

PROYECTO DE INVESTIGACION DEL BORDE OESTE
DEL PERDON

TOMO I.- INFORME DE RESULTADOS

P.N.A.M.P.M.

Abril, 1.985



e. n. adaro
de investigaciones mineras s.a.

50138

TITULO	<u>PROYECTO DE INVESTIGACION DEL BORDE OESTE</u> <u>DEL PERDON</u> <u>TOMO I.- INFORME DE RESULTADOS</u>
CLIENTE	P.N.A.M.P.M.
FECHA	Abril, 1.985

Referencia:

Departamento: Geofísica

C O N T E N I D O

TOMO I - Informe de resultados

TOMO II - Campaña de sísmica de reflexión

TOMO III - Estudio petrológico, mineralógico y geoquímico

INVESTIGACION DEL BORDE OESTE DEL
YACIMIENTO DEL PERDON

INFORME DE RESULTADOS

INVESTIGACION DEL BORDE OESTE DEL YACIMIENTO DEL PERDON

INFORME GENERAL

I N D I C E

1. ANTECEDENTES.
 - 1.1. Introduccion.
 - 1.2. Métodos de investigación utilizados con anterioridad.
 - 1.3. Planteamiento y objetivos.
2. CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS, PETROGRAFICAS, GEOQUIMICAS Y SEDIMENTOLOGICAS DEL YACIMIENTO.
 - 2.1. Columna estratigráfica tipo.
 - 2.1.1. Formaciones infrayacentes al yacimiento evaporítico.
 - 2.1.2. La formación avaporítica.
 - 2.1.3. Formaciones suprayacentes al yacimiento evaporítico.
 - 2.1.4. Edad de las formaciones.
 - 2.2. Litofacies y microestructura de las unidades de la formación evaporítica.
 - 2.3. Geoquímica de la formación salina.
 - 2.4. Aspectos sedimentológicos de la arenisca de Galar.
3. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION Y RESULTADOS.
 - 3.1. Campaña de sísmica de reflexión.
 - 3.2. Sondeo de Uterga.
 - 3.3. Análisis sedimentológico, geoquímico y petrográfico de algunas labores mineras en el borde Oeste y del sondeo de Uterga.
4. ESTRATIGRAFIA Y TECTONICA DE LA CUENCA.
 - 4.1. Estratigrafía.

4.1.1. La cuenca preevaporítica.

4.1.2. La cuenca salina.

4.1.3. Los depósitos fluvio lacustres oligocenos.

4.2. Tectónica.

4.2.1. Tectónica del yacimiento.

4.2.2. Evolución tectónica de la Unidad de Pamplona.

4.2.3. La tectónica del resto de la cuenca.

5. C O N C L U S I O N E S .

1. ANTECEDENTES .

1.1. INTRODUCCION .

El yacimiento salino de Nuestra Señora del Perdón es una parte respetada por la erosión de una amplia cuenca evaporítica, con deposición de sales potásicas que se extendía hasta más allá del límite oriental de la provincia de Navarra, habiéndose comprobado la existencia de sales potásicas de esta misma cuenca en Javier.

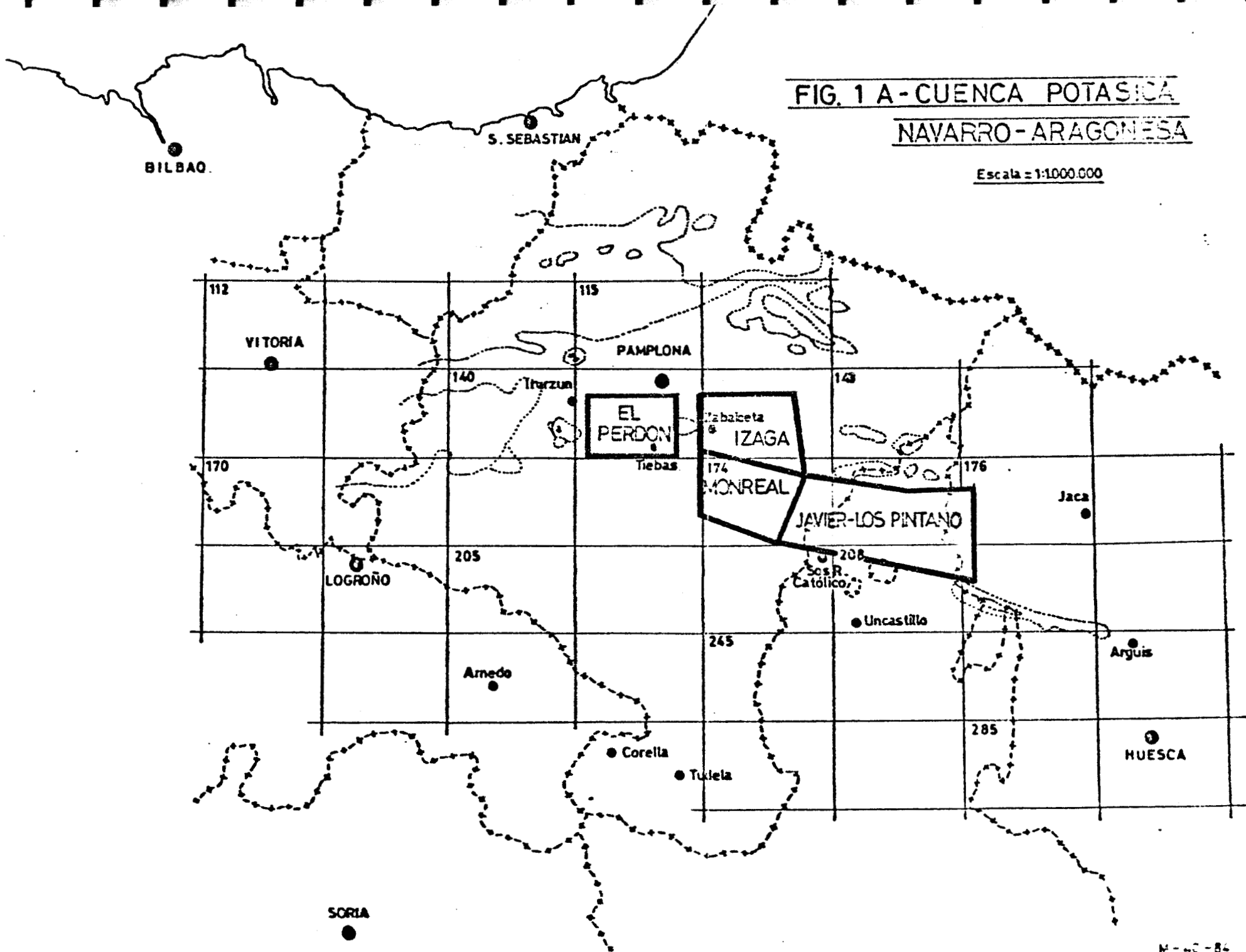
La cuenca se vió sometida a dos fases de plegamiento, una finioligocena y otra miocena, que hicieron surgir la Sierra de Alaiz, dividiendo la cuenca original en varias zonas separadas. Una de ellas constituye el yacimiento del Perdón, otra, de difícil explotación por los buzamientos que la afectan, se extiende entre Monreal y Javier y, por último, ya en parte de las provincias de Zaragoza y Huesca, el área de Javier - Los Pintano. (Fig. 1).

