

# **SITUACION AMBIENTAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

## **A. Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental**

**CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LOS CUERPOS SALINOS  
DEL PARTIDO DE PATAGONES, PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

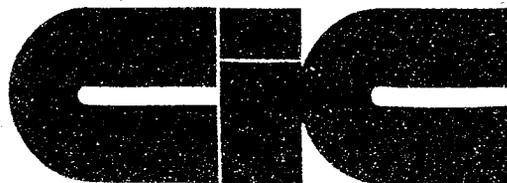
**Miguel A. Del Blanco\* e Isidoro B. Schalamuk\***

**\*INREMI, Facultad de Ciencias Naturales (UNLP).**

**\*CONICET - INREMI, Facultad de Ciencias Naturales (UNLP).**

**AÑO III - Nro.23 - 1993**

**Coordinación: Dres. Hugo L. López y Eduardo P. Tonni**



**provincia de buenos aires  
comisión de  
investigaciones científicas**

**calle 526 entre 10 y 11-1900 La Plata  
teléfonos 43795-217374-49581**

## INTRODUCCION

La presente contribución tiene por finalidad aportar un mayor conocimiento acerca de los cuerpos salinos del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires.

Se exponen las características geológicas locales de cada una de las salinas en estudio. Se consideran los aspectos geoquímicos de las mismas, sobre la base de los análisis realizados, llevados a cabo tanto sobre las sales como salmueras y fangos salinizados (vía húmeda). Además, se ejecutaron determinaciones de contenidos de elementos traza y otros minoritarios, mediante activación neutrónica.

Se incluyen, por último, consideraciones económicas de carácter preliminar sobre las reservas salinas de algunos de los cuerpos estudiados, y acerca de su probable génesis.

## UBICACION

El partido de Patagones, donde se localizan las salinas que son objeto de este trabajo, se halla comprendido en el extremo meridional de la provincia de Buenos Aires; geográficamente corresponde la zona a la región patagónica, constituyendo su extremo nororiental.

En el sector sudeste del partido de Patagones se registran una serie de bajos, algunos de ellos ocupados por salitrales y/o salinas (salina del Inglés, de Piedras, salitrales Grande y del Barrancoso, entre otros) que corresponden al sector relevado con mayor detalle (fig. 1).

Esta zona se ubica entre los meridianos  $62^{\circ} 15'$  y  $62^{\circ} 48'$  Long. Oeste y los paralelos  $40^{\circ} 30'$  y  $40^{\circ} 45'$  de Latitud Sur, aproximadamente. A esta zona se le suma la salina La Espuma, emplazada pocos Km al norte del curso inferior del río Negro y al ONO de la ciudad de Carmen de Patagones, con coordenadas de  $63^{\circ} 15' 30''$  Long. Oeste y  $40^{\circ} 41'$  de Latitud Sur.

## ANTECEDENTES

Es escasa la bibliografía que se refiere en detalle a la zona de estudio. Las primeras observaciones de carácter regional corresponden a D'orbigny (1842), Roth (1899) y Ameghino (1906).

Es el geólogo alemán Lutz Witte (1916) quien se ocupó con cierto detalle de esta área, determinando las características geológicas y estratigráficas locales, esbozando además una hipótesis acerca de la probable génesis de los cuerpos salinos.

Posteriormente, Groeber (1949) realiza observaciones sobre la geología e indica un origen glacial para los bajos que actualmente albergan a los depósitos salinos.

Se deben mencionar entre los antecedentes bibliográficos, si bien con un carácter regional, respecto a la zona objeto de este estudio, a Frenguelli

(1950) y Cortelezzi et. al. (1965, 1968), entre otros.

Franchi (1977), en las hojas geológicas 39m, 40m y 39n actualiza y amplía los conocimientos de la estratigrafía de la zona, refiriéndose también a los recursos saliníferos de la misma.

Trebino (1987) aporta valiosos datos sobre la geomorfología de la península de San Blas, incluyendo también el sector oriental del área estudiada.

Desde el punto de vista económico, se destacan los trabajos de Grossi (1951) y las recopilaciones de los recursos mineros de Cordini (1967) y Angelelli (1973).

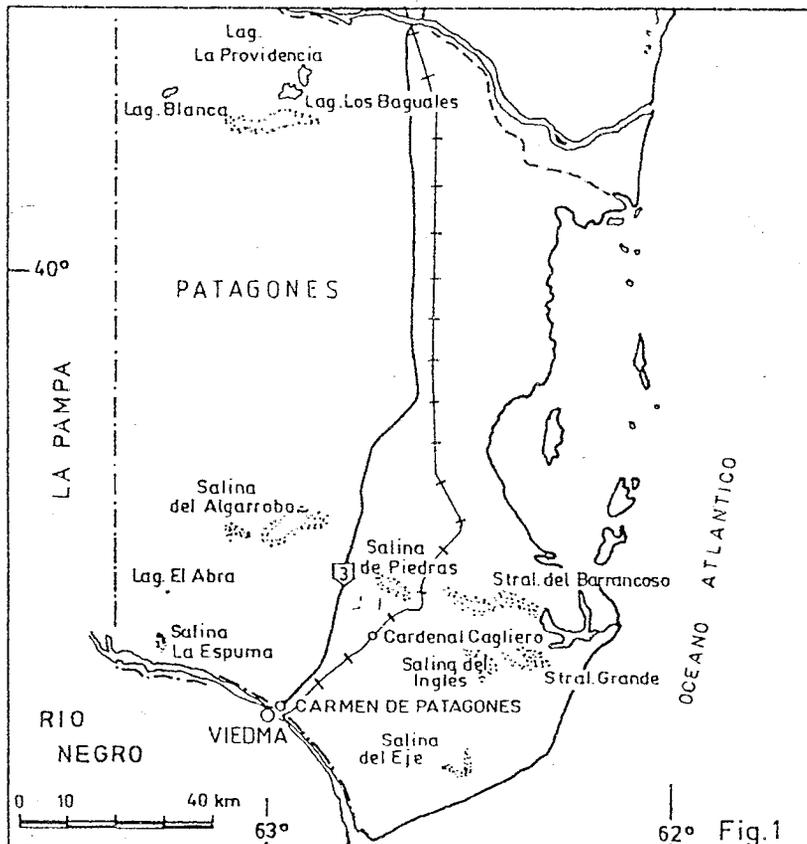
### CARACTERISTICAS CLIMATICAS

Sobre la base de los registros del Servicio Meteorológico Nacional (período 1901-1960) se puede indicar que las precipitaciones están uniformemente repartidas durante todo el año; las medias mensuales son inferiores a los 30 mm, registrándose las mayores precipitaciones en los meses de otoño y el bimestre Setiembre-Octubre. La media anual es de 331,7 mm, menor a otras estaciones ubicadas algo más al norte, lo que muestra una marcada influencia climática de la zona patagónica.

La temperatura media presenta valores comprendidos entre 14,2 y 14,6 °C, con máximas y mínimas promedio de 21 y 9,1 °C. La comarca posee un clima cálido en Enero y subtemplado en Julio, con clima templado en el promedio, según la clasificación de Knoche.

Los vientos predominan del N y NO, siguiendo en orden de frecuencia los del NE y SO, los que adquieren una mayor intensidad en la época estival.

Los valores de evapotranspiración real (según la aplicación de la fórmula de Turc) presentan valores de 321,2 mm (según datos del período 1901-1950) y de 336,5 mm (1950-1966), cifras que prácticamente equilibran a las de precipitación. En la época estival (Franchi, op.cit.) dichos valores superan con creces al de precipitación, lo cual favorece a la formación de las concentraciones salinas en los bajos.



## RASGOS GEOMORFOLOGICOS

El paisaje del sector SE del Partido de Patagones (fig. 1), en el área de las salinas es suavemente ondulado, donde se observa la alternancia de lomas y bajos sin salida, algunos de ellos de importante extensión. La mayoría de estos bajos tienen una forma alargada en sentido NO-SE con excepción de la salina del Inglés y la salina del Eje, de forma aproximadamente ovoidal. Algunos de estos salitrales se encuentran aún comunicados, aunque en forma esporádica, con el mar a través de canales de marea ("Arroyos" Walker, del Jabalí y del Guanaco, ver fig. 2) algunos de los cuales permanecen activos en la actualidad durante los períodos de alta marea. Dentro de éstos se encuentra el Salitral Grande, el cuerpo de mayores dimensiones, con 11 km de largo por 4 de ancho, con similar orientación a la Salina Cagliero.

En la península de San Blás, se alternan sucesivos cordones litorales, que constituyen una evidencia del ascenso gradual del continente, en épocas recientes. (Weiler, 1983; Ambrosini, 1984). Trebino (1987) atribuye estas acumulaciones a cambios hidrodinámicos del mar. A este respecto, Ambrosini (op. cit.) indica la existencia de una antigua línea de costa, representada por una escarpa de altura promedio de 10 metros, ubicada al oeste de la Isla del Jabalí y que con rumbo NO-SE llega hasta punta Rubia Falsa, para proseguir al sur con disposición paralela a la costa actual, encontrándose disectada por el A° del Guanaco. Weiler (op.cit.) señala la existencia de estos cordones (antiguas barreras de playa) con arena y restos de valvas de moluscos, cuyas dataciones arrojan valores de 4000 a 7000 años (Holoceno).

Asimismo, Trebino (op.cit.) reconoce 3 niveles de terraza o planicies de marea antiguas, encontrando la más moderna al occidente del A° del Jabalí (que limita la isla homónima) con cotas entre 3 y 5 metros s.n.m. a las que le asigna una edad de 3000 a 5000 años, determinadas por el método del C<sup>14</sup>; estas planicies se corresponderían con las terrazas que limitan o bordean la mayoría de los cuerpos salinos. Aliotta et. al. (1987) identifican niveles marinos en la zona costera de Ing. White que podrían asimilarse a los indicados. Existen, además del mencionado, otros dos niveles de terraza (I y II de Trebino, op.cit.) que se asignan a antiguas planicies de marea ubicados a una cota de 12-14 metros, cubiertos por "médanos antiguos", con edades de 30000 años, similar a la que Weiler (op. cit.) determina para las barreras de playa ubicadas al occidente de la costa actual, en la zona de Bahía Anegada, ubicada al norte de la zona (partido de Villarino). Trebino (op.cit.) indica la existencia de antiguas líneas de playa que alcanzan a los 62° 20', en coincidencia con el límite occidental del A° Walker.

## GEOLOGIA LOCAL

La geología del área es bastante simple, con escasos afloramientos, en forma saltuaria, principalmente ligados a las barrancas que limitan las depresiones y/o bajos sin salida. Se encuentran afloramientos cuyas edades se hallan comprendidas entre el Terciario alto (plioceno) al holoceno; la mayor parte de la superficie se presenta cubierta por sedimentos de carácter loésico de edad cuaternaria, muy difundido en todo este sector.

La Formación aflorante más antigua es la Fm. Río Negro, (Andreis, 1965) también denominada Fm. Belén (Zambrano, 1972), que alcanza su máximo desarrollo en el Salitral Barrancoso (8-10 metros) y está integrada por areniscas medianas, gris azuladas, muy bien seleccionadas, de escasa cohesión. Suelen aparecer bastante cementadas por CO<sub>3</sub>Ca en su sector cuspidal. En algunos sectores (Salitral Barrancoso y Salitral Grande) presentan intercalaciones de material pelítico (arcilloso), con potencias de 0,80 m promedio, que reflejan episo



dios lagunares dentro de la sedimentación continental que predomina en el sector, e incluso lentes de material sefítico que incluyen clastos de arcilitas y fangolitas castaño-rojizas, que proceden de niveles arcillosos similares a los descritos, en matriz arenosa-limosa y con potencias similares a las arcilitas. Según Franchi (op. cit.) los mismos se habrían depositado en pequeños paleocanales. En los lugares donde la misma se encuentra bien expuesta (barranca sur del Salitral Barrancoso, sector oeste y sur de la salina del Inglés, por ejemplo) se observa estratificación entrecruzada bastante conspicua.

El ambiente de depositación es típicamente continental (fluvial-eólico) en la sección superior, que es la aflorante en este sector.

Por encima, en discordancia erosiva de carácter regional, siguen los denominados "Rodados Patagónicos" cuyas principales características son: clastos redondeados, de 2-3 cm de diámetro promedio, hasta 5 cm como máximo; litológicamente corresponden a vulcanitas (andesitas, basaltos) y piroclastitas por lo general de textura porfírica con estratificación grosera (unidades de 1 a 2 metros) o ausente, encontrándose los clastos frecuentemente cementados por carbonato de calcio epigénico. El espesor máximo observado en el área no supera los dos metros. Los perfiles donde la citada formación se encuentra mejor desarrollada fueron observados en la Cantera Loma Lamarca y barranca sur del Salitral Barrancoso, siempre coronando los niveles de terraza más elevados. Cappanini y Lores (1965) reconocen los niveles de terraza más altos a 17-15, 12-10 metros, e indican que son remanentes de la terraza alta patagónica. Niveles de rodados, en general de tamaño más fino y con mayor grado de retrabajamiento y selección se encuentran en la terraza baja, a 5-3 metros (nivel de terraza III de Trebino, op. cit.), provocados por retrabajamiento por acción marina de los depósitos primarios ubicados a cotas mayores (Witte, 1916; Cortelezzi et. al., 1965 y 1968). Dichos depósitos tienen una amplia distribución en las zonas de barrancas que limitan a los cuerpos salinos.

Por encima de los Rodados Patagónicos y en discordancia de tipo erosivo, se depositan los denominados "Sedimentos Loessoides" de origen eólico (Franchi, op. cit.) constituidos por sedimentos arenosos finos, cuyos espesores en general no superan los 50 cm. Sería equiparable a la denominada Fm. La Aurora (Fidalgo et. al., 1985) identificada más al norte de esta zona. La estructura y textura original de estos depósitos se hallan bastante modificadas por el desarrollo posterior de suelos (suelos pardos, Cappanini y Lores, op. cit.).

Completan la secuencia sedimentos correspondientes a ingresiones modernas, que consisten en coquinas o microcoquinas o bien arcillas rojas y verdes con alto contenido salino, denominados por Franchi (op. cit.) "Sedimentos marinos de la salina del Inglés", posiblemente sincrónicos con los depósitos del nivel de terraza III de Trebino (op. cit.) y similares a los que Aliotta et. al. (1987) identifica en la región de Ing. White y a los que le asignan una edad holocena temprana. Serían equivalentes al Querandinense de Frenguelli, y a los sedimentos ingresivos que Fidalgo et. al. (1973) identificaron en la región de la Bahía de Samborombón.

Los depósitos de barreras de playa (rodados) ya tratados en el apartado de los rasgos geomorfológicos, serían sincrónicos de los ya mencionados depósitos marinos.

## RASGOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

Han sido varios los autores que señalan la existencia de un control estructural sobre la génesis de los bajos sin salida del sector SE del partido de Patagones, que albergan a los depósitos salinos.

Wichmann (1918) es el primero en señalar la existencia de una gran falla tectónica que controla el desarrollo de varios de los cuerpos salinos del SE

de La Pampa y Médanos-Bahía Blanca (Anzóátegui, Colorada Chica, Salinas Chicas, etc).

Kaaschieter (1965), Zambrano (1972), Turner y Baldis (1978) mencionan la existencia de fracturas menores de rumbo ONO-ESE y OSO-ENE y E-O, genéticamente ligadas a la formación de la Cuenca del Colorado.

Franchi (op. cit.) por otra parte, indica la posibilidad de un control tectónico profundo de las depresiones del sector SE del Partido de Patagones.

Kostadinoff y Font (1984), en un detallado trabajo basado en la determinación de parámetros geofísicos (gravimetría y magnetometría) determina la existencia de anomalías que según los autores podrían atribuirse, entre otras causas, a fracturas de pequeño resalto del comienzo de la cuenca del Colorado.

González Uriarte (1985) señala la existencia de un control estructural profundo en la alineación de los cursos fluviales de la zona sur de la Provincia de Buenos Aires, además de los bajos de la misma zona.

De lo expuesto puede inferirse que no podría descartarse la influencia de la tectónica del basamento de esta región para la formación de los bajos que albergan a los cuerpos salinos. Es clara la alineación NO-SE de la Salina Cagliero, a la que puede sumarse el Salitral del Algarrobo y el Salitral Grande, en coincidencia con los cursos fluviales más importantes de la región (fig. 1). Dicho alineamiento también se observa en el Salitral de la Gotera y otros cuerpos menores, ubicados algo más al norte de esta zona. La posterior acción fluvial y eólica, remoción en masa, retroceso de pendientes, etc., han remodelado y completado la fisonomía que actualmente presentan estos cuerpos salinos.

## SALINA DEL INGLES

### Ubicación y vías de acceso

Este cuerpo salino, ubicado en el sector SE del Pdo. de Patagones, se localiza a unos 25 km, en línea recta, al SO de la localidad de San Blas. Tiene una forma prácticamente ovoidal, con un eje mayor de una longitud de 5,5 km en dirección E-O y un ancho de 4,8 km en dirección N-S (ver plano fig. 3).

### Rasgos geomorfológicos

La zona de las barrancas que bordean la depresión presenta alturas promedio de 10 m.s.n.m., encontrándose el piso de la salina a cota cero o valores levemente inferiores al nivel del mar.

Los sectores más elevados de la planicie mesetiforme que rodean a la salina pertenecen al nivel I de Trebino (1987), mientras que los niveles ubicados al S y SE de la salina, que lo separan de la laguna "La Salinita", corresponderían al nivel II de terrazas del citado autor, que denomina a éstos como antiguas planicies de marea.

Como rasgo geomorfológico destacable, merece mencionarse a un antiguo canal de mareas, que comunicaba a esta salina con el mar, de rumbo aproximado E-O, que alcanzaba la costa a la altura de Punta Rubia Falsa (fig. 3). En su desembocadura existe un depósito de fangos salinizados (salitral) que Trebino (op.cit.) señala como un antiguo depósito deltaico. Posee una forma contorsionada y divagante con 30 metros de ancho promedio y termina abruptamente, a una distancia de 2,5 km al este del límite oriental del cuerpo salino; ya en este sector, alcanza un ancho mayor, bifurcándose y perdiendo continuidad.

Este canal de mareas también habría comunicado al bajo que ocupa la laguna la Salinita con el mar, aunque en este caso los sedimentos eólicos modernos depositados obliteran a este rasgo geomorfológico.

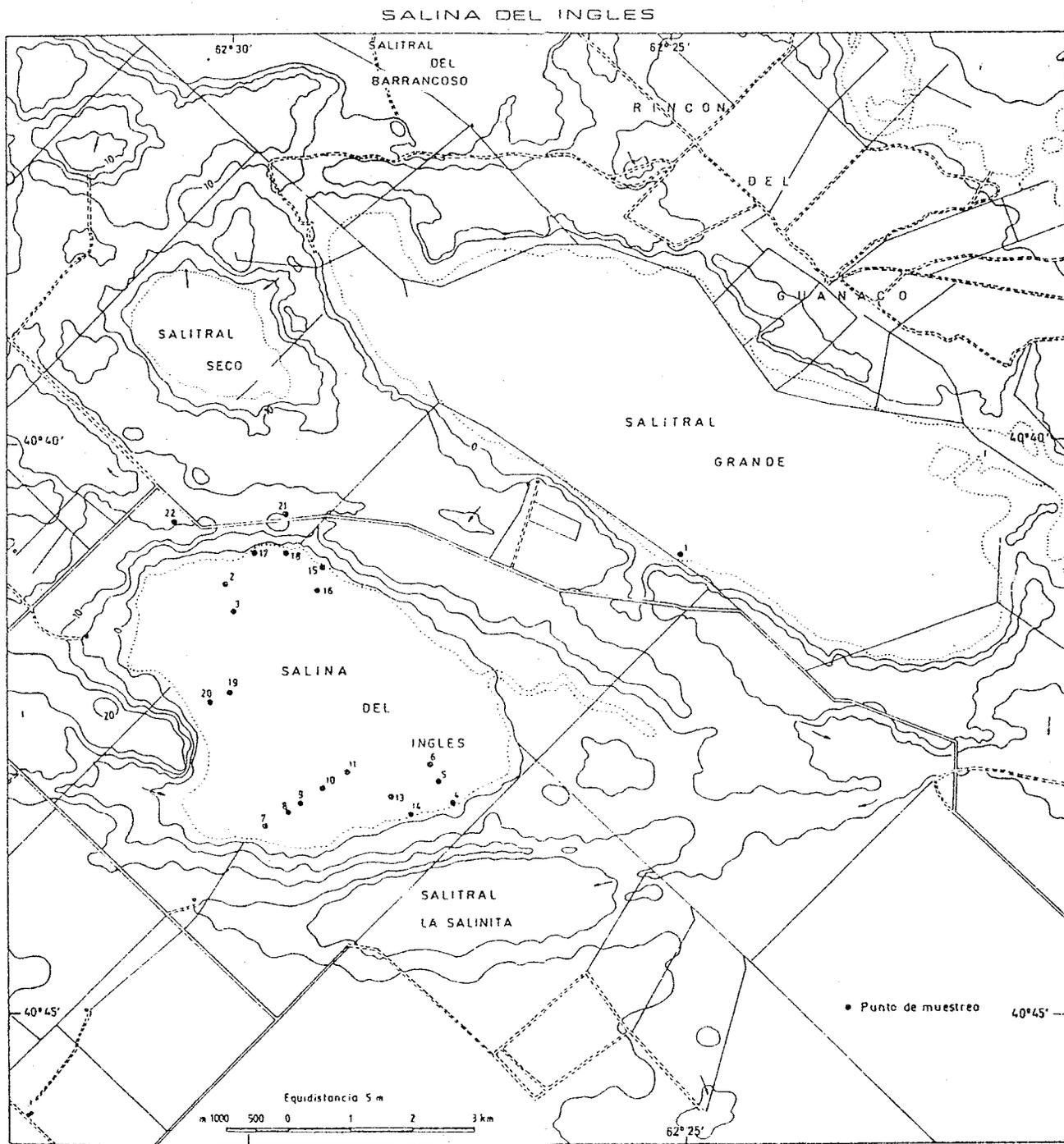


Fig. 3

## Características geológicas locales.

La unidad aflorante más antigua en este sector es la Fm. Río Negro, que presenta un espesor bastante considerable (ver perfil fig. 4) evidenciándose la misma bastante homogénea litológicamente. El perfil levantado en la barranca oeste de este cuerpo salino, está casi íntegramente compuesta por areniscas de granulometría media, bien seleccionada, en tonos grisáceos, con estratificación entrecruzada.

En la barranca sur de la salina las areniscas de la formación Río Negro aparecen con mayor contenido cuarzo-feldespático y de grano más fino (arena fina) lo que podría permitir su correlación con lo que Frenguelli (op.cit.) clasifica como Puelchense de San Blás, correspondiendo las mismas a arenas que en otros sectores de la Provincia de Buenos Aires aparecen por debajo de los Sedimentos Pampeanos.

El espesor máximo aflorante de esta formación se estima en alrededor de 6-8 metros encontrándose por lo general cubierta por los Rodados Patagónicos y sedimentos loesoides.

La porción aflorante de la Fm. Río Negro, según De Ferrariis (1966) corresponde a lo que este autor denominó como Miembro Cerro Bayo Mesa, cuyas características principales son un importante entoscamiento, con intercalaciones arcillosas de morfología lenticular y colores pardos.

Por encima de esta unidad y en discordancia de carácter erosivo, se encuentran los denominados Rodados Patagónicos. Los mismos derivan de rocas con una textura predominantemente porfírica, sobre todo andesitas y basaltos (Corteluzzi, et.al., 1968) Franchi (1977), con un diámetro promedio de 3-3,5 cm, inmersos en una matriz areno-limosa de coloración castaño clara. Su aparición y mayor desarrollo está limitado a las zonas topográficamente más altas.

La relación discordante con la infrayacente Fm. Río Negro se puede observar claramente en la cantera Chávez ubicada pocos Km al SO de este cuerpo salino.

No fue detectada la presencia de estos rodados en los sectores bajos que ocupan las salinas; sin embargo, algunos autores (Witte 1916, entre otros) han indicado su presencia en estos sectores deprimidos.

Por encima, y en relación de discordancia de tipo erosivo, se encuentran los denominados localmente "Sedimentos loesoides" (Franchi, op.cit.). Los mismos están compuestos por limos arenosos de coloración pardo clara, en general poco consolidados y sin estratificación visible. El espesor promedio de estos sedimentos es alrededor de un metro, variable en función de la situación topográfica en que ellos se encuentran (mayor en los terrenos más altos).

En lo que hace a los sedimentos directamente relacionados con el depósito salino, se encuentran (ver perfil esquemático fig.4) en la zona de la playa distal, que se extiende por algunas decenas de metros. Aparecen una serie de capas de disposición paralela a subparalela de unos 10 a 15 cm de espesor, integradas por yeso de tipo selenítico, presentándose en cristales de hábito prismático a acicular, con escasa participación de material clástico y otras veces se los puede observar en forma de bochones de hasta 30 cm de diámetro. Hacia la costa de la salina, estos depósitos se van cubriendo gradualmente por una capa de limos arenosos grisáceos de pocos cm de espesor. Cabe señalar que estos sedimentos clásticos presentan importante contenido de materia orgánica.

Los depósitos de  $SO_4Ca$  pertenecen a las denominadas facies seleníticas (Ortí Cabo, 1988). Los hábitos cristalinos aciculares coalescentes con crecimiento orientado en la vertical, corresponden a un desarrollo rápido que se da en la interfase aire-agua, rasgo típico de esta facies.

En el límite de las playas proximal y distal afloran sedimentos compuestos por valvas de moluscos, muy cementados, que constituyen una coquina. Hacia la laguna desaparece esta cementación y las valvas, sueltas, están incluí-

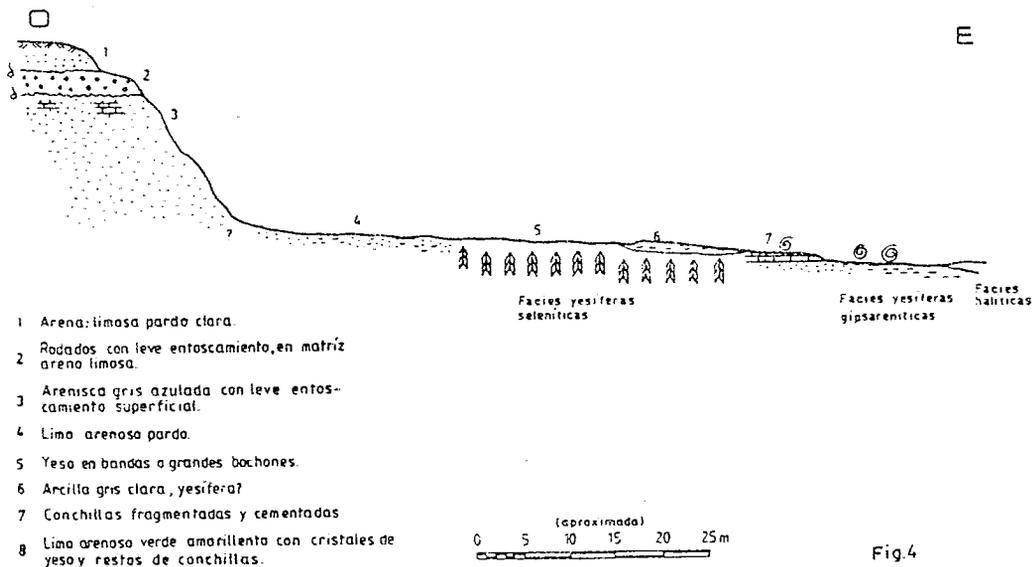
das en una matriz de arena mediana a gruesa, bien seleccionada, encontrándose algunas valvas en posición de vida que corresponden principalmente a *Brachidontes rodriguezii*. Ya Witte (op.cit.) hace referencia a este tipo de sedimentos. Depósitos de características similares aparecen en la costa sur y SO del Salitral Grande.

Al respecto, cabe mencionar que Trebino (op.cit.), sobre la base de dataciones radiométricas de  $C^{14}$  en valvas de moluscos ubicados en los distintos niveles de terrazas antes señalados, determina dos grupos de edades claramente diferenciadas; uno que correspondería a una ingesión Pleistocena (?) (30000 años) en los niveles topográficamente más elevados y otra de edad comprendida entre 2000 y 4000 años (nivel de terraza III de Trebino). Ello permitiría ubicar, tentativamente, a los niveles de coquina en los sedimentos ingresivos más modernos, holocenos, tal como Franchi (op.cit.) establece para sus "Sedimentos marinos de la salina del Inglés", y serían correlacionables con los sedimentos ingresivos de Aliotta (1987) y los "depósitos de planicies de marea" de Weiler (1983) homologables a los depósitos Querandinos de Frenguelli (1950).

El tipo de sedimentos que acompañan al depósito evaporítico en sí corresponde a limos de colores pardos a verdosos, con cristales de yeso (facies serleníticas intersticiales), y fósiles de moluscos, entre los cuales se puede citar a *Brachidontes rodriguezii* (D'orbigny) *Littoridina australis* (D'orbigny), *Corbula patagónica* (D'orbigny), *Macedonia uruguayensis* (Smith), el que va desapareciendo hacia el centro del depósito. El espesor mínimo de esta unidad es de 40-50 cm.

