare Sedimentation, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Band 105, 4 Teil.
- Shaw, A.B., 1964. Time in stratigraphy. McGraw-Hill Co.
- Scherp, A. y G. Strübel, 1974. Zur Barium-Strontium-Mineralization. Min. Dep., Vol. 9.2.
- Sloss, L.L., 1953. The significance of Evaporites. Journ. Sed. Petrol. Vol. 23, pp. 143-161.
- Stipanovich, P.N., 1970. El Jurásico en Vega de la Veranada (Neuquén) el Oxfordense y el Diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. RAGA, XX. 4, pp. 403-478.
- Sudamconsult y Asoc. S.R.L., 1973. Desarrollo Minero del Neuquén. C.F.I.



Ministerio de Economía  
Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



ANEXO I

Descripción petrográfica de las menas

por Silvia Ametrano.

1) Mantos de celestina masiva, singeneticos.

a) Mina Naunauco.

Descripción macroscópica: posee un color castaño amarillento y su textura granular grueso, siendo el tamaño de los cristales muy homogéneo.

Descripción microscópica: la celestina se presenta con textura granular formando un mosaico homogéneo. Los individuos tienen forma idiomorfa a subidiomorfa con hábitos tabular o equidimensional. En los espacios intergranulares se ubica calcita (y/o dolomita?) y escaso óxido de hierro. El tamaño de los cristales de celestina oscila entre 1-2 mm.

b) Mina El Minarete.

I-Mena:

Descripción macroscópica: la celestina se presenta con un color que varía desde celeste a gris oscuro con textura granular gruesa .

Descripción microscópica: la textura es granular y los cristales poseen formas idio a subidiomorfas; en el primer caso el hábito es tabular. Es frecuente observar que los individuos de celestina poseen extinción ondulante y corrimiento de los planos de clivaje. Los cristales de celestina (de 3-4 mm) suelen



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



presentar textura "pseudopoiquilitica" englobando pequeños cristales idiomorfos de dolomita.

### II - Caliza que constituye el piso de la mena.

Descripción macroscópica: es una caliza de textura bandeada fina de color castaño con bandas gris oscuro paralelas.

Descripción microscópica: se trata de una caliza esparítica con laminación algal conspicua con bandas intercaladas de celestina de textura esferulítica.

### c) Cerro Salado, mina El Olvido.

#### I Mena

Descripción macroscópica: roca monomineralica de color pardo amarillento con textura granular gruesa y presencia de limonita.

Descripción microscópica: la celestina se presenta con textura granular idio y subidiomorfa e incluyendo escasos cristales de dolomita.

### d) Cerro Partido-Mena.

Descripción macroscópica: roca monomineralica de color castaño amarillento y de textura granular gruesa.

Descripción microscópica: la celestina se presenta con textura granular y habito tabular grueso. como mineral intersticial se encuentra calcita y/o dolomita que reemplaza a la celestina pudiéndose observar hermosas pseudomorfosis de calcita según celestina.



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



51

### 2) Yacimientos mantiformes singenéticos con removilización:

#### a) Mina Santa Ana. Mena.

Descripción macroscópica: la mena se integra por bancos de textura "cebrada" con bandas paralelas, entrecruzadas o corridas, alternantes de color castaño-amarillento y blancas de un espesor de 1,5 cm a 2 cm.

Descripción microscópica: las bandas claras están constituidas por celestina pura con textura granular esferulítica, siendo el tamaño de grano muy variado. Las bandas oscuras están compuestas por celestina íntimamente intercrecidas <sup>con</sup> calcita y/o dolomita, observándose ~~se~~emplazos de celestina por calcita.

#### b) Santa Bárbara - Mena.

Descripción macroscópica: la mena <sup>se</sup> presenta con grosera textura cebrada en bandas alternantes grises y blancas y también en bancos monomineralicos donde la baritina posee hábito arborescente, coloforme y es de color blanco.

Descripción microscópica; las muestras con textura "cebrada" son semejantes a la mena de Santa Ana aunque la textura en Santa Bárbara es mucho más heterogénea en tamaño de grano y tipo (esferulítico o granular). En las bandas monomineralicas la baritina posee pequeñísimas inclusiones de calcita y/o dolomita, minerales que también pueden observarse en los espacios intergranulares.

#### c) La Blanca.

Descripción macroscópica: la mena posee textura "cebrada".



## Ministerio de Economía

Secretaría de Estado de Recursos Naturales  
y Ambiente Humano



52

Las bandas alternadas son de color blanco y castaño amarillento.

Descripción microscópica: las bandas claras están constituidas por celestina pura de hábito fibroso radiado y las bandas ~~claras~~ ~~están~~ castañas se integran por carbonato con esferulitas de celestina.

En aquellas muestras en que las bandas de celestina son un constituyente menor se puede observar una marcada laminación algal en la caliza.

### d) La Graciela -Mena.

La mena puede homologarse totalmente a la que constituye la manifestación La Blanca a excepción de la cantidad de óxidos de hierro que en La Graciela son más abundantes.

### e) Mina Barda Klein.

Descripción macroscópica: la mena es monomineralica constituida por celestina en grandes cristales idiomorfos con crecimientos drusiformes y estalactíticos. En el piso se pueden observar textura "cebrada" con abundancia de óxido de hierro.

Descripción microscópica: se describe microscópicamente la textura "cebrada": las bandas claras se componen de calcita y óxidos de hierro y las bandas oscuras están integradas por esferulitas de celestina y cristales tabulares del mismo mineral con gran variación de tamaño, intercrecidos con calcita y/o dolomita con abundancia de óxidos de hierro y yeso microcristalino y también escasas masas microcristalinas de cuarzo.



# UNIDADES MAPEADAS

 Depósitos cuaternarios

 Mantos volcánicos  
cenozoicos

 Intrusivas andesíticas

 Cubierta molásica del  
Cretácico superior

## MANIFESTACIONES MINERALES

Asociadas a la Form. Huitrín

 Mantos singenéticos de  
celestina

 Mantos singenéticos con  
removilización epigenética

 Vetas epigenéticas de baritina

 Yacimientos estratoligados de Ba  
y Sr según catastro minero

 Sal gema                       Azufre

 Cantera de yeso

Formación Huitrín

 (Yeso de transición)  
a) banco guía de yeso

 Depósitos jurásicos-  
neocomianos

 Formación Auquenco  
(Yeso principal)

Otros Yacimientos

 Vetas de Ba con sulfuros

 Bancos de nódulos silí-  
ceos con Ba

 Ba y Sr asociados al  
Yeso principal

 Manifestaciones de Ba  
y Sr.

# **RESTAN MAPAS**