Aunque se han realizado numerosos trabajos de investigación y exploración en toda esta cuenca desde su descubrimiento por DEL VALLE en 1929 (1) (2), únicamente el yacimiento del Perdón ha sido objeto de explotación tras la investigación iniciada por el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (2) y confiada en 1949 por el I.N.I. a la E.N. ADARO DE INVESTIGACIONES MINERAS, S. A. (E.N.A.D.I.M.S.A.) (3), constituyéndose en 1960 la empresa encargada de explotar dicho yacimiento: POTASAS DE NAVARRA, S. A. (P.D.N.). Desde entonces dicha empresa ha beneficiado más de 40 millones de toneladas de sales potásicas que constituían las reservas más superficiales. A medida que las labores mineras progresaban hacia zonas más profundas, disminuyó el grado de conocimiento del yacimiento y por lo tanto el apoyo necesario para la planificación de las mismas a medio y largo plazo. Se precisaba, por lo tanto, realizar una nueva campaña de investigación que permitiese resolver los dos problemas que presentaba el yacimiento:

- Mejorar y completar la imagen estructural hasta entonces disponible.
- Definir sus límites, especialmente los bordes Sur y Oeste.

**FIG. 1 A - CUENCA POTASICA
NAVARRO-ARAGONESA**

Escala = 1:1000.000



**FIG. 1 B - DISPOSICION ACTUAL DE LAS
EVAPORITAS DE LA CUENCA
NAVARRO-ARAGONESA**

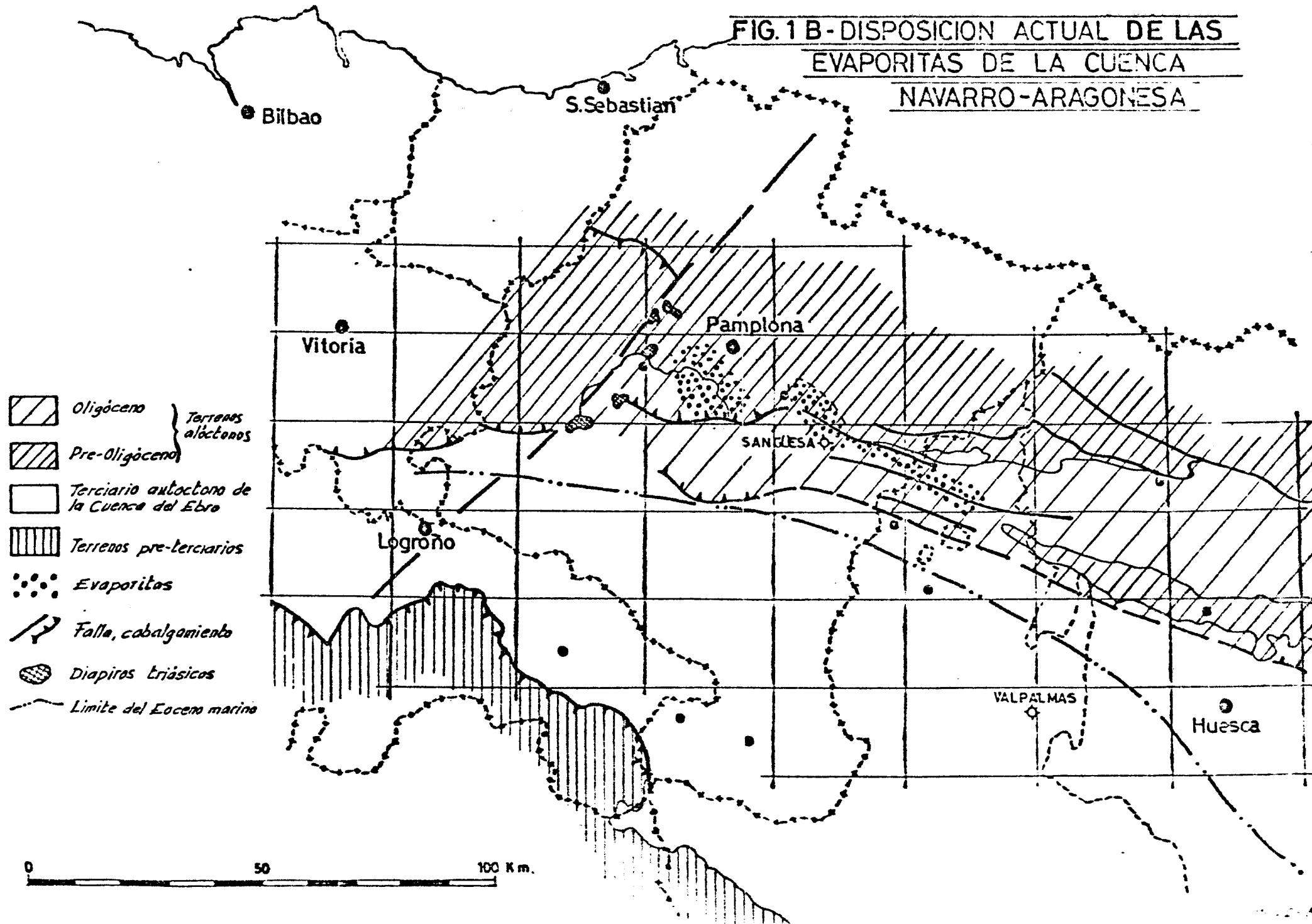
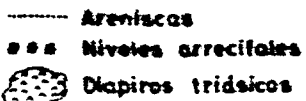
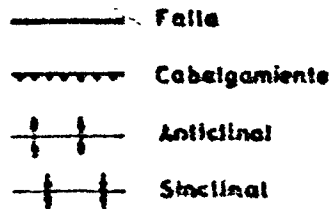
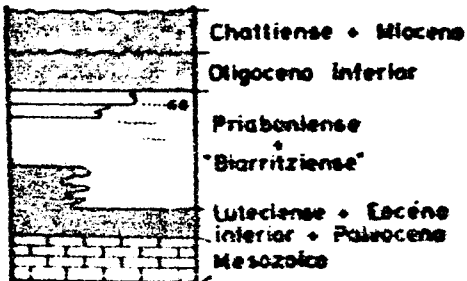
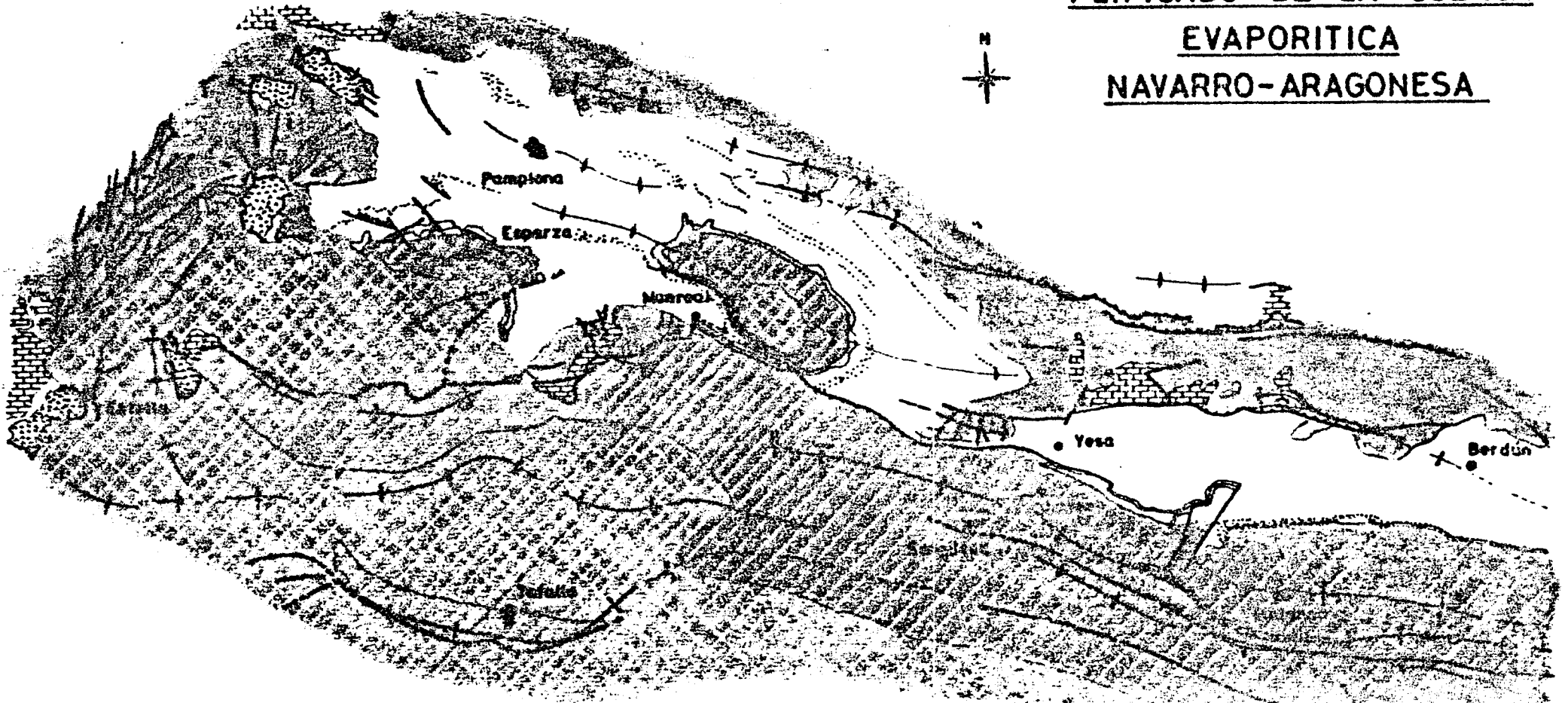