En el sector de la playa proximal, se encuentra una capa de fango sa-propélico, muy plástico, con abundante contenido de materia orgánica, poco apto para soportar cargas. Posee escasos cristales de halita de pocos milímetros de tamaño, distribuidos en forma aislada. Corresponde a depósitos actuales de la cuenca.

PERFIL ESQUEMATICO DE LA SALINA DEL INGLES (BARRANCA OESTE).



El centro de este cuerpo salino se encuentra ocupado por una capa de halita (costra salina temporaria) integrada por niveles de pocos milímetros

hasta 1-2 cm de ClNa en cristales de forma cúbica, a veces algo alargados (Chevron fabric) o bien en cubos masivos y traslúcidos (Hopper crystals) conformando un agregado bastante poroso. El espesor total de estos niveles halíticos es de alrededor de 4 a 8 cm, aumentando hacia el centro del depósito.

Mediante estudios de detalle, a través de difracción de rayos x, se determinó la existencia de thenardita, aunque en escasa cantidad.

Por debajo de estas capas se localiza una alternancia de capas de fango negro, sapropélico, con otras de yeso y/o halita mucho más discontinuas.

A una profundidad de 40-70 cm se encontró una capa bastante dura y aparentemente continua de halita, que sería la reserva principal de este cuerpo salino (Angelelli, 1973). De tal modo, habría que clasificar a esta reserva como del tipo "reserva abajo" (Cordini, 1967) al igual que la salina de Piedras (Cagliero).

### SALINA CAGLIERO (DE PIEDRAS)

#### Ubicación y vías de acceso

Este cuerpo salino se encuentra a 14 km al NO de la localidad de Cardinal Cagliero; el acceso a la misma se efectúa, desde la ciudad cabecera del partido por la antigua ruta 3, hasta el paraje Desvío Salinero (F.N.G.R.), totalizando un recorrido de unos 50 km.

Esta salina posee una forma alargada en dirección ONO-ESE, con una longitud máxima de 12,5 km y un ancho de 3 a 3,5 km en dirección N-S. La salina, incluyendo no sólo el sector central del depósito de ClNa sino los sectores de playa y los salitrales, totaliza unas 2200 hectáreas (fig. 5).

#### Rasgos geomorfológicos

La depresión que alberga a este cuerpo salino, en comparación con las demás, exhibe los mayores desniveles. En efecto, aquí la llanura circundante alcanza una altura comprendida entre unos 30 y 20 m.s.n.m. (nivel de Terraza I de Trebino, op. cit.), encontrándose el piso de la salina a 5-6 metros bajo el nivel del mar.

Los desniveles menores se presentan en el sector SE, lugar donde no existen depósitos evaporíticos de importancia, sino un conjunto de limos salíferos que conforman un salitral. Cabe destacar también un escaso desarrollo de las playas, que en el sector norte son de pocos metros, siendo algo más extendidas en el sur, donde se encuentran las empresas que explotan la sal.

#### Características geológicas locales

La geología de los sectores topográficamente elevados no difieren mayormente de las unidades aflorantes descriptos en la salina del Inglés (ver perfiles esquemáticos, fig. 7). Por debajo de la cubierta correspondiente a los "Sedimentos loessoides", se encuentran materiales compuestos por rodados de composición andesítica y basáltica y textura porfirica de 2-3 cm de tamaño promedio, dispuestos en una matriz areno-limosa, que podría asignarse a un redepósito de los "Rodados Patagónicos", los cuales se visualizan con sus rasgos característicos en barrancas de mayores alturas, como la que limita por el oeste y sudoeste al salitral Barrancoso.

La Fm. Río Negro fue detectada en afloramientos correspondientes a la barranca NE de esta salina en gran parte cubiertos por sedimentos edílicos modernos. Witte (op.cit.) señala su existencia a una profundidad no mayor de 2 metros por debajo de la cubierta de sedimentos edílicos.

SALINA CAGLIERO

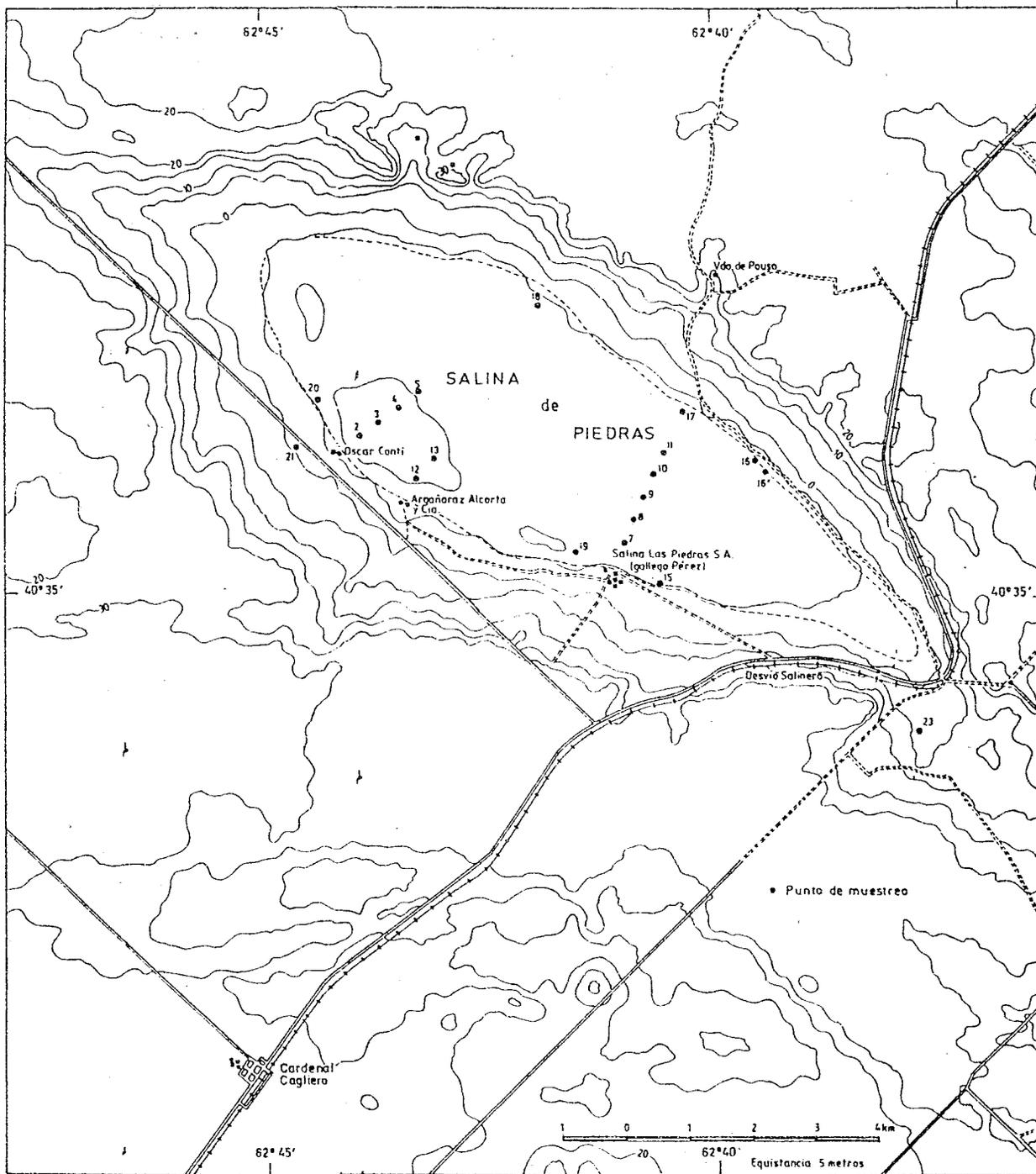


Fig. 5

Otro rasgo que merece destacarse es la existencia de una pequeña barranca en el sector NE de la salina, constituida por limos arcillosos castaño amarillentos, bien estratificados, de unos 80 cm de espesor mínimo aflorante, bastante salinizados, presentando algunas concreciones de tipo nodular (yeso) de unos 5-6 cm de diámetro, integradas por cristales gipsareníticos muy finos, menores a 2 mm, lo que le da una apariencia sacaroides o pulverulenta.

En lo que hace a los depósitos evaporíticos en sí, en resumen, se encuentra que (en épocas de intensa evaporación y alta temperatura) el espesor de la costra salina superficial varía entre 2 y 11 cm, correspondiendo los máximos valores al sector centro-sudeste. Están compuestos por halita, bastante pura, en los tramos superiores, mientras que en los basales se hace más importante el yeso. Por debajo se localizan sedimentos limosos de color gris oscuro muy permeables, con materia orgánica y cristales de yeso distribuidos al azar. Otras veces aparecen en el sedimento limoso niveles de pocos mm de espesor que pueden, en ciertos sectores, tornarse más abundantes que estos sedimentos clásticos.

Los niveles de sal superficiales corresponden a la depositación de varias capas; los inferiores responden a una fábrica chevron (crecimiento bajo condiciones de fuerte evaporación y en forma muy rápida), mientras que los superiores poseen una fábrica planar (raft), que viene determinada morfológicamente por el crecimiento en la interfase agua-salmuera.

Según las determinaciones mineralógicas por difracción de rayos x, se identifica la presencia de thenardita ( $\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en las zonas costeras, donde la sal se mezcla con gran cantidad de sedimentos clásticos, como así también glauberita (en muestras de la costra salina de los niveles superiores) en escasas cantidades; su origen se debería a la reacción del yeso ya precipitado con la salmuera muy saturada en  $\text{ClNa}$ , antes del desarrollo o durante la precipitación de la halita.

Según opinión de Witte (op.cit.) la similitud de las características sedimentológicas de los depósitos con aquellos de indudable origen marino (salina del Inglés, salitral Grande) estarían indicando un origen similar para esta salina.

Si bien no fue detectada la presencia de la reserva principal o capa madre, otros autores (Cordini, 1967 y Angelelli, 1973) hacen referencia a ésta como una salina del tipo reserva abajo, factor que condiciona la formación lenta de la capa temporaria, al mismo tiempo que su elevada pureza.

## SALINA LA ESPUMA

### Ubicación y vías de acceso

Este cuerpo salino dista unos 30 km al ONO de la ciudad de Carmen de Patagones; se accede a ella por medio de la ruta nacional nº 248 en dirección a Guardia Mitre y un desvío a la derecha de 2 km. La separan unos 3 km de la margen izquierda del curso inferior del río Negro.

La salina posee dimensiones muy exiguas, teniendo una longitud de 2 km en el eje N-S y un ancho de 800 a 1000 metros, resultando una forma oval (fig. 6).

### Rasgos geomorfológicos y geología local

Este cuerpo presenta playas arenosas relativamente amplias, en función de la escasa pendiente existente, con pequeñas barrancas y algunos sectores que conforman "islas" cubiertas por vegetación. Los sedimentos que las integran son limos algo arenosos castaño amarillentos, que corresponden a los "Sedimentos

# SALINA LA ESPUMA

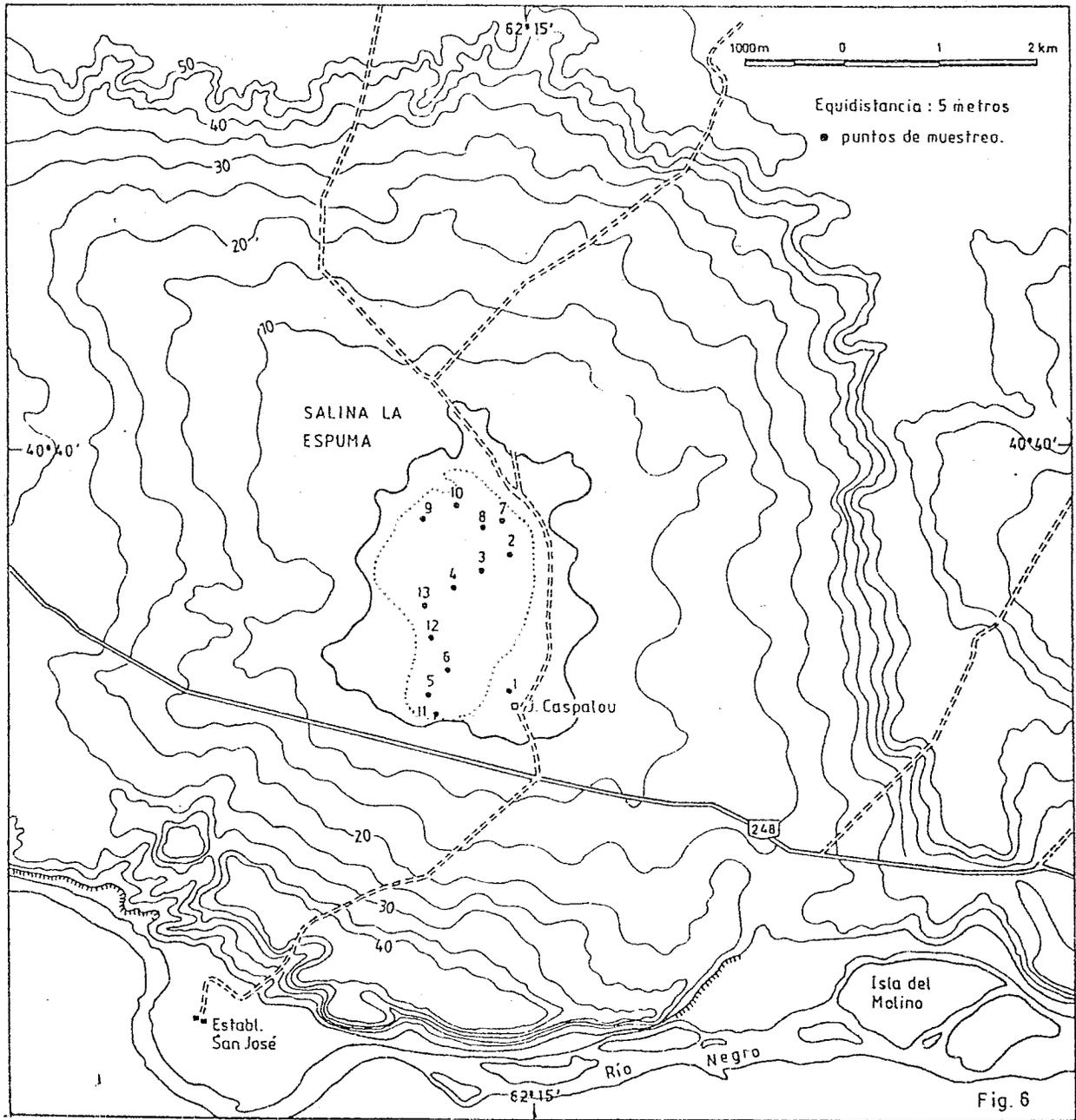


Fig. 6

Loessoides" de Franchi (op.cit.).