FIG.1 C-ESQUEMA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DE LA CUENCA EVAPORITICA NAVARRO-ARAGONESA



1.2. METODOS DE INVESTIGACION UTILIZADOS CON ANTERIORIDAD.

La investigación de las reservas más superficiales del yacimiento estuvo basada en el esquema estructural proporcionado por estudios geológicos de superficie complementados con sondeos, ya que la utilización del nivel de las areniscas de Galar como nivel guía, permitía determinar las estructuras con una cierta seguridad. Sin embargo, en la parte central y sur de la cuenca, la geología de superficie no es aplicable ya que se carece de niveles guía y hay un potente recubrimiento discordante (Mioceno y Cuaternario) que oculta el yacimiento. En esta zona solamente caben los métodos de investigación indirectos (geofísica y geoquímica) y los sondeos y labores mineras. Los sondeos desde el exterior son excesivamente caros para la información que proporcionan, que es prácticamente puntual, y obligan a un macizo de protección que disminuye las reservas. Los sondeos desde el interior se tienen que limitar forzosamente a la zona más próxima a las labores mineras, por lo que solamente sirven para una planificación a corto plazo.

Los métodos geoquímicos han intentado utilizarse para la determinación de fallas desde el exterior, con muy pobres resultados y en las zonas con recubrimientos discordante son inutilizables.

El método gravimétrico utilizado frecuentemente en yacimientos salinos tampoco puede aplicarse, al no existir estructuras diapíricas.

Quedan los métodos geofísicos y las labores de interior como únicos procedimientos viables para el reconocimiento del yacimiento.

En lo referente a las labores de interior, bien labores de reconocimiento e investigación mediante minador, bien mediante sondeos de interior con extracción de testigo y sondeos de polvo a techo y muro de las labores de infraestructura, es preciso indicar que son las únicas capaces de ofrecer una investigación de detalle de la zona de explotación y son por tanto ineludibles y el método más importante de investigación. No obstante, por sí mismas son incapaces de dar la información necesaria con la antelación deseada, debido al progresivo alejamiento de las explotaciones de las instalaciones de superficie, al rápido avance de las explotaciones y al aumento de las dificultades de tipo geológico. Por otra parte, el aumento de los problemas de sostenimiento originados por el incremento del espesor de los terrenos de recubrimiento hace que estas labores sean de un costo cada vez más elevado y presenten mayores problemas de conservación. Por esto, precisan de un apoyo

en su planificación que, si en la zona más superficial - venía dado por la geología de superficie, en las zonas - más profundas del yacimiento, a la luz de los resultados de las últimas investigaciones, puede venir dado por los métodos geofísicos y especialmente, sísmica de refle - xión, ya que si bien los métodos eléctricos (sondeos - eléctricos) se utilizaron con un cierto éxito para deter - minar la estructura del yacimiento, pasando después a - utilizar perfiles para determinar zonas de disolución a los que podrían estar asociadas zonas de potencial peli - gro de inundación de la mina, la profundidad de los obje - tivos actuales no permite la utilización del método.

La primera aplicación de que tenemos noticia en España - de utilización de un equipo de sísmica de reflexión para investigación minera, se realizó en 1963 en la falda Sur del Perdón y en la zona superficial de Esparza entre Un - diano y Beriain. Los resultados fueron bastante buenos - en la falda meridional de la sierra, donde la profundi - dad era adecuada, y medianos en el perfil septentrional, muy poco profundo. Posteriormente, durante 1979, se rea - lizó una investigación utilizando igualmente sísmica de reflexión, pero empleando equipos de vibración (Mini - Sosie) en vez de equipos convencionales con utilización de explosivo. Los resultados obtenidos en dicha investi - gación mostraron que el método era aplicable a nuestro - yacimiento y que con la utilización de un equipo de ma - yor energía podrían definirse con precisión suficiente - los rasgos estructurales del yacimiento, y quizás las zo - nas de acuífero del paquete salino asociadas a los lí - mites de deposición de las sales. Con este propósito, a finales de 1981, se lleva a cabo una campaña de sísmica de reflexión en la Zona Sur del yacimiento, que permitió mejorar y completar la imagen estructural del yacimiento en su zona Sur y Este. Quedaba entonces por definir ex - clusivamente el borde Oeste del yacimiento hasta enton - ces fijado por una franja estéril localizada mediante un sondeo de exterior y una serie de labores de interior - que localizaron la esterilización de los tramos potási - cos del yacimiento, pero no de los tramos de sales sódi - cas. Se planteaba así el hecho de considerar esta este - rilización como una esterilización total asociada al lí - mite de deposición de sales potásicas, o bien como una - esterilización parcial más allá de la cual podrían haber - se depositado de nuevo las sales potásicas.

1.3. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION DEL BORDE OESTE DEL YACIMIENTO DEL PERDON.

A la vez que las labores de interior investigaban la es - terilidad que limitaba el yacimiento al Oeste, localizan - do su prolongación en dirección N.S. sobre una distancia del orden de los 3.000 m, estudios sobre la estructura -

finioligocena del yacimiento realizados por DEL VALLE, J. (4), mostraban un cierto relieve en la zona Oeste del yacimiento con la presencia de una estructura anticlinal a la que quizás estuviese asociada la esterilidad localizada por las labores de interior, lo que permitía formular la hipótesis de existencia de una subcuenca situada más al Oeste de la actual y en la que cabría la presencia, de nuevo, de sales potásicas. Esta hipótesis formulada mediante estudios geológicos y geofísicos (LERICI. 1963), se vió apoyada por los resultados de la campaña de sísmicos realizada en 1979 por el procedimiento Mini-Sosie, que permitió la definición de la estructura anticlinal de la zona de borde, mostrando además una cierta tendencia al aumento de la potencia del tramo evaporítico.

Para comprobar estas hipótesis se formuló un plan de investigación con los siguientes objetivos:

1. Definir la estructura del yacimiento: Para ésto se propuso la realización de una campaña de geofísica utilizando sísmica de reflexión y que mediante equipos de vibrador sobre camión, realizasen una red de perfiles lo suficientemente densa como para:
 - Definir la potencia del tramo evaporítico en base al seguimiento de los contrastes de velocidades entre los niveles Anhidrita-Sal de Muro y Sales de Techo Aréniscas.
 - Determinar las características tectónicas del yacimiento con localización de fallas de más de 20 m de salto.
 - Comprobar la hipótesis de recubrimiento fijando el nivel de las margas de base.
 - Determinar el contacto discordante entre el nivel de los conglomerados Chattiense-Aquitanienses y el resto de los niveles infrayacentes.
 - Definir la existencia o no de la subcuenca y los límites del yacimiento, ya que las zonas de esterilización sin-sedimentarias estarían probablemente asociadas a una fuerte disminución de la potencia de este tramo.

2. Comprobar la existencia de sales potásicas. Para ésto se planteó la realización de al menos un sondeo cuya ubicación definitiva vendría fijada en función de los resultados de la campaña de sísmica realizada con anterioridad. La realización de este sondeo se consideraba ineludible para comprobar la existencia de sales potásicas puesto que hay que tener en cuenta que la potencia del tramo potásico magnésico es de solo 15 m sobre una potencia total del tramo evaporítico del orden

de los 100 m y, salvo la investigación con labores de interior, no se dispone en la actualidad de métodos de investigación que proporcionen la resolución necesaria como para definir la existencia o no de sales potásicas, ya que en el estado actual de la técnica, el contraste entre la impedancia acústica de las sales sódicas y la de las potásico magnésicas, es insuficiente como para definir con sismica de reflexión su contacto.

Desde el emplazamiento en superficie de este sondeo podría realizarse una desviación por debajo del nivel de los conglomerados en el caso de que la presencia de sales potásicas aconsejase observar las características de posicionales de la unidad potásico-magnésica en una zona lo suficientemente alejada de la cortada por el pozo principal. Igualmente se preveía la realización de dia-grafías en el sondeo para complementar la información obtenida del análisis geológico y geoquímico de la columna cortada por el sondeo.

Por otra parte la información suministrada por el sondeo sería de gran valor en el caso de que, si la investigación realizada sobre esta zona resultase positiva, se iniciase el trazaje de un pozo vertical de acceso, ya que la alejada situación de la zona en investigación de las actuales instalaciones de extracción, hacía aconsejable esta labor.

3. Caracterizar y en lo posible definir las causas de la esterilidad presente en el borde Oeste del yacimiento, para lo que se planteaba la realización de un estudio sobre las características petrológicas, mineralógicas y geoquímicas de las labores que se habían y estaban realizando en dicha zona del yacimiento, particularmente la galería FN-86. La cuestión básica era conocer si la pérdida de capas potásicas que se presentaba en el área era debida a una no deposición original, es decir, a una causa "primaria" o bien era debido a una disolución posterior, ya sea temprana o quizá tardía en la historia del yacimiento, pero en definitiva a una causa "secundaria". Asimismo se intentaba correlacionar dicha esterilidad con otras esterilidades de menor importancia presentes en otras zonas de la mina como son las esterilidades:

- por disolución o estiramiento en la zona W de Undiano, donde existe un pliegue asociado,
- por una amplia disolución en relación con zonas de desarrollo de silvinita "transformada" en la plataforma de Esparza, pero sin ninguna causa concreta bien establecida para ello,
- por disolución o estiramiento local, a lo largo de una fractura de primer orden, como la falla de Esparza.

Y por último se pretendía extender el estudio a los testigos del sondeo proyectado, lo que permitiría avanzar algunas ideas sobre las características sedimentológicas de la posible subcuenca.

2. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRAFICAS, PETROGRAFICAS, GEOQUIMICAS Y SEDIMENTOLOGICAS DEL YACIMIENTO.

Pasamos revista en este capítulo a las características más destacadas desde el punto de vista petrográfico, sedimentológico y geoquímico de los materiales que conforman el yacimiento salino.

En el apartado 4 se revisarán y ampliarán algunos de los conceptos aquí reseñados desde un punto de vista más amplio que contempla, a escala regional, las características de la cuenca.

2.1. COLUMNA ESTRATIGRAFICA TIPO.

2.1.1. Formaciones infrayacentes al yacimiento evaporítico.

Nos referimos aquí exclusivamente a la base de la formación salina constituida por margas de color gris-azulado que se corresponden con los niveles más altos de las margas de Pamplona, - consideradas éstas en sentido amplio.

Dentro de este conjunto se han distinguido -- tres partes (PUIGDEFABREGAS 1975, PUIGDEFABREGAS et al , 1978, DEL VALLE, 1978): una inferior margosa, una intermedia con intercalaciones de areniscas (areniscas de Tajonar y Gongolaz) y una superior también margosa. Este último nivel, con ser muy semejante al inferior, - muestra un conjunto de aspectos característicos:

- Constitución más arcillosa.
- Cierta estratificación que hacia el techo se convierte en laminación milimétrica, asociada a restos vegetales.
- Abundante presencia de *Plicatula pamplonensis*, que comienza a aparecer unos 100 m por encima del tramo detrítico, único en la zona que ocupa el yacimiento (arenisca de Tajonar). Lleva a restringir la utilización del término "margas de Pamplona" al tramo margoso inferior (DEL VALLE 1978), denominando al término margoso superior "margas de Ilundain" por ser este afloramiento característico - (CASTIELLA et al, 1978).