En el sector marginal y en posible continuidad hacia el centro de la depresión se encuentra, por debajo de una capa delgada (5-7 cm) de limo arcilloso oscuro, un horizonte de limos verdosos en los tramos superiores, pardo-rojizos en profundidad (en pasaje transicional), muy permeable, con un espesor mínimo de 40 cm. Diseminados en éste se visualizan cristales de yeso selenítico de forma y disposición variables. En superficie y con distribución discontinua, se encuentran grandes cristales de yeso selenítico, cargado de inclusiones (crecimiento poiquilítico) que forman parte de la facies seleníticas intersticiales de Ortí Cabo (1984).

En profundidad y hacia el centro de la cuenca se registra yeso de grano más fino (gipsarenítico).

Merece destacarse también la presencia de un depósito, muy lábil, de cristales de sulfato de sodio (miribilita,  $\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  y Thenardita  $\text{SO}_4\text{Na}_2$  anhidro). Depósitos similares fueron encontrados en las demás salinas, pero de mucha menor magnitud.

El ClNa, por su parte, tiene una distribución restringida al centro de la depresión, con un espesor máximo (capa temporaria) de 2 a 4 cm.

## SALITRAL GRANDE

### Características generales

Esta laguna, de alto tenor salino, (aunque comparativamente menor que los otros depósitos evaporíticos) se encuentra ubicada pocos km al NE de la salina del Inglés, con una superficie mayor a esta última, estimada en 26 Km<sup>2</sup>.

Las barrancas que bordean a este cuerpo salino están constituidas por la formación Río Negro, que se halla cubierta por una capa de sedimentos finos, de coloración castaña (sedimentos "loessoides") entre los cuales se disponen rodados dispersos y con escaso grado de cementación, posiblemente derivados de re-trabajamiento de los Rodados Patagónicos originalmente depositados.

Los sedimentos modernos que afloran en la cuenca no difieren demasiado de los que aparecen en la cercana salina del Inglés, correspondiendo principalmente a sedimentos clásticos, de granulometría arena media a gruesa, color castaño a gris verdoso, en parte estratificados, con escasos fósiles de bivalvos, la mayoría no determinables.

## SALITRAL BARRANCOSO

### Características generales

Esta extensa depresión, de 18 km<sup>2</sup> aproximadamente, de forma alargada en dirección NO-SE, dista 3,7 km al oriente de la salina de Piedras, de la que lo separa una zona mesetiforme.

Los sedimentos que ocupan el centro de la depresión están salinizados, lo que está indicado por la escasa vegetación de tipo halófita allí existente. En la zona de la barranca oeste es donde se encuentra expuesto el perfil más completo de la zona. Esquemáticamente, descripto de abajo hacia arriba, consistiría en lo siguiente: .

Espesor 8 metros (mínimo): en discordancia erosiva, compuesto esencialmente por arenas gris azuladas, con dos secciones más o menos bien diferenciadas; una superior, integrado por arenas gruesas y bien seleccionadas y con rasgos de estratificación, donde incluso se evidencian algunos niveles muy puros de minerales pesados, de pocos cm de potencia.

La sección inferior, menos seleccionada y con mayor predominancia de clastos cuarzo-líticos, presenta intercalaciones de niveles de arcillas limosas pardo grisáceas algo laminadas, dispuestas en bancos lenticulares que alcanzan a un metro de potencia. Este conjunto exhibe una compactación mayor que los niveles superiores, a los cuales se los puede considerar, en parte, como delezna- bles.

Espesor 2 metros: en discordancia erosiva, siguen los Rodados Patagóni- cos en parte muy entoscados, con matriz areno-limosa. Se desarrollan incluso mantos de tosca con matriz arenosa, de unos 20-30 cm de espesor, a veces reple- gados; Andreis (1965) hace referencia a sedimentos de este tipo en otros perfie- les relevados, asignándoles una edad Pleistocena inferior.

Espesor 0,40 metros: arena limosa parda clara de origen edólico (sedi- mentos loessoides de Franchi) que sirve de soporte a la vegetación. En la zona más baja de la depresión estos sedimentos están cubiertos por niveles salini- zados de granulometría limo-arcillosa salina.

En los perfiles estratigráficos de la figura 7, se esquematizan diver- sos afloramientos en la zona sur del Partido de Patagones, puede notarse que donde los Rodados Patagónicos alcanzan su mayor potencia es donde se presentan con mayor grado de entoscamiento y por lo general corresponden a zonas más al- tas. Tanto los "Sedimentos Loessoides" como la formación Río Negro no demues- tran variaciones importantes en los distintos perfiles relevados.

PERFILES ESTRATIGRAFICOS ZONA SUR DEL PARTIDO DE PATAGONES.

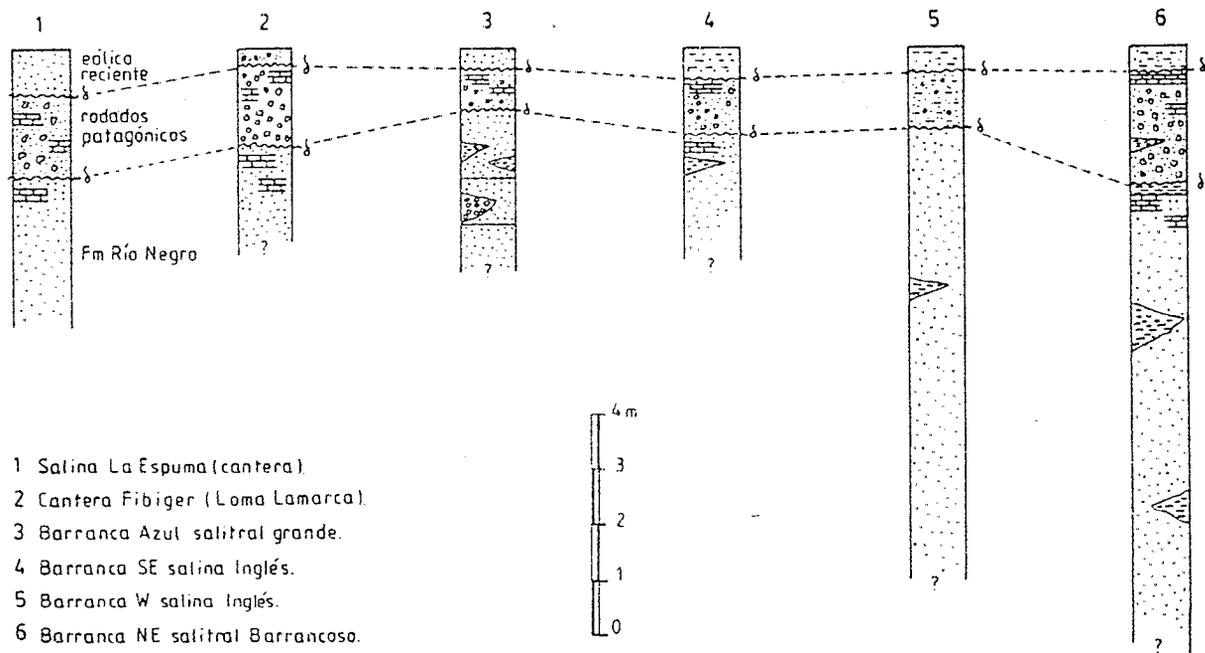


Fig. 7

AMBIENTE DEPOSICIONAL DE LOS CUERPOS SALINOS EN ESTUDIO

Facies de sulfato de calcio (yesíferas).

El primer mineral evaporítico formado en las salinas de esta región es el yeso, que como precipitado primario aparece en dos formas principales, que

son las siguientes:

a) gipsilutitas y gipsarenitas (tamaño menor que 2 milímetros).

b) facies seleníticas, (en sentido amplio) cuyos cristales son mayores que dos milímetros.

Warren (1982) señala que en las salinas de ambientes costeros actuales, las facies más comunes son las de gipsarenita y selenita, observándose una zonación vertical.

Para la clase a), el tamaño decrece con el aumento del grado de saturación de la salmuera, observándose cristales de morfología prismática a equidimensional, maclados, ocasionalmente con desarrollo lenticular. En las salinas de la zona de estudio, el yeso asociado a precipitaciones de carácter anual (depocentro) se da en forma de grano fino, mientras que el yeso que se desarrolla en los sedimentos alcanza tamaños mayores. Asimismo, las dimensiones de los cristales aumenta desde las márgenes que en el centro; ello se debería en gran medida a que la precipitación de halita inhibe el crecimiento de las facies seleníticas (Ortí cabo, op. cit.).

Las facies seleníticas corresponden a los estadios iniciales de la precipitación salina, según algunos autores (Warren, op.cit.). Edinger (1973), puntualiza que los cristales de yeso de la precipitación inicial se da en pequeños granos, y en su fase final aumentan de tamaño. Los cristales de esta facies suelen ser elongados, con caras arqueadas que se cargan de inclusiones, mientras que las caras de mayor crecimiento (sintaxial) crecen más limpias.

En la salina La Espuma, cuya formación se puede suponer bajo condiciones de clima, salinidad, etc..., similares a las actuales, esta facies exhibe un gran número de inclusiones de limo y arcilla atrapados poiquilíticamente y limitados únicamente al núcleo de los cristales de yeso selenítico. Esto determina un crecimiento intersticial rápido (facies seleníticas intersticiales de Ortí Cabo, op.cit.) los cuales muestran una tendencia al desarrollo vertical en forma preferencial.

En el caso de la salina Inglés, según la disposición de esta facies, el patrón de desarrollo de las mismas indicaría el comienzo de la precipitación de los minerales evaporíticos en los sectores distales, a partir de un desarrollo levemente asimétrico de cuenca con aportes esporádicos de aguas marinas a través de canales de mareas (ver fig. 2), ya que esta facies no fue detectada en sectores adyacentes a dicho paleocanal, del tipo tidal inlet (Trebino, op.cit.).

#### Facies Halíticas.

Lógicamente son sin duda las mejores desarrolladas en este tipo de ambientes, donde ocupan los depocentros de los cuerpos evaporíticos.

Habitualmente, en las salmueras la halita aparece con aspecto traslúcido debido a la presencia de numerosísimas inclusiones, que indican condiciones de fuerte saturación y por lo tanto precipitación rápida, cloudy halite, (según Dellwig, 1955 en Ortí Cabo, (op.cit.)). En lo que hace al depósito salino en sí, se daría un crecimiento en cubos, que conforman agregados muy porosos. En ellas se da un rápido crecimiento de vértices y aristas del cubo con respecto al desarrollo de las caras del mismo; ello lleva a que se formen cubos con caras deprimidas (hopper crystals). La precipitación se inicia con el crecimiento de pequeños cristales, inicialmente de tamaño inframilimétrico, que van evolucionando a tolvas (pirámide deprimida con el ápice hacia abajo, esqueléticos) en la zona de la interfase agua-aire, los cuales se van uniendo formando delgadas películas flotantes (raft), de pocos milímetros de espesor, para finalmente caer al fondo. Este tipo de crecimiento del cloruro de sodio se da siempre en condiciones de fuerte sobresaturación.

A altas concentraciones (350-370 g/l) la halita normalmente precipita en cubos macizos a algo deprimidos, pero no con morfologías de tolvas ni de cubos esqueléticos, sino en cristales de sólo algunos milímetros de espesor. En el caso de precipitación de cubos macizos se tienen condiciones de concentración salina de saturación débil.

Si en el fondo deposicional se dan condiciones de fuerte sobresaturación, se observa un desarrollo subvertical de cada vértice del cubo, generándose una estructura elongada de 3 aristas (pirámide chevron). Si se da una fábrica orientada, los cristales crecen de un modo normal a la cara (111) del cubo (chevron fabric).

Este modo de formación determina la alta porosidad de las costras salinas, la cual es reducida posteriormente en forma considerable por precipitación intersticial.

En el seno de un sedimento encajante, por otro lado, el crecimiento de los cristales de halita puede darse en función de acomodamiento a espacios libres, o bien bajo la forma de grandes cristales cúbicos que desplacen a los sedimentos que los rodean u hospedan. El tipo de crecimiento que predomina en este tipo de salina es de pequeños cristales que evolucionan a nivel de crecimiento intersticial y no de cristales en tolva.

#### CARACTERES TEXTURALES DE LOS NIVELES HALITICOS DE LAS SALINAS

A partir de los trabajos de Orti Cabo et. al. (1984), Orti Cabo (1988) y Lowenstein y Hardie (1985), se pueden esbozar las siguientes consideraciones sobre las distintas texturas presentes en los niveles evaporíticos superficiales.

Salina Cagliari: la capa superior (costra temporaria o nivel a extraer por cosecha), cuyo espesor varía, en épocas de más intensa evaporación (etapa de desecación de Lowenstein y Hardie op. cit) entre 2 y 4 cm, está compuesta por una serie de capas o microciclos de disposición laminar de 1-3 mm de espesor promedio para cada una, separadas entre sí por niveles de alta porosidad. Se originan a partir de delgadas capas de fábrica laminar, producidas por precipitación de "balsas" originadas en la interfase aire-agua por coalescencia de pequeños gérmenes de cristales de halita, que por su propio peso terminan por vencer la fuerza de tensión superficial que los mantenía en dicha interfase, para caer al fondo. A partir de ellos y por crecimiento sintaxial, se observa claramente el desarrollo de cristales tipo chevron (chevron fabric) que muchas veces se encuentran con sus ápices redondeados debidos a un proceso de disolución incipiente; característica típica que presentan los niveles salinos que han sufrido este proceso.

Este crecimiento sintaxial es diferenciado, ya que en los niveles inferiores de esta capa se da preferencialmente un crecimiento de la halita tipo chevron, cuyos agregados individuales no alcanzan a superar los 2 o 3 mm, mientras que en las capas superiores, por el contrario, se puede observar que el crecimiento cambia, siendo de tipo Hopper, ya sean tabulares o cúbicos (Orti Cabo, op. cit.), casi libres de inclusiones (clear halite). Ocasionalmente, este crecimiento de cristales Hopper puede dar lugar a una fábrica orientada, dando como resultado la denominada Cornet shaped fabric.

Por debajo, se ubica una superficie de disolución claramente diferenciable (con cristales chevron truncados) y con acumulación de material clástico donde se registra un marcado cambio de tonalidad que va de un rosado a un castaño-grisáceo compuesto por una serie de niveles con menor porosidad, debido a un mayor desarrollo del crecimiento sintaxial secundario, del mismo tipo textural que la capa superior.