El análisis por difracción de los términos más próximos al yacimiento salino indica la pre -

sencia de illita, clorita, (caolinita?), calcita, cuarzo, y dolomita. Asimismo el análisis del contenido de algunos cationes metálicos (Cu, Pb, Zn) ha revelado valores relativamente altos en comparación con el contenido de las lutitas intercaladas en las litofacies salinas, lo que sugiere (ROSELL, 1983) que se trata de facies euxínicas.

2.1.2. La formación evaporítica.

La sucesión salina de la cubeta potásica de Pamplona constituye un macrociclo evaporítico, de características similares al que se encuentra en la cuenca potásica catalana, y comparable a cada uno de los cuatro macrociclos que forman el Zechstein alemán. Generalmente pertenece al tipo completamente empobrecido en sulfato magnésico.

Este macrociclo incluye, de muro a techo, los términos siguientes:

- Una unidad basal anhidrítica.
- Una unidad halítica (sal de muro).
- Una unidad potásico-magnésica constituida por ciclos de carnalita-halita en la parte superior separados por un tramo halítico intermedio (sales intermedias).
- Una unidad de halita y lutitas alternantes (sales de techo).
- Una unidad de lutitas versicolores (margas fajeadas), con niveles de anhídrita,

que se depositan en forma discordante sobre los niveles margosos antes citados. Sus características petrológicas y geoquímicas se analizan separadamente.

2.1.3. Formaciones suprayacentes al yacimiento evaporítico.

Por encima de las lutitas de techo (margas fajeadas), se encuentra un nivel de areniscas bastante continuo (Arenisca de Galar) y que puede seguirse lateralmente en dirección E-O sobre una gran distancia (unos 60 Km) (Arenisca de Liédena. MANGIN 1959-60). PUIG DE FABREGAS (1975) denomina Formación Guendulain al conjunto de la serie evaporítica y el nivel de areniscas superiores.

Al techo de la Formación Guendulain se encuentra una serie monótona de margas y yesos con sedimentación --tranquila, que da lugar a un terreno uniforme en el

que, de vez en cuando, resaltan los niveles de yesos. - Los afloramientos escasean debido a los depósitos de - ladera procedentes de los conglomerados de la Sierra - del Perdón, por lo que es difícil estudiar la disposi - ción de los estratos. En todo el yacimiento se interca - lan varios niveles de sales sódicas de potencia * centi - métrica, que se han cortado en diversos sondeos * y - que se sitúan unos 45 m por encima de la Formación Guen - dulain.

La potencia total de esta serie alcanza en algunos luga - res del yacimiento 1.300 m, habiéndose cortado 1.000 m - en el sondeo n° 20. Esta potencia es creciente en di - rección Sur.

Coronando esta serie estratigráfica y disconforme por - completo con ella, aparecen los "Conglomerados del Per - dón". Son estos conglomerados marginales poligénicos - formados con elementos procedentes tanto del Oligoceno, como de pisos inferiores, areniscas, calizas, dolomías, cuarzo y ofitas. Algunos clastos contienen Nummulites. Son de tamaño comprendido entre 5 y 20 cm, siendo raros los que sobrepasan ambos límites, muy redondeados, algu - nos ligeramente aplanados, de cemento calcáreo rojizo, - en conjunto de color pardo-rojizo. Alternan con niveles margosos y con algún banco de arenisca de grano grueso, a veces un auténtico microconglomerado.

El tramo se apoya al Oeste (Belascoain-Arraiza) en las margas fajeadas y más al Este, sucesivamente, en los - tramos inferiores, para estar sobre las margas y yesos superiores a partir de Sta. AGUEDA. Al Norte de Biurrun vuelve a cortarse toda la serie en sentido inverso has - ta apoyarse (Km 16 de la carretera Pamplona-Tafalla) en las calizas lutecienses. Su potencia es próxima a los 200 metros.

Por encima de este nivel de conglomerado se observan li - molitas alternantes con areniscas calcáreas que presen - tan las características que PETTIJON define como mola - sa. La estructura dominante que presenta esta mola - es la estratificación cruzada, sobre todo en sus nive - les inferiores. También se presentan "ripple-marks" - pero éstos son escasos y de poco desarrollo, no permi - tiendo obtener conclusiones válidas de ellos. Relativa - mente frecuentes son también la estratificación gradada y las huellas de desecación. Su coloración varía del ro - jo pardusco al ocre amarillento. Para una información -

* Sondeos 5, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21 y Uter - ga, y observando en el campo en la zona de Subiza.

más amplia sobre las características y mecanismos sedimentarios de este tramo, remitimos a la monografía de PUIG DE FABREGAS (1975) sobre la sedimentación neógena en la cuenca de Jaca.

2.1.4. Edad de las formaciones.

Ocupándonos exclusivamente del Terciario, seguimos - la siguiente escala cronoestratigráfica de muro a techo.

Margas de Pamplona.

Eoceno medio. Biarritziense. Ambiente batial somero y abisal (300-3000 m). Basado en Corte de Urroz (Fig 2), realizado por J. BROUWER que se acompaña (PUIG - DE FABREGAS. 1975).

Areniscas de Tajonas y Gongolaz.

Tránsito de Eoceno Medio a Eoceno Superior. Ambiente Nerítico medio-profundo, a batial somero (60-500 m). Basado en corte de Urroz.

Margas grises de base del yacimiento evaporítico. (Margas de Ilundain).

Eoceno Superior. Probable ambiente Nerítico medio a profundo. Evidencias de ambiente anóxico en la parte superior. Presencia de Plicatula Pamplonensis. Basado en Corte de Urroz.

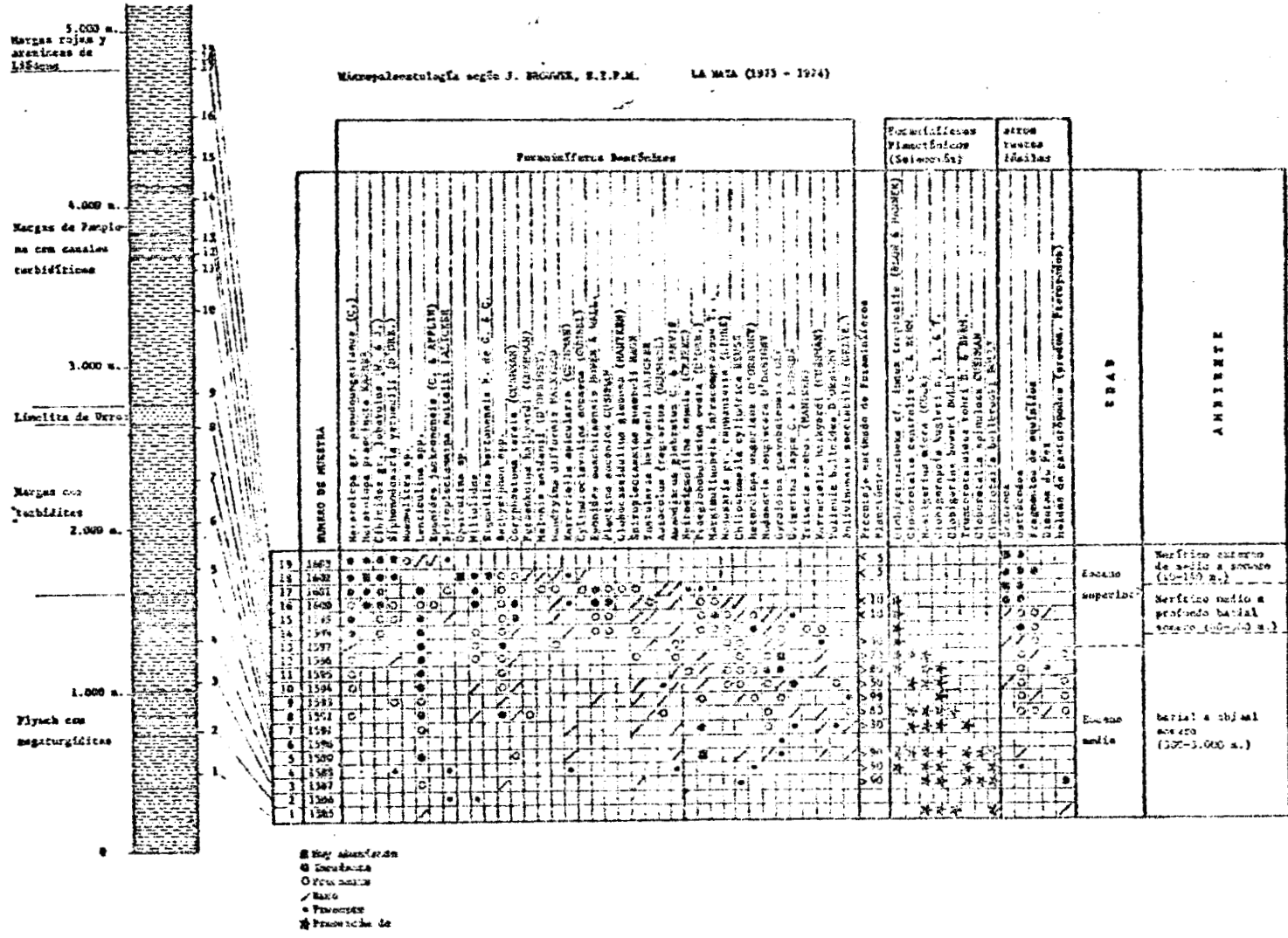
Yacimiento evaporítico.

Eoceno Superior. Priabonense. Las lutitas de esta zona presentan un contenido palimológico comparable totalmente al Eoceno Superior de la Cuenca de París - (ROSELL 1983). Estudios de nannoplanton realizados recientemente revelan que las margas de techo tienen un contenido similar al de zonas datadas como pertenecientes a la parte alta del Bartonense. (ROSELL 1983).

Tramo detrítico de Galar.

Eoceno Superior. Probable tránsito al Oligoceno. Presencia de Oogorios de Caraceas y tubos calizos de -

FIG. 2 CORTE DE URROZ



algas en subbase (ENADIMSA, Vol 2. 1965). Ambiente Ne-
vítico externo de medio a somero (40-140 m). Basado
en Corte de Urroz. (PUIG DE FABREGAS 1975-1978).

Margas, yesos y sales superiores.

Oligoceno. Datado Sannoisiense por la localización -
de Harrichirara Lineata. Grambast. (ENADIMSA - 1965-
Vol. 8).

Conglomerados del Perdón.

Chattiense - Aquitaniense por correlación con nive -
les datados por RIBA (1961-1966) como procedentes de
esa época.

Limolitas con paleocanales.

Probablemente Aquitaniense - Burdigaliense por analo-
gía con formaciones así datadas en la cuenca de Ja -
ca.

2.2. LITOFACIES Y MICROESTRUCTURA DE LAS UNIDADES DE LA FORMACION EVAPORITICA.

Seguiremos a continuación la descripción realizada por ROSELL (1983):

2.2.1. Anhidrita basal.

Presenta litofacies laminadas y nodulares, formas ambas en ambiente subacuático. Las litofacies laminadas están constituidas por una alternancia de láminas anhidríticas y carbonatadas y muestran aspecto estromatolítico. Las litofacies nodulares se sitúan en posición estratigráfica inferior a las anteriores y se desarrollan a partir de niveles detríticos de origen turbidítico. El abundante pseudomorfismo y el tipo de microestructuras cristalinas que presenta la anhidrita indican que se trata de una fase secundaria originada por reemplazamiento de una mineralogía yesífera previa. No se ha podido precisar el momento diagenético en que se produce la anhidritización, pero las evidencias petrográficas indican que es posterior a la dolomitización del sedimento carbonatado.

2.2.2. Sal de muro.

La sal de muro tiene una potencia promedio de 10 m y presenta litofacies bandeadas, con alternancia de bandas grises y bandas rosadas o blancas. El grosor de las bandas es de orden centimétrico: de 2 a 10 cm aproximadamente. No se distinguen horizontes (diastemas) arcillosos ya que no se presentan bien individualizados. Las bandas grises están constituidas predominantemente por grandes cristales de tipo tolva o "hopper" (restos de cristales primarios con caras deprimidas, que presentan numerosas inclusiones fluidas que confieren una opacidad blanca al cristal), con fragmentos arcillosos dispersos. Las bandas de color claro, rosadas o blancas, están constituidas por cristales de tipo tolva, de tamaño menor que los anteriores, y por cristales de halita transparente. Se diferencian estas últimas de las anteriores bandas grises, por la falta de fragmentos arcillosos. El tamaño de grano se sitúa, en la mayoría de los casos, entre 1 y 3 mm, aunque las tolvas de mayor tamaño suelen alcanzar de 7 a 10 mm.

Cabe destacar que la parte más superior del paquete de sal de muro, próxima ya al contacto con el tramo de silvinita, presenta características algo distintas a las descritas: los diastemas arcillosos son mucho más patentes, y el aspecto de la halita es más parecido al de las halitas intercaladas en el tramo silvinitico que al del resto de la sal de muro.

Por lo que respecta a la microestructura de la sal de muro, está constituida esencialmente por un mosaico de grandes cristales de contornos irregulares, cuyo núcleo está formado por restos de tolvas con abundantes inclusiones, mientras que la parte externa es de halita transparente sin inclusiones. Estos cristales mixtos pueden asociarse a otros, generalmente más pequeños, de halita transparente, los cuales pueden llegar a formar niveles bien definidos. Los dos minerales sulfatados que se presentan en la sal de muro son anhidrita y polihalita, con un ligero predominio de este último.