En la base de estas capas, se encuentra una serie alternante de capas evaporíticas con otras de fango, integradas por yeso de facies gipsareníticas y halita de crecimiento desplazante (displacive halite) ésta última incluida en el fango oscuro sapropélico con importante contenido de materia orgánica.

COMPARACION DE PERFILES DE DETALLE EN ZONA INTERNA DE SALINA.

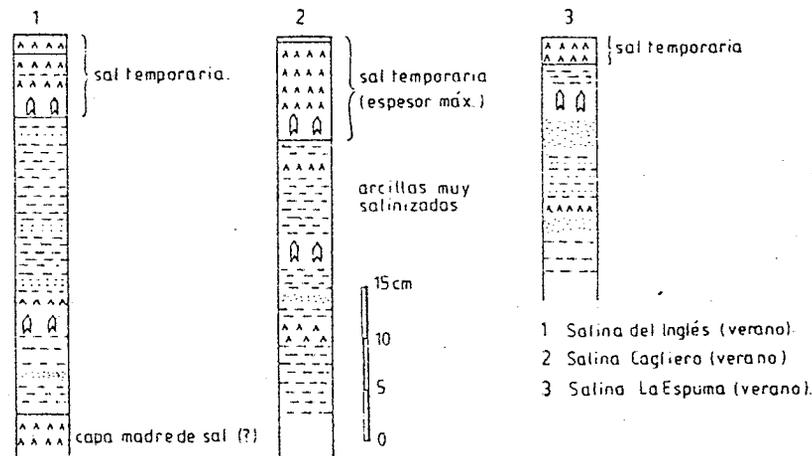


Fig. 8

Salina del Inglés: cabe hacer notar que al momento de la toma de muestras en esta salina, la evaporación intensa motivó que se formara una capa de sales de mayor potencia que en la salina Cagliero.

En la capa superior o temporaria, los espacios porales son mucho más reducidos que en idéntica capa de la salina Cagliero, debidos a que los rasgos de disolución están prácticamente ausentes. El crecimiento sintaxial tipo Chevron fabric prácticamente ha obliterado las texturas de precipitación primaria, donde cada agregado individual (pirámide trihedral de crecimiento preferencial en una dirección) ha dado como resultado un crecimiento competitivo de varios cristales orientados que prácticamente terminan por llenar todo el espacio disponible. Hacia arriba, la fábrica tipo Hopper es la dominante, igual que en la salina Cagliero.

La capa inferior, que se encuentra por debajo de la superficie de disolución que separa la capa anual de las infrayacentes tiene aquí muy escaso desarrollo, pasándose directamente a un fango limoso verde oscuro con alto contenido de materia orgánica donde existen facies gipsareníticas intersticiales a lo que se suma la presencia de halita de crecimiento desplazante, la cual puede exhibir un importante número de inclusiones (cloudy halite). La facies gipsareníticas tienen aquí un desarrollo mayor (hasta 2-4 mm) con importante cantidad de material clástico incorporado en su seno, que indica un crecimiento bastante rápido. Por el contrario, las distintas texturas de la halita (chevron y sobre todo Hopper) no presentan gran cantidad de inclusiones.

Salina La Espuma: En este cuerpo salino, el tipo de texturas observadas en las capas halíticas es bastante similar a lo indicado en el caso de la salina Cagliero, pudiéndose señalar, como particularidad, la existencia de una facies selenítica de yeso asociada a niveles inferiores ricos en materia orgánica, que determina un crecimiento poiquilítico por incorporación de material clástico de granulometría arena-arcilla mientras que en los bordes se observa un crecimiento más límpido, libre de inclusiones, de tipo desplazante.

En suma, sobre la base de comparaciones en cuanto a las distintas variedades texturales que se observan en las diversas salinas en estudio, se puede señalar que, en lo que hace a los niveles evaporíticos superiores (capa de sal temporaria renovable anualmente) son muy similares entre sí, lo cual se corresponde con las similares condiciones climáticas, geomorfológicas, composición de las aguas que aportan a la cuenca salina etc..., que imperan en la zona.

Con respecto a los niveles inferiores (niveles evaporíticos intercalados con capas de fango sapropélico con alto contenido de materia orgánica) se observa que la salina con mayor porcentaje de material evaporítico en relación al clástico es la salina Cagliero o de Piedras, lo cual determina un predominio de la fábrica gipsarenítica con halita de grano fino de desarrollo más bien intersticial.

Por el contrario, en las otras salinas donde la presencia de material evaporítico en los niveles inferiores es más reducido, puede observarse que hay un significativo desarrollo de la facies seleníticas y de halita de crecimiento desplazante. Ello podría estar influido por una menor concentración salina inicial en el desarrollo del cuerpo evaporítico, en función de lo cual se demoraría la precipitación de las distintas sales presentes en las salmueras.

### MUESTREO DE SALMUERAS

Fueron analizadas un total de 34 muestras de aguas salinizadas de los distintos cuerpos en estudio, distribuidas de la siguiente forma: 12 de la salina del Inglés, 11 de la salina Cagliero o de Piedras, 6 de la salina la Espuma y las restantes de otros depósitos de menor importancia.

#### a) Técnica de muestreo

Para ejecutar el muestreo se siguieron las normas recomendadas en los trabajos de Rainwater y Thatcher (1960) y Nicolli y Gamba (1979); estos últimos autores han desarrollado una metodología especialmente aplicada al muestreo de salmueras.

En cada punto se hicieron las siguientes determinaciones: temperatura, pH y profundidad del agua. Las muestras obtenidas se subdividieron en fracciones de 500 ml, destinándose una de ellas a la determinación de pH y conductividad (en laboratorio) y la otra para análisis cuantitativos de aniones y cationes mayoritarios y residuo seco.

Asimismo, se separó una fracción de 250 ml, la cual fue filtrada con papel de 0,45  $\mu$ m de abertura, y luego acidificada con  $\text{NO}_3\text{H}$  P.A. (diluído con agua destilada 1:1) hasta alcanzar pH = 1, con el objeto de evitar la pérdida de soluto por oxidación, precipitación y adsorción de las paredes del recipiente. Esta última fracción fue destinada al análisis de elementos minoritarios y traza.

Las muestras de fangos salinos y costra de sal, obtenidas mediante la ejecución de calicatas y pozos someros no recibieron ningún tratamiento especial. Una parte de las mismas fue destinada a la realización de análisis químicos convencionales (vía húmeda), mientras que la restante fue reservada para análisis de elementos traza.

#### b) Metodología empleada

Los determinaciones analíticas fueron ejecutadas principalmente en el ILPLA (Instituto de Limnología de La Plata) y en el LAQUIGE, en lo que se refiere a las identificaciones de los componentes mayoritarios. La metodología empleada para cada uno de ellos fue la siguiente:

Calcio: titulación volumétrica con EDTA 0,02 y murexida como indicador.  
Magnesio: titulación volumétrica con EDTA y negro de eriocromo como indicador.  
Sodio: fotometría de llama.  
Potasio: fotometría de llama.  
Carbonato: titulación volumétrica con ácido sulfúrico 0,02 N y fendftaleína como indicador.  
Bicarbonato: titulación volumétrica con ácido sulfúrico y heliantina como indicador.  
Cloruros: titulación volumétrica con nitrato de plata 0,05 N y cromato de potasio como indicador.  
Sulfato: turbidimetría, método del cloruro de bario-gelatina.  
Residuo sólido: evaporación a estufa a 105°C hasta peso constante.

### c) Datos analíticos obtenidos

Los valores obtenidos revelan una marcada uniformidad entre las muestras de la salina del Inglés, La Espuma y Cagliero, (ver planillas 1, 2 y 3) excepción hecha de las que corresponden a salmueras de los niveles más profundos de estos depósitos, las que presentan una mayor concentración de cationes que precipitan bajo condiciones de máxima evaporación, dada la alta solubilidad de los compuestos salinos que forman (sulfatos, cloruros y otras sales complejas).

Otras muestras que presentan distinta composición son aquellas que corresponden a fuentes de aporte subterráneo a las cuencas, que poseen un contenido salino mucho más bajo, y que son también cualitativamente más ricas en los aniones carbonato y bicarbonato y calcio para el contenido catiónico, respecto a las salmueras superficiales de los cuerpos evaporíticos.

Con el objeto lograr una comparación rápida de los resultados de los análisis químicos ejecutados, se han convertido los datos de gramos/litro a equivalentes/litro, según los factores de conversión para cada uno de los iones determinados, para luego recalcular al 100% los aniones y cationes por separado (ver planillas 4, 5 y 6).

Los compuestos predominantes, lógicamente, son el sodio entre los cationes, con valores que oscilan entre el 92-94% sobre el total del contenido catiónico, mientras que el cloruro es el que predomina entre los aniones, con un contenido de 93-97%. También se evidencian concentraciones bajas de potasio y calcio (contenidos menores al 1% del total de los cationes analizados) siendo algo mayores los que corresponden al  $Mg^{++}$ , que oscilan entre un 3 y 5%. La concentración de bicarbonatos es siempre inferior al 0,1%, mientras los carbonatos son bastante escasos, encontrándose únicamente en las muestras extraídas de las zonas de aporte a las cuencas salinas.

En el caso de los aniones se encuentran, además de cloruros, los sulfatos como otro componente importante cuantitativamente; su concentración varía entre un 3 y 7%, correspondiendo los valores más elevados a la salina La Espuma, además, pasa a convertirse en el anión más importante en las muestras que corresponden a aguas subterráneas que fluyen hacia las cuencas evaporíticas, y en aquellos cuerpos lagunares que no presentan un estado tan avanzado de desecación, como el salitral Grande, ubicado a escasa distancia al NE de la salina del Inglés. En este caso, la concentración de sulfatos es alta (12,6% del total de aniones considerados) y significativas concentraciones de  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  (15,7 % de este último catión) en detrimento de la cantidad de  $Na^+$ , del 75,8 %; los carbonatos se presentan en ínfima cantidad.

Por otra parte, las muestras de salmueras profundas presentan impor

Muestras de Salmueras	SALINA DEL INGLES									
	pH	Conducti- vidad	Sodio (g/l)	Potasio (g/l)	Calcio (g/l)	Magnesio (g/l)	Carbonato (g/l)	Bicarbonato (g/l)	Cloruro (g/l)	Sulfato (g/l)
Muestra 1	7,28	151947	109,0	3,80	0,40	5,68	0,00	0,16	137,1	9,20
Muestra 3	7,30	151947	112,0	3,90	0,72	5,73	0,00	0,15	148,0	7,90
Muestra 4	7,20	109212	52,0	0,90	1,20	2,29	0,00	0,28	81,8	6,60
Muestra 5	7,30	160000	111,0	3,80	0,34	6,40	0,00	0,14	164,0	22,20
Muestra 6	7,42	150000	95,0	1,50	0,43	5,10	0,00	0,22	116,0	19,00
Muestra 9	6,84	132565	114,9	4,90	1,28	8,61	0,00	0,21	157,9	14,50
Muestra 10	6,80	103746	95,3	9,20	0,46	26,67	0,00	0,54	198,8	15,10
Muestra 13	6,92	133539	105,2	1,90	0,90	3,20	0,00	0,07	150,9	7,60
Muestra 15	6,88	133539	105,2	2,00	0,90	3,10	0,00	0,07	158,0	6,50
Muestra 17	7,00	138675	105,2	1,90	1,10	3,80	0,00	0,07	161,5	7,80
Muestra 19	7,06	133549	105,2	1,90	0,80	3,00	0,00	0,06	154,4	7,70
Muestra 1 (Salitral Grande)	8,46	54443	16,6	0,60	1,30	1,80	0,02	0,06	29,1	5,60

TABLA 1

Muestras de Salmueras	SALINA CAGLIERO O DE PIEDRAS									
	pH	Conducti- vidad	Sodio (g/l)	Potasio (g/l)	Calcio (g/l)	Magnesio (g/l)	Carbonato (g/l)	Bicarbonato (g/l)	Cloruro (g/l)	Sulfato (g/l)
Muestra 1	6,94	112025	125,6	2,10	0,90	5,99	0,00	0,11	168,62	9,52
Muestra 2	7,06	138320	135,4	0,90	1,19	4,29	0,00	0,10	193,50	7,10
Muestra 3	6,82	111923	112,6	5,90	0,46	14,39	0,00	0,34	168,80	10,59
Muestra 5	6,84	132565	113,8	1,90	1,31	8,96	0,00	0,20	189,90	9,40
Muestra 9	7,12	112080	106,9	4,30	0,62	12,97	0,00	0,27	197,02	10,93
Muestra 10	7,24	148328	110,8	6,70	1,53	8,37	0,00	0,22	189,90	10,80
Muestra 11	7,26	150086	118,9	1,90	1,92	8,40	0,00	0,24	182,20	9,60
Muestra 13	7,04	138675	105,2	0,70	1,30	2,50	0,00	0,08	147,30	5,80
Muestra 16	7,34	133659	105,2	0,60	2,90	1,60	0,00	0,09	163,30	7,80
Muestra 17	7,86	42116	10,8	0,20	1,70	1,60	0,00	0,18	23,80	4,60
Muestra 18	7,08	133539	103,8	0,60	1,30	2,50	0,00	0,08	150,90	6,60
Muestra 19	7,21	57765	113,9	1,27	1,13	5,91	0,00	0,10	191,70	7,32
Muestra 20	6,93	56752	94,2	4,86	1,25	20,66	0,00	0,62	182,82	22,30
Muestra 21	8,16	14188	4,6	0,05	0,30	0,20	0,00	0,22	6,22	2,58
Muestra 22	9,06	3648	1,0	0,01	0,02	0,01	0,07	0,70	0,64	0,39

TABLA 2

Muestras de Salmueras	SALINA LA ESPUMA									
	pH	Conducti- vidad	Sodio (g/l)	Potasio (g/l)	Calcio (g/l)	Magnesio (g/l)	Carbonato (g/l)	Bicarbonato (g/l)	Cloruro (g/l)	Sulfato (g/l)
Muestra 1 (surgente)	7,82	17294	1,9	0,50	0,10	0,48	0,00	0,08	3,20	3,20
Muestra 2	6,78	112025	128,5	1,30	0,52	6,49	0,00	0,11	179,97	11,65
Muestra 3	6,78	111913	129,2	1,30	0,46	4,64	0,00	0,11	172,17	11,17
Muestra 4	6,84	112094	114,6	2,50	0,21	8,58	0,00	0,34	147,92	12,67
Muestra 9	7,14	123266	93,7	0,60	0,60	2,50	0,00	0,13	115,40	10,10
Muestra 13	7,18	124357	94,4	0,60	0,60	2,30	0,00	0,12	111,80	10,70