2.2.3. S i l v i n i t a .

El paquete de silvinita tiene una potencia promedio de 2 m, y está integrado por 18 capas de silvinita, algunas con más de un término de silvinita, separadas por niveles halíticos intermedios. El aspecto macroscópico de los niveles de silvinita no es homogéneo, sino que presentan una serie de variaciones relacionadas esencialmente con el color y el tamaño de grano. Las capas inferiores del paquete suelen ser de grano muy grueso y coloración rosada, mientras que el resto de capas son en general de grano más fino y coloración más rojiza. En las capas de silvinita, la secuencia ideal estaría formada por la sucesión de los siguientes términos: fracción arcillosa y sulfatos, halita, silvinita o silvinita-halita, halita, fracción arcillosa y sulfatos. Esta sucesión se observa, por ejemplo, en las capas 10 y 11, sin embargo pueden presentarse muchas variaciones.

Las bandas silviniticas de las capas de silvinita se caracterizan por un carácter monomineral generalmente muy acusado y un tono rojizo. Es muy frecuente la presencia de granoclasificación en estas bandas (generalmente con los tamaños mayores en posición central), a veces observable a simple vista (capa 16, por ejemplo). Los cristales de silvinita presentan casi siempre contornos irregulares, y generalmente están deformados por esquistosidad.

Las capas de halita intercaladas entre las capas de silvinita forman niveles de 2 a 12 cm, separados por

diastemas arcillosos más o menos gruesos. Estos niveles halíticos suelen mostrar coloración rosada y tienen tamaño de grano fino. Por lo que respecta a la microestructura predomina aquí la halita transparente, aunque pueden presentarse acumulaciones excepcionales de cristales de tipo tolva, generalmente asociadas a niveles arcillosos. Aunque no es muy marcada, puede observarse una cierta granoclasificación en estos niveles. También en estas halitas se presentan anhidrita y polihalita como minerales sulfatados.

2.2.4. C a r n a l i t a .

El paquete de carnalita está constituido por 8 capas de carnalita, separadas por niveles de halita y lutitas, con una potencia global promedio de 12 m. Localmente pueden faltar algunas de las capas por estiramiento del paquete. La carnalita presenta generalmente litofacies brechoides y masivas, y, más raramente, nodulares o bandeadas.

Las capas de halita intercaladas constituyen niveles de 1 a 5 cm, separados por diastemas arcillosos. Presenta también esta halita las dos variedades petrográficas ya citadas: halita transparente y tolvias, que aquí constituyen diferentes tipos de ciclos muy bien definidos.

La anhidrita es el único sulfato que se ha detectado en este tramo carnalítico, y se presentan también cristales de dolomita.

2.2.5. Silvinita transformada.

Las capas inferiores del paquete de carnalita se presentan con frecuencia transformadas a silvinita, pudiendo afectar el proceso, en algunas ocasiones, a todo el paquete. Esta unidad constituye lentejones más o menos aislados, asociados a zonas de disolución de la silvinita o de todo el paquete potásico. Está constituida esta variedad de silvinita, muy rica en K₂O, por grandes cristales tanto rojos, de composición silvítica, como transparentes, de silvita o halita. En algunas zonas de la mina (Zona de Cámaras), los ciclos de silvinita transformada han preservado la disposición de los ciclos de carnalita-halita originales.

2.2.6. S a l e s d e t e c h o .

Esta unidad, constituida por la alternancia de halita y lutitas, con niveles anhidríticos asociados, se halla por encima del paquete de carnalita. Tiene una potencia

promedio de 50 a 75 m. La halita forma capas de 1 a 10 cm separadas por niveles arcillosos laminados. El tamaño de grano de la halita aumenta hacia la parte superior de la unidad. Los niveles halíticos presentan ciclos similares a los que muestran las halitas intercaladas en la unidad de carnalita. La alternancia de bandas de halita transparente y bandas de tolvas confiere a la roca un aspecto bandeado.

2.3. GEOQUIMICA DE LA FORMACION SALINA.

Se han analizado los elementos mayoritarios: sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca), y los minoritarios: litio (Li), hierro (Fe), estroncio (Sr), rubidio (Rb) y bromo (Br). Sus valores promedio se indican en la tabla 1.

Elementos mayoritarios: el calcio no supera, en general el 2 % en las muestras analizadas excepto en las sales de techo donde algunas alcanzan un máximo de 5 %. Procede fundamentalmente este elemento de la anhidrita (y también de la polihalita), que puede ser muy abundante en las sales de techo. También la dolomita, que puede ser bastante abundante en esta unidad, puede contribuir a los elevados valores en Ca.

El K y el Mg presentan una buena correlación en la sal de muro, donde se hallan asociados en la polihalita y también, posiblemente, en inclusiones de salmuera residual. El contenido en Mg es algo más elevado en las halitas intercaladas entre carnalita y en las sales de techo que en el resto, debido quizá a la presencia de dolomita en las primeras. Las halitas que presentan mayor contenido en K son las intercaladas en la unidad de silvinita.

Bromo. la sal de muro presenta un contenido promedio de 195 ppm, bastante alto en comparación con los valores obtenidos por PUEYO MUR (1975) en la cuenca potásica catalana (127 ppm). Se observa, por otra parte, un claro incremento desde las muestras más bajas de la unidad analizadas (170-180 ppm) hasta las más próximas (220-230 ppm) al paquete de silvinita. El resto de halitas, incluidas las sales de techo, presentan contenidos más elevados, correspondientes a un estadio superior de concentración. En la silvinita el contenido en bromo oscila entre 2500 y 2900 ppm, y en la carnalita entre 3700 y 4300 ppm (ver figs. 3 y 4).

Rubidio: este elemento se halla en solución sólida en los minerales potásicos, especialmente en la carnalita, reemplazando al K. Los valores promedio son algo superiores a 100 ppm en la carnalita, mientras que en la silvi-

nita no alcanzan las 5 ppm y en la silvinita transformada - están por debajo de 3 ppm.

Hierro: este elemento se halla: a) en los silicatos de la - fracción lutítica, b) en forma de hematites y goethita en - carnalitas y silvinitas, c) en las halitas de la zona potásica, d) en las dolomitas asociadas a las sales de techo. - Las sales de muro son las que presentan contenidos más bajos, mientras que las halitas de la zona potásica presentan valores elevados. Carnalitas y silvinitas presentan valores similares.