TABLA 3

SALINA DEL INGLES								
Muestras de salmueras	Sodio (eq.%)	Potasio (eq.%)	Calcio (eq.%)	Magnesio (eq.%)	Carbonato (eq.%)	Bicarbonato (eq.%)	Cloruro (eq.%)	Sulfato (eq.%)
Muestra 1	88,97	1,80	0,38	8,84	0,00	0,056	95,78	4,16
Muestra 3	88,86	1,80	0,66	8,67	0,00	0,056	96,09	3,85
Muestra 4	89,35	0,90	2,24	7,51	0,00	0,184	94,18	5,63
Muestra 5	88,22	1,76	0,31	9,70	0,00	0,044	90,75	9,21
Muestra 6	89,51	0,82	0,47	9,16	0,00	0,096	88,97	10,93
Muestra 9	84,70	2,10	1,10	12,10	0,00	0,071	93,49	6,44
Muestra 10	62,71	3,51	0,35	33,42	0,00	1,450	93,24	5,31
Muestra 13	92,72	0,97	0,92	5,38	0,00	0,024	96,51	3,46
Muestra 15	92,83	1,03	0,92	5,22	0,00	0,025	96,98	3,00
Muestra 17	92,85	0,97	1,13	5,05	0,00	0,024	96,48	3,50
Muestra 19	93,91	0,99	0,80	5,11	0,00	0,021	96,31	3,60
Muestra 1 (Salitral Grande)	75,82	1,59	6,90	15,68	0,071	0,103	87,24	12,53

TABLA 4

SALINA CAGLIERO O DE PIEDRAS								
Muestras de salmueras	Sodio (eq.%)	Potasio (eq.%)	Calcio (eq.%)	Magnesio (eq.%)	Carbonato (eq.%)	Bicarbonato (eq.%)	Cloruro (eq.%)	Sulfato (eq.%)
Muestra 1	90,29	0,86	0,75	8,07	0,00	0,036	95,90	4,06
Muestra 2	93,07	0,36	0,37	5,62	0,00	0,029	97,29	2,68
Muestra 3	78,19	2,38	0,37	19,08	0,00	0,110	95,94	3,98
Muestra 5	85,23	0,83	1,14	12,00	0,00	0,058	96,36	3,57
Muestra 9	79,26	1,85	0,53	18,35	0,00	0,075	95,94	3,98
Muestra 10	83,67	2,94	1,33	12,05	0,00	0,063	95,85	4,09
Muestra 11	86,00	0,80	1,61	11,59	0,00	0,072	96,14	3,79
Muestra 13	94,02	0,36	1,35	4,26	0,00	0,030	97,10	2,87
Muestra 16	93,35	0,31	3,01	2,72	0,00	0,030	96,51	3,46
Muestra 17	67,63	0,73	12,40	19,40	0,00	0,376	87,01	12,61
Muestra 18	94,00	0,32	1,37	4,32	0,00	0,029	97,08	2,89
Muestra 19	89,41	0,58	1,15	9,86	0,00	0,028	97,19	2,78
Muestra 20	68,23	2,04	1,18	38,53	0,00	0,180	91,46	8,36
Muestra 21	85,18	0,56	7,16	7,10	0,00	1,510	75,07	23,42
Muestra 22	94,37	0,48	2,29	2,88	5,57	27,840	45,29	20,42

TABLA 5

SALINA LA ESPUMA								
Muestras de salmueras	Sodio (eq.%)	Potasio (eq.%)	Calcio (eq.%)	Magnesio (eq.%)	Carbonato (eq.%)	Bicarbonato (eq.%)	Cloruro (eq.%)	Sulfato (eq.%)
Muestra 1 (surgente)	64,64	9,89	18,98	6,49	0,00	0,819	56,68	42,51
Muestra 2	90,03	0,53	0,42	8,74	0,00	0,033	95,31	4,65
Muestra 3	92,73	0,54	0,38	6,34	0,00	0,035	95,13	4,83
Muestra 4	86,38	1,09	0,18	12,40	0,00	0,123	93,85	6,03
Muestra 9	94,16	0,35	0,70	4,79	0,00	0,060	93,78	6,16
Muestra 13	94,56	0,35	0,70	4,39	0,00	0,057	93,25	6,69

TABLA 6

tantes valores de Mg (entre 12 y hasta 20 % del total de los cationes) y de potasio entre 1-4 %, donde no se observa un cambio tan marcado en la composición respecto a los aniones (los contenidos de sulfato no llegan a superar el 10 %, por lo general).

Los valores más altos de conductividad corresponden a las muestras de salmueras superficiales, presentando guarismos algo inferiores (y por lo tanto menor contenido salino) las extraídas de salmueras más profundas, donde ya se ha depositado buena parte del ClNa, principal responsable de la salinidad de las aguas.

Asimismo, se ha observado una respuesta de la conductividad que, a concentraciones salinas muy elevadas, no perfectamente proporcional a la cantidad de iones disueltos.

Los valores de pH de las muestras extraídas de las salmueras observan guarismos de alrededor de 7 (ver tablas 1 a 3) con ligeras variaciones; los mismos quedan comprendidos entre 6,90 y 7,25. Los valores de pH más ácidos corresponden a salmueras profundas que embeben a los fangos salinizados, como por ejemplo las muestras 10 y 13 de la salina del Inglés, 3 y 5 de la salina Cagliero y 2-3-4 de salina La Espuma.

Por otra parte, valores altos de pH (8-9) se registran en las napas subterráneas que aportan a las cuencas que albergan a los cuerpos salinos, así como también en el salitral Grande.

Para la graficación de los datos, se utilizan los valores de contenidos catiónicos y aniónicos por separado, recalculados al 100%. Estos se vuelcan en diagrama triangular de Piper (figura 9). Allí se aprecia claramente una notable similitud en los compuestos químicos de casi todas las muestras, que expresan un contenido predominante de sodio entre los cationes y cloruro entre los aniones. Los datos se encuentran mucho más concentrados en el extremo clorurado entre los aniones en comparación con los cationes, que presentan un mayor grado de dispersión. Las muestras que definitivamente escapan a este comportamiento son las aguas subterráneas que aportan a las cuencas salinas.

Para el contenido catiónico, se observa que algunas de las muestras de la salina de Piedras (nº 3 y 9) exhiben una mayor concentración de Mg (12-14 gr/l) a pesar que este catión se presenta en cantidad apreciable en casi todas las muestras. Esto también es válido para el potasio, aunque en menor proporción que el magnesio.

Las excepciones a lo antes mencionado lo constituyen algunas de las muestras de la salina del Inglés (que representan a salmueras profundas); del salitral Grande y las muestras que corresponden aguas subterráneas que aportan a las cuencas que albergan a los depósitos salinos, éstas últimas más ricas en sulfatos y metales alcalino-térreos.

Se comprueba que la mayor parte de los puntos representativos de la composición química de las salmueras se proyectan en las proximidades de los vértices correspondientes al  $\text{Cl}^-$  y a los elementos alcalinos, entre los cuales el potasio está subordinado al sodio, por lo tanto se las puede clasificar como del tipo clorurado-sódico; en parte sulfatadas son, en cambio los datos de los análisis de aguas subterráneas.

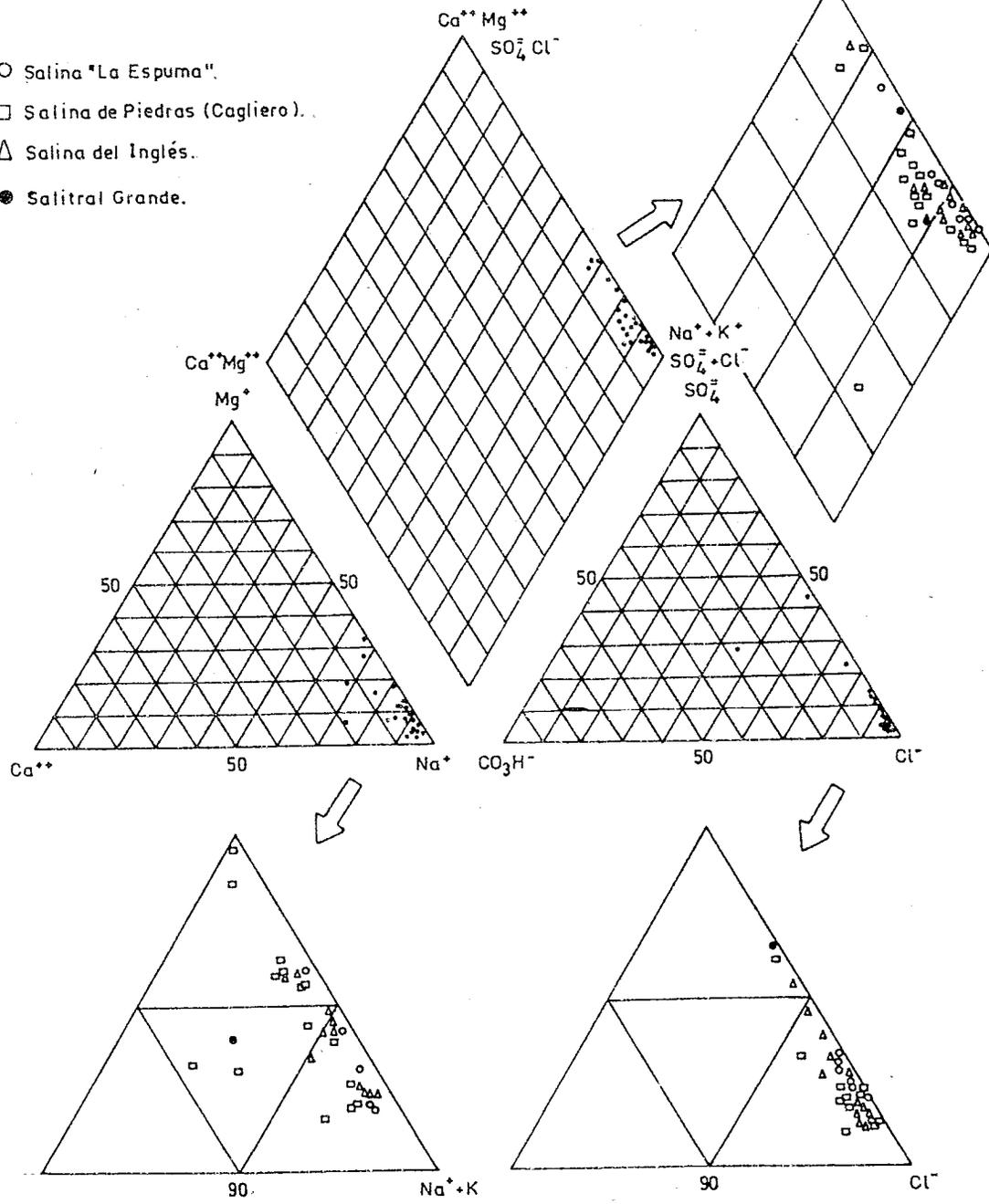
#### COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

En general, los acuíferos se alojan en las areniscas rionegrenses, y se presentan cuando el paquete areniscoso yace sobre arcilitas, o bien areniscas con un alto porcentaje de arcilitas. Puede estimarse que los acuíferos se hallan a una profundidad que varía entre los 20 y 30 metros (Franchi, op. cit.). De acuerdo a los datos obtenidos sobre aguas subterráneas de la región NE de la Provincia de Río Negro y del sector sur del Partido de Patagones, este

DIAGRAMA DE COMPOSICION DE SALMUERAS  
 (CONCENTRACION DE ANIONES Y CATIONES EN EQUIVALENTES POR CIENTO).

Fig. 9

- Salina "La Espuma".
- Salina de Piedras (Cagliero).
- △ Salina del Inglés.
- Salitral Grande.



autor identifica dos grupos distintos; las primeras corresponden a aguas cloruradas, con un gran porcentaje de  $\text{ClNa}$ , aunque con una importante concentración de sulfatos (18-20%). Algunos de los cationes, tales como el  $\text{Ca}$  y  $\text{Mg}$  se encuentran en proporciones que varían entre 2 y 14%, mientras que el  $\text{Na}$  se mantiene constante en un 50%.

Las del sector sur del partido de Patagones exhiben una mayor concentración del anión sulfato (62%) y un alto contenido de  $\text{CO}_3\text{H}^-$ , de 7,5%, en detrimento del bajo porcentaje de  $\text{Cl}^-$  (30%). El contenido catiónico registra cantidades predominantes de  $\text{Na}^+$  (87%); asimismo, es importante destacar un pH bastante más alcalino, levemente superior a 9, en comparación con los de las salmueras (pH neutro o ligeramente ácido).

Las muestras analizadas que corresponden a las adyacencias de la salina Cagliero presentan cantidades importantes de  $\text{SO}_4^{2-}$  (12-23%), que va disminuyendo gradualmente a medida que nos acercamos a la salina; además se registra un importante contenido de  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{CO}_3\text{H}^-$  para la muestra número 22, ubicada en el sector SE de la salina a unos 900 metros del borde de la misma.

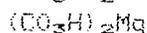
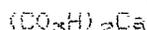
Comparando dichos resultados, los mismos se asemejarían más a los correspondientes al primer grupo de Franchi (op.cit.).

De tal modo, se debe contemplar la influencia de las aguas subterráneas en la génesis de los cuerpos salinos, aunque dicho aporte no bastaría por sí sólo para explicar tanta cantidad de sales presentes en las cuencas que se encuentran en el área de estudio, opinión sustentada por Bernasconi y Cangioli (1978; en Trebino, 1987).

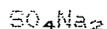
#### COMBINACIONES HIPOTÉTICAS (NORMATIVAS) DE SALES PRESENTES

Tomando en cuenta las concentraciones y porcentajes de cada uno de los aniones y cationes mayoritarios analizados y las composiciones teóricas de los minerales de origen evaporítico que se pueden formar, siguiendo el orden expuesto por Langbein (1961) y los ejemplos que propone Cordini (1967), las combinaciones hipotéticas a considerar serían las siguientes:

Orden de precipitación propuesto por Langbein (op.cit.)



$\text{SO}_4\text{Ca}$  (orden reversible con el  $\text{ClNa}$  según la concentración que comúnmente puede encontrarse en estos cuerpos salinos)



$\text{ClK-Mg}$  y otros similares (sales higroscópicas)

De acuerdo a los datos antes mencionados, (tabla 7) se puede notar que, lógicamente, un gran porcentaje (92-95%), corresponde a  $\text{ClNa}$ , siendo los valores obtenidos semejantes para todas las salinas en estudio.

Son importantes, también, las cantidades de  $\text{SO}_4\text{Mg}$  (normativo) y las de  $\text{ClK}$ , encontrándose las primeras con cifras que oscilan entre 1,5 y 2%.

Significativos son también los porcentajes de  $\text{SO}_4\text{Ca}$  (bajo la forma mineralógica de yeso) que observa cantidades de 2-4%. Con respecto a este último, cabe destacar que los valores de las salmueras del Salitral Grande y las aguas subterráneas que alumbran en la zona de la salina de Piedras o Cagliero dichas cifras superan en mucho a las de las demás salinas (alrededor de un 20%).

El resto de las combinaciones normativas probables de sales muy solubles (cloruros y sulfatos de  $\text{Mg}$  y  $\text{K}$ ) es sumamente bajo, presentándose sólo como vestigios y/o trazas.

COMBINACION HIPOTETICA (NORMATIVA) DE LAS SALMUERAS

MUESTRAS	(CO3H)2Ca	(CO3H)2Mg	SO4Ca	ClNa	SO4Na2	SO4Mg	ClK	CL2Mg
1. S. Grande	0,36 *	---	17,61	72,45	---	2,83	3,36	3,38
5. Cagliario	0,08	---	1,32	89,66	---	2,51	---	6,43
11. Cagliario	0,25	---	4,34	88,77	---	4,10	1,82	0,71
13. Cagliario	0,10	---	3,58	93,78	---	1,18	0,80	0,56
16. Cagliario	0,11	---	5,16	92,89	---	---	0,68	1,16
16'. Cagliario	1,57	---	21,46	67,21	---	---	1,60	8,16
18. Cagliario	0,10	---	3,63	93,85	---	1,72	0,70	---
19. Cagliario	0,04	---	1,15	91,76	---	---	0,78	5,84
20. Cagliario	0,24	---	1,13	73,31	---	7,55	---	15,41
21. Cagliario	1,98	---	5,74	72,50	13,32	6,45	---	---
22. Cagliario	2,10	2,48	---	50,09	27,19	---	---	---
3. S. Esp.	0,05	---	0,52	94,47	4,95	---	---	---
13. S. Esp.	0,15	---	1,60	85,35	---	1,58	0,70	---
2. Inglés	0,03	---	0,34	90,00	4,49	5,14	---	---
3. Inglés	0,07	---	0,83	93,99	5,08	0,03	---	---
4. Inglés	0,26	---	2,43	91,20	3,61	3,61	---	1,70
10. Inglés	0,22	---	0,29	72,90	5,45	---	---	21,14
13. Inglés	0,09	---	2,45	93,15	---	2,16	2,16	---
15. Inglés	0,09	---	2,45	93,11	---	2,09	2,27	---
17. Inglés	0,08	---	2,99	92,76	---	2,01	2,15	---
19. Inglés	---	0,24	---	95,68	---	1,86	2,22	---

\* Datos expresados en porcentajes sobre el total de cationes y aniones analizados.

TABLA 7

ANALISIS DE SALES Y FANGOS SALINOS

Fueron analizadas algunas muestras tipo de costra salina (capas superficiales) y de fangos salinizados de cada una de las salinas en estudio del partido de Patagones.

Muestras de sales.

En ellas se advierte que el porcentaje de residuos sólidos es bajo para todas las muestras, siendo el menor de ellos el que corresponde a la salina del Inglés (1,4 %), mientras que el mayor es el determinado para la salina La Espuma (3,5 %).

Las muestras, expresadas inicialmente en gr/100 gr de sal fueron recalculadas en porcentajes (planilla 8) obteniéndose que la mayor parte corresponde a ClNa, en cantidades bastante similares para las muestras citadas.

Tedricamente, a modo de ejemplo, en base a las distintas solubilidades que presentan las sales que potencialmente podrían formarse (Langbein, 1961) se pueden ensayar las siguientes combinaciones probables:

Muestra<sub>11</sub> salina Cagliario

Halita: 96,45 %

El resto de las combinaciones sería la siguiente:

SO<sub>4</sub>Ca: 1,46 % (yeso)

SO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>: 1,10 % (mirabilita-thenardita)

El resto de los cationes (magnesio, potasio), se podrían combinar con sulfatos (en el caso del Mg<sup>++</sup> para formar epsomita, SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O) o con cloruros (para formar silvita, ClK) y otras sales complejas de magnesio y potasio, aunque en cantidades muy exiguas, dadas sus altas solubilidades.

Cabe destacar el mayor contenido de potasio de la muestra de la salina del Inglés, atribuible al alto grado de evaporación de las salmueras que exhibía este cuerpo en el momento del muestreo. Dicho contenido podría explicarse a partir de pequeños remanentes de salmuera en los cristales de halita, ya que el  $K^+$  prácticamente no sustituye en forma diadómica al  $Na^+$  en la red cristalina de la halita.

Análisis ejecutados con microsonda electrónica de energía dispersiva (EDAX) y observaciones con microscopio electrónico han demostrado la existencia, además de halita y yeso, de pequeñas inclusiones superficiales sobre el yeso con altos contenidos en magnesio, que podrían tratarse de epsomita, en muy exigua cantidad. Análisis por difracción de rayos X han indicado, por otra parte, la presencia de glauberita (sulfato de calcio y sodio) en muestras de la salina Cagliero, aunque en escasa cantidad.

COMPOSICION NORMATIVA DE SALES (en porcentajes)						
	ClNa	SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> Ca	ClK	Cl <sub>2</sub> Mg	Res. Ins.
Salina Cagliero o de Piedras	97,46	1,10	1,46	vest.	vest.	2,3
	94,35	2,85	---	vest.	vest.	---
	94,35	1,55	---	vest.	vest.	---
	95,85	1,88	---	vest.	vest.	---
	96,45	1,10	---	vest.	vest.	---
Salina del Inglés	95,20	1,77	1,62	vest.	vest.	1,4
	95,75	1,30	---	vest.	vest.	---
	95,75	1,80	---	vest.	vest.	---
Salina La Espuma	95,20	1,30	1,50	vest.	vest.	3,5

TABLA 8

#### Muestras de fangos salinos

Fueron analizadas algunas muestras de fangos salinizados, que corresponden a las salinas consideradas; el porcentaje de residuos sólidos determinados fue de 89,5 y 88,5 % (salinas Cagliero y del Inglés, respectivamente).

En lo que hace a las combinaciones probables potenciales de las sales, podrían considerarse las siguientes:

M> Salina Cagliero

ClNa : 5,80 % (en peso)

SO<sub>4</sub>Ca: 1,55 % (en peso)

ClK : 0,19 % (en peso)

Cl<sub>2</sub>Mg: 1,18 % (en peso)

Para la salina del Inglés se podría considerar un porcentaje similar.

De lo expuesto se desprende que la halita sigue presentándose en mayor porcentaje, seguida por el yeso. Sobre la costa, sin embargo, se encuentra que, inmersos en el fango sapropélico oscuro (gyttias) se presentan cristales de yeso en cantidades considerables, del tipo gipsarenita y aún selenítico; en la salina del Inglés (sector oeste y norte) se encuentran cantidades importantes de yeso, mayores a las citadas en estos análisis.

ANÁLISIS DE ELEMENTOS MINORITARIOS (Activación neutrónica)

Se han analizado por la metodología de activación neutrónica seis muestras de fango salinizado procedentes de las salinas de Piedras, del Inglés y La Espuma, con el objeto de obtener información acerca de elementos traza y minoritarios.

Las irradiaciones de las muestras fueron realizadas en el reactor RA-3 del Centro Atómico Ezeiza, siguiéndose el procedimiento que se describe:

Fracciones de fango salinizado de aproximadamente 50 mg, secadas en estufa a una temperatura de 60°C, fueron colocadas en ampollas de cuarzo, junto a igual cantidad de los standards utilizados como patrones, AGV-1 (andesita), GSP-1 (granodiorita) y SOIL-5 (suelo), del U.S. Geol. Survey. Las muestras fueron irradiadas bajo flujo de  $3,1 \times 10^{13} n \times cm^{-2} \times seg^{-1}$ , con neutrones térmicos durante 8 hs.

Las muestras fueron luego medidas en dos analizadores multicanales de espectrometría gamma Canberra serie 80 y 85, de 4096 canales, acoplados a un detector de Ge (Li) Princeton Gamma Tech de 70 cm<sup>3</sup>.

La cuantificación de los resultados fue llevada a cabo con una computadora Hewlett-Packard, mediante el método de Covell (1969).

De los resultados obtenidos, puede indicarse que son importantes las concentraciones de Bromo (a través de la determinación del isótopo Br<sup>82</sup>), con valores de 200 ppm, mientras que son bajos los valores de Rb (60-20 ppm) asimismo como los de Cs y Ba (ver tabla 9).

Los análisis de residuo sólido obtenido de la evaporación de las salmueras, ejecutados con irradiación de neutrones térmicos como epitérmicos (Nicolli et. al. 1982) no fueron satisfactorios, debido a las bajas concentraciones de los elementos buscados, así como también a la fuerte interferencia que causaba el isótopo Na<sup>24</sup>, en virtud de la elevación del conteo de fondo o Compton que el mismo determinó.

NUCLEIDO MEDIDO	ENERGIA (Kev)	STANDARD UTILIZADO	MUESTRA 4 (S.L.Esp)	MUESTRA 2 (S.L.Esp)	MUESTRA 8 (S.Cagli)	MUESTRA 10 (S.Cagli)	MUESTRA 4 (S.Ingl.)	MUESTRA 4 (S.Ingl.) (filtrad)
Gd 153	97	GSP-1	ND< 0.7	ND< 1.3	ND< 0.5	ND< 0.6	ND< 0.7	ND< 0.5
Cs 134	795	SOIL-5	3 ± 1	3 ± 1	ND< 1.1	11.2 ± 0.7	ND< 1.9	ND< 1.0
Cr 51	320	SOIL-5	ND< 17	ND< 21	5 ± 3	ND< 11	ND< 16	ND< 9
Eu 152	123	AGU-1	10.2 ± 0.4	ND< 1.0	ND< 0.2	ND< 0.6	10.5 ± 0.3	ND< 0.4
Eu 152	1408	AGU-1	10.8 ± 0.2	10.9 ± 0.2	10.2 ± 0.1	10.3 ± 0.1	10.5 ± 0.1	10.2 ± 0.1
Eu 152	1408	AGU-1	10.9 ± 0.2	10.9 ± 0.2	10.2 ± 0.1	10.3 ± 0.1	10.5 ± 0.1	10.2 ± 0.1
Eu 152	Promedio pesado		11.1 ± 0.07	10.9 ± 0.1	10.1 ± 0.06	10.3 ± 0.06	10.5 ± 0.09	10.2 ± 0.06
Co 60	1332	AGU-1	9 ± 2	10 ± 2	11.2 ± 0.6	12.9 ± 0.8	6 ± 1	14.1 ± 0.9
Co 60	1173	AGU-1	10 ± 2	11 ± 2	11.1 ± 0.6	12.3 ± 0.9	6 ± 1	12.3 ± 0.9
Co 60	Promedio pesado		9 ± 2	11 ± 1	11.2 ± 0.4	12.6 ± 0.6	6 ± 1	13.1 ± 0.6
Sc 46	1120	AGU-1	12.6 ± 0.6	12.8 ± 0.6	11.8 ± 0.1	13.9 ± 0.2	17.6 ± 0.4	13.4 ± 0.2
Sc 46	889	AGU-1	12.6 ± 0.6	12.4 ± 0.5	11.9 ± 0.1	14.1 ± 0.2	17.7 ± 0.3	13.6 ± 0.2
Sc 46	Promedio pesado		12.6 ± 0.4	12.6 ± 0.4	11.8 ± 0.1	14.0 ± 0.2	17.7 ± 0.2	13.5 ± 0.2
Tb 160	879	GSP-1	ND< 1.8	ND< 1.6	ND< 0.7	ND< 1.0	ND< 1.8	ND< 0.7
Hf 181	482	GSP-1	15.2 ± 1.5	13.6 ± 1.4	11.1 ± 0.6	12.4 ± 0.8	13.3 ± 1.1	ND< 1.9
Pa 233	311	GSP-1	15.5 ± 0.2	14.9 ± 0.2	11.2 ± 0.6	12.3 ± 0.7	12.9 ± 1.0	11.2 ± 0.7
Ce 141 <sup>β</sup>	145	GSP-1	56 ± 7	35 ± 6	7 ± 4	17 ± 4	26 ± 5	9 ± 4
Yb 169	110	GSP-1	ND< 0.2	10.29 ± 0.1	ND< 0.2	10.2 ± 0.1	ND< 0.3	ND< 0.2
Sb 122	563	SOIL-5	11.1 ± 0.5	ND< 1.0	ND< 1.0	ND< 1.0	ND< 1.0	ND< 1.3
Cr 51	320	SOIL-5	29 ± 14	19 ± 10	ND< 17	ND< 13	22 ± 13	14 ± 9

\* nota: el isótopo Pa 233 se utiliza para identificar Thorio.

TABLA 9

## CONSIDERACIONES PRELIMINARES ACERCA DE LA POTENCIALIDAD DE LOS RECURSOS SALINOS DEL PARTIDO DE PATAGONES

Al momento de ejecutarse las tareas de campo en las distintas salinas del partido de Patagones, el único depósito objeto de explotación era la salina de Piedras o Cagliero, donde había recommenzado la extracción por cosecha (1988), tras varios años de inactividad.

La pequeña salina La Espuma registraba esporádicas cosechas de sal en el mismo período, mientras que la salina del Inglés no presentaba actividad alguna.

La posibilidad de extracción de sal por el método tradicional ("cosechas") se limita (en gran escala) sólo a la salina Cagliero o de Piedras, la única que presenta un piso apto para soportar las cargas ejercidas por la maquinaria utilizada en este método de explotación. La firmeza del piso (así como también los mayores espesores de la capa anual o superficial de la sal a cosechar) se encuentran en el sector central y sur de este depósito salino, donde se localizan los establecimientos que allí operan.

Aún así, la elevada carga de sulfatos presentes en este cuerpo salino, hace necesario un proceso de purificación de la sal antes de ser comercializada, ya sea mediante un estacionamiento más o menos prolongado de las "parvas" (acumulación del material extraído) de un año como mínimo, en función de las condiciones climáticas imperantes (años lluviosos facilitan el lavado de estos sulfatos, por su mayor solubilidad) o bien a través del riego artificial de las parvas, a medida que se va acumulando el material, proceso éste que implica mayor costo, pero mayor rapidez para lograr una buena aptitud de la sal a comercializar.

Los otros dos cuerpos evaporíticos, ya sea por su reducida extensión (Salina La Espuma) o por tener un piso demasiado blando (Salina del Inglés) revisten menor interés para una eventual explotación por el método de cosecha de sal.

Para la salina Cagliero, una hipotética extracción de sal (considerando una sola cosecha anual) sobre una superficie mínima explotable de 200 Ha, que cubren prácticamente el total de pertenencias mensuradas, proporcionaría un total de sal a obtener de 90.000 a 100.000 t, con contenidos de ClNa estimados en 95 %.

Tomando en cuenta ahora la reserva existente en las salmueras en una superficie aproximada de 800 ha (que abarca la zona muestreada) con un contenido promedio en ClNa de 270,87 gr/l, se puede estimar un contenido de 238.365,6 toneladas de ClNa.

Interesantes son además los contenidos de magnesio, que rondarían los 7,8 gr/l, comparables a algunas salinas de la provincia de La Pampa (salitral Negro, por ejemplo).

Para la salina del Inglés se puede estimar una concentración promedio de ClNa en las aguas madres de 252,31 gr/l, siendo asimismo significativos los contenidos de magnesio y potasio en las salmueras remanentes o residuales de 4,61 y 2,40 g/l. Se deberían considerar como un recurso potencial, en virtud de la no utilización a gran escala de los métodos tradicionales de extracción.

Para el caso de la salina La Espuma, de proporciones mucho más modestas que las anteriores (la cuenca que alberga a este cuerpo salino posee dimensiones máximas que apenas superan el km) se puede estimar una superficie operable para la extracción de sal por cosecha de 50-60 ha. La profundidad de la salmuera (promedio) está calculada en 12,25 cm y el contenido medio de ClNa de 239,65 gr/l. Por lo tanto, el recurso sólo permitiría una explotación modesta, destinada a abastecer el mercado local.

## ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PROBABLE GENESIS DE LAS SALINAS

Sobre la base a los distintos datos recogidos en campaña y las evidencias surgidas a partir de las diversas metodologías analíticas aplicadas sobre muestras de los cuerpos salinos de la zona sur del Pdo. de Patagones, se pueden señalar algunos aspectos que contribuyen a la dilucidación de la génesis de las cuencas salinas.

En general, se han planteado dos hipótesis acerca del origen de cuerpos evaporíticos como los que se señalan en la presente contribución, que son las siguientes:

a) aporte de aguas subterráneas altamente mineralizadas, que llegan a la zona de la salina y al evaporarse originan concentraciones evaporíticas, o bien por la lixiviación de sales contenidas en los sedimentos que se encuentran en las barrancas que limitan a las salinas.

b) que los cuerpos salinos derivan de la evaporación del agua de mar, es decir, cuencas que se comunicaban con el mar a través de canales de mareas, evolucionando luego de lagoon o lago salado al cuerpo salino actual, una vez que dicha comunicación fue cortada.

Bernasconi y Cangiali (1978; en Trebino, 1987) vinculan el origen de estos depósitos salinos al efecto de aguas subterráneas mineralizadas que ascienden por capilaridad, se evaporan y concentran la sal, sumado a la acción de las aguas de lluvia que al descender por las paredes de las depresiones incorporan sales presentes en los sedimentos que conforman las barrancas y las depositan en los lugares más bajos, donde luego, por evaporación, cristalizan.

Witte (1916) distingue en el área dos tipos de depresiones: unas con comunicación permanente con el mar y otras donde las aguas del mar llegaban en forma esporádica. Las primeras habrían derivado en salitrales y las segundas en salinas. Este autor adjudica un origen marino a los depósitos evaporíticos de la zona SE del Partido de Patagones. En el mismo sentido, Scruton (1953) propone un modelo de flujo y reflujo de mareas en cuencas cerradas, que resultan en aumento progresivo de la salinidad en esas cuencas restringidas. Grossi (1951) también asigna un origen marino para las salinas del Inglés y Cagliero.

De acuerdo a las observaciones realizadas, hay varias cuestiones que merecen destacarse; en primer lugar se puede señalar que el patrón de diseño de estas salinas, en especial la del Inglés, presenta una forma concéntrica, con una zona de yeso exterior, y un sector interno con ClNa como mineralogía predominante, acompañado por sulfatos de Na y otras sales de elevado producto de solubilidad y por lo tanto de precipitación tardía. Según Ortí Cabo (1988), este patrón de diseño se relaciona principalmente a concentraciones salinas relacionadas a aporte marino.

Además, el desarrollo de yeso de tipo selenítico (facies seleníticas intersticiales), común en estas salinas, aparece en ambientes de tipo lagoon, que a grandes rasgos podría aplicarse a éstas. Ello es particularmente evidente en la salina del Inglés, la cual durante el Cuaternario (pleistoceno?, holoceno?) estuvo unida con el mar a través de un canal de mareas, según surge de la opinión de diversos autores y del análisis de las evidencias de campo observadas. Dicho canal de mareas, identificado en los mapas figs. 2 y 3, tiene rumbo E-O, llegando hasta poco al norte de Punta Rubia Falsa, y también en apariencia pudo haber estado unido al A° del Guanaco. Además, varios trabajos previos documentan la migración de la línea de costa de oeste a este en esta porción de la provincia de Buenos Aires durante el Cuaternario, hecho que favorecería la formación de cuencas cerradas donde la consecuente evaporación daría como resultado un aumento de la salinidad en éstas.

Otro dato importante a considerar lo constituyen las determinaciones paleontológicas (llevadas a cabo por la Dra. M. Aguirre, comunicación verbal)

que indican la existencia de fósiles de especies de moluscos marinos que actualmente tienen su hábitat en el Atlántico sur, en las latitudes que corresponden a la parte meridional de la Prov. de Bs. As., e incluso una de estas especies *Brachidontes rodriguezi* (D'orbigny) vive en ambientes eurihalinos (aguas salobres). Estos fósiles se encuentran entre la malacofauna determinada por Aliotta et. al. (1987) en niveles conchilíferos en depósitos atribuidos al Holoceno, en la localidad de Ing. White. Los mismos fueron considerados como depósitos extensos de planicies de marea, de zona intertidal a supratidal, dado por la presencia de yeso.

Análisis ejecutados a través de la técnica de activación neutrónica sobre muestras de fango de las salinas presentan concentraciones de bromo bastante elevadas, del orden de 200 a 300 ppm (asignadas a residuo salino que impregna estos sedimentos); un valor mayor a las 160 ppm de este elemento (Cons Fed. Inv., 1981) es índice de un aporte marino, que contribuyó al desarrollo de los depósitos salinos. Otros cuerpos salinos de la región (Salinas Chicas, Anzoátegui) presentan valores inferiores al indicado.

Por último, cabría mencionar que los datos isotópicos de la relación  $Sr^{87}/Sr^{86}$ , efectuados en la Universidad de Roma por el Dr. M. Barbieri, realizados a nuestra solicitud sobre muestras de fango y salmueras de la salina del Inglés, revelan valores que son muy semejantes a la composición actual del agua de mar (0,70862-0,70864 y 0,7090 respectivamente). Datos isotópicos correspondientes a otros cuerpos salinos (Salinas Chicas) indican valores de 0,70738, tanto sobre fangos como salmueras, que se corresponderían más a un aporte continental de las sales que conforman dicho depósito evaporítico.

La carencia de sedimentos de origen marino, con cantidades elevadas de sales, en las barrancas que rodean a los cuerpos salinos, o bien que alojen acuíferos superficiales que aporten a las cuencas salinas (como ocurriría, por ejemplo en la salina del Gualicho, Río Negro, trabajo en ejecución) limitarían en cierta medida la hipótesis genética señalada en primer término.

Por el contrario, todos los elementos mencionados apuntan a una posible vinculación genética relacionada con aportes marinos (en particular la salina del Inglés) a lo que podría sumarse el efecto de aguas subterráneas de alto tenor salino que al llegar a las cuencas depositan la sal por evaporación.

#### Agradecimientos.

Los autores agradecen a la Comisión de investigaciones Científicas por su apoyo a este trabajo, a los licenciados Sonia Romero y J. San Cristóbal por la colaboración brindada en las tareas de campo y a la Lic. Rita Plá (CNEA) por el apoyo brindado en la ejecución de los análisis por activación neutrónica.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ALIOTTA, S.; FARINATI, E.; GINSBERG, S. (1987): Un nivel conchilífero en el subsuelo de Ing. White, prov. de Buenos Aires, Argentina. X Cong. Geol. Arg., Actas I, pág 123-127.
- AMBROSINI, G. L. (1984): Geomorfología de la isla del Jabalí, depto. Patagones, prov. de Bs. As. Actas IX Cong. Geol. Arg., Actas III, p 497-512. Bariloche, prov. Río Negro.
- ANDREIS, R. (1965): Petrografía y paleocorrientes de la Fm. Río Negro. Rev. Mus. de La Plata. Tomo V (nueva serie). Nº 36.
- ANGELELLI, V; (1973): Recursos minerales y rocas de aplicación de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, anales III.

- CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES (1981): Aprovechamiento minero de la prov. de La Pampa, vol. 4. Antecedentes para la evaluación de salinas y salmueras. Evaluación de recursos mineros. Anteproyecto de recursos de magnesio. Informe final.
- CORDINI, R. (1967): Reservas salinas de la República Argentina. Inst. Nac. Geol. y Min., Anales nº 13, Bs. As.
- CORTELEZZI, C.; DE SALVO, O.; DE FRANCESCO, F. (1965): Estudio de las gravas Tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el río Negro, desde la costa Atlántica hasta Choele-Choel. Actas II Jorn. Geol. Arg., tomo III, Bs. As.
- CORTELEZZI, C.; DE FRANCESCO, F.; DE SALVO, O. (1968): Estudio de las gravas Tehuelches entre el río Colorado y el río Negro, desde la costa Atlántica hasta la cordillera. Actas III Jorn. Geol. Arg., tomo III, Bs. As.
- COVELL, D. (1969): Determination of gamma ray abundance directly from the absorption peak. Anal. Chem. 31, p. 1785.
- DE FERRARIIS, J. (1966): Estudio estratigráfico de la Fm Río Negro de la provincia de Buenos Aires y sus relaciones con la nordpatagónica. Anales CIC vol. VII, pág 85-166.
- DELLWIG, L. (1955): Origin of the saline salt of Michigan. Jour. Sed. Petrol., 25, p 83-110.
- EDINGER, S.E. (1973): The growth of gypsum. An investigation of the factors which affect the size and growth rates of the habit faces of gypsum. Jour. Crystal Growth. Vol. 18, p 217-224.
- FIDALGO, F., COLADO, U Y DE FRANCESCO, F. (1973): Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena, prov. de Bs. As. V Cong. Geol. Arg., Actas III, pág. 227-240.
- FIDALGO, F.; TONNI, E.; PORRO, N. Y LAZA, J. (1987): Geología del área de la laguna Chasicó (pdo. de Villarino, prov. de Bs. As.) y aspectos bioestratigráficos relacionados. Rev. Asoc. Geol. Arg. XLII (3-4), pág. 407-416.
- FRANCHI, M. (1977): Informe final de las hojas geológicas 39m, 40m y 39n, prov. de Buenos Aires y Río Negro (inédito). Ser. Geol. Nac., Bs. As.
- FRENGUELLI, J. (1950): Rasgos generales de la morfología y geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, serie II nº 33, La Plata.
- GONZALEZ URIARTE, M. (1985): Geomorfología del área interfluvial de los cursos inferiores de los ríos Colorado y Negro. I Jorn. Geol. Bonaerenses (resumen). CIC, Bs.As., p 52-53.
- GROEBER, P. (1949): Resumen preliminar de las observaciones realizadas en el viaje a la región sur de Bahía Blanca en enero de 1947. Notas Museo de La Plata, tomo XIV, geol. nº 57, La Plata.

- GROSSI, B. (1951): Informe acerca de los depósitos de sal de salina Las Piedras y salina del Inglés, Prov. de Buenos Aires. BIRA nº 19, (inédito) BANADE, Bs. As.
- KAASCHIETER, J. P. (1965): Geología de la cuenca del Colorado. II Jorn. Geol. Arg., Actas III, p 251-269. Bs. As.
- KOSTADINOFF, J.; FONT, G. (1984): La cuenca del Colorado en el litoral sur de la Prov. de Buenos Aires. Actas IX Cong. Geol. Arg., tomo III, Bariloche, Río Negro.
- LANGBEIN, W. (1961): Salinity and hidrology of closed lakes. U.S. Geol Survey, Prof. Paper 412, 20 p.
- NICOLLI, H.; GAMBA, M. (1979): Guía para el muestreo geoquímico de aguas y salmueras. Public. CNIE, depto. de Geol. Econ., Bs. As.
- NICOLLI, H.; SURIANO J.; MENDEZ V.; GOMEZ PERAL M. (1982): Salmueras ricas en metales alcalinos del salar del Hombre Muerto, Prov. de Catamarca, R. Argentina. V Cong. Geol. Latinoamericano, Actas III, p 187-204.
- ORTI CABO, F.; PUEYO MUR, J.; TRUC, G (1984): Las salinas marítimas de Santa Pola (Alicante, España). Breve introducción al estudio de un modelo natural controlado de sedimentación evaporítica somera. Rev. Inst. Geol., vol 38/39, pág 9-29.
- ORTI CABO, F. B. (1988): Introducción a las formaciones evaporíticas de origen marino. Curso de posgrado, Univ. Nac. de Salta, 90 p.
- RAINWATER, F Y THATCHER, L. (1960): Methods for collection and analysis of water samples. U.S. Geol. Survey, water-supply paper, 1454.
- SCRUTON, P. (1953): Deposition of evaporites. Am. Assoc. Petrol. Geolog. (AAPG), Bull., vol. 37, p. 2498-2512.
- TREBINO, G. (1987): Geomorfología y evolución de la costa en los alrededores del pueblo de San Blás, Prov. de Bs. As. RAGA, tomo XLII (1-2), p 9-22.
- WARREN, J. W. (1982): The hidrological setting, occurrence and significance of gypsum in the late Quaternary salt lakes in south Australia. Sedimentology, 29, p 609-638.
- WEILER, N. (1983); Rasgos morfológicos evolutivos del sector costanero comprendido entre Bahía Verde e isla Gaviota, prov. de Bs. As. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXXVIII (3-4), pág. 392-404.
- WICHMANN, R. (1918): Estudios geológicos e hidrogeológicos de la región comprendida entre la boca del río Negro, San Antonio Oeste y Choele Choel. An. Min. Agric. Dir. Gral. de Minas. XIII (3), Bs. As.
- WITTE, L. (1916): Estudios geológicos de la región de San Blás. Rev. Museo de La Plata, tomo XXIV (segunda serie, tomo XII), La Plata.
- ZAMBRANO, J. J. (1972): Comarca de la cuenca Cretácica del Colorado. Geol. Reg. Arg., Acad. Nac. Cs, II, p 1033, Córdoba.