FIG. 3 - DISTRIBUCION DE CONTENIDOS DE Br EN LA SAL DE MURO

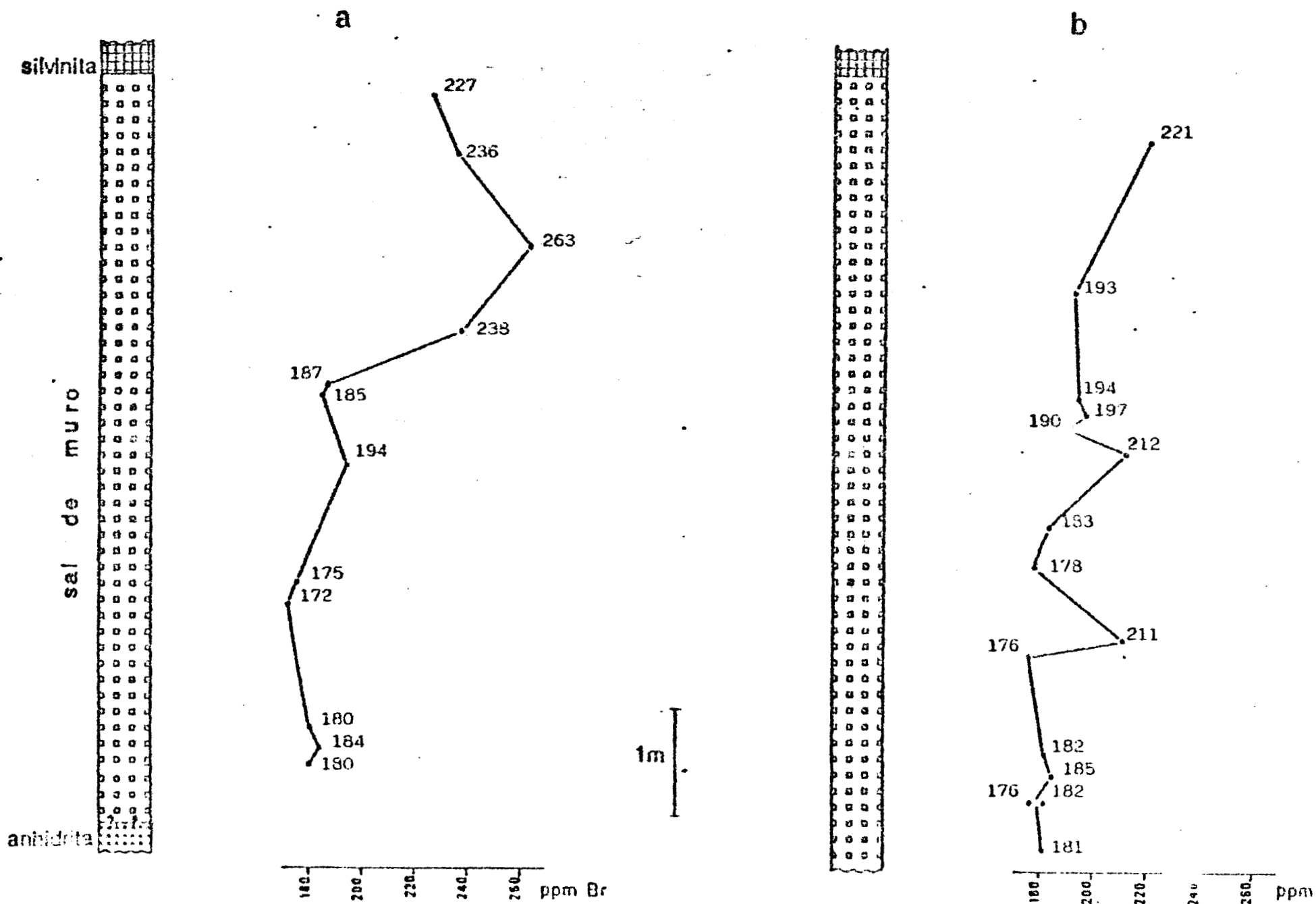
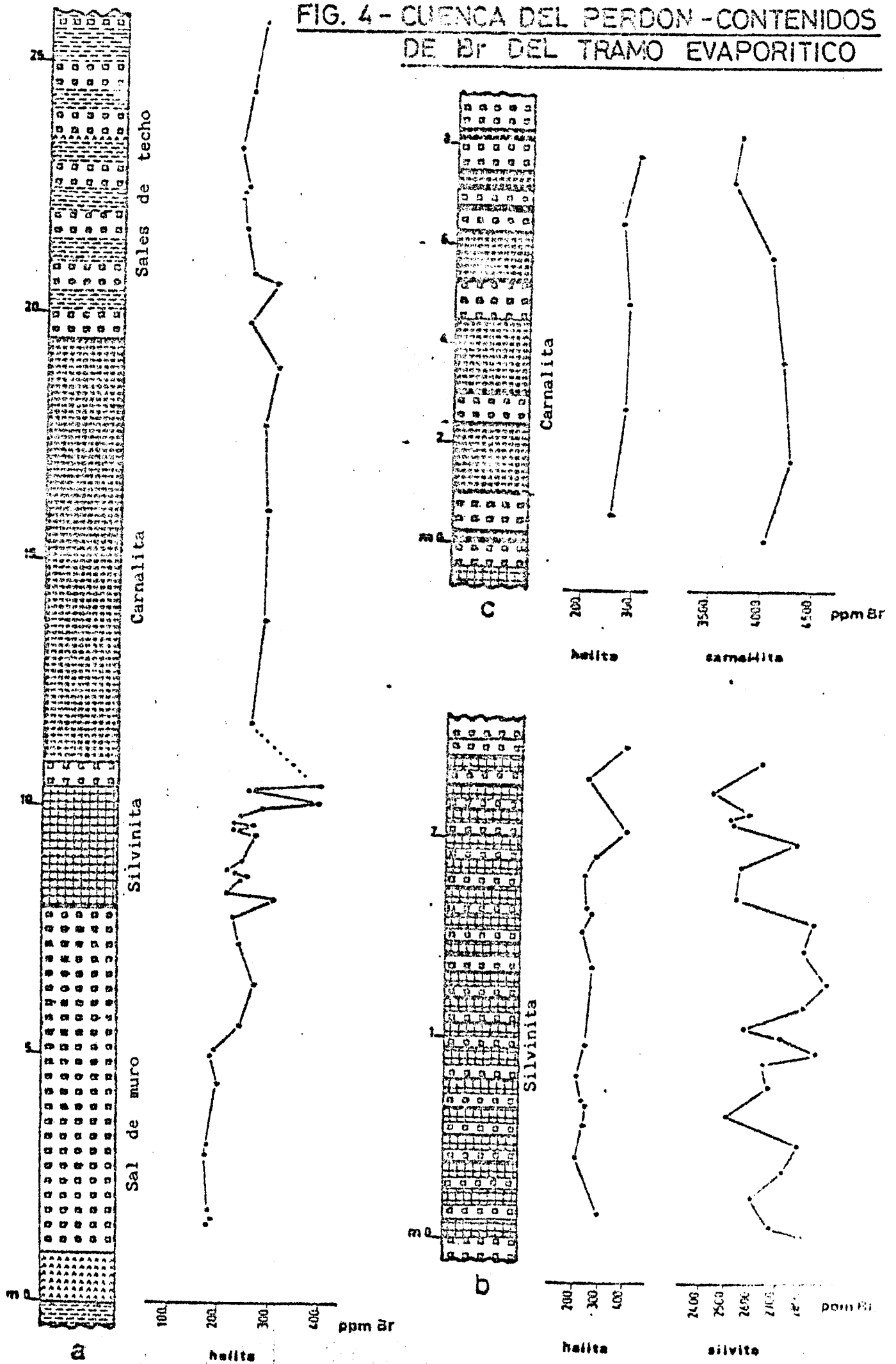


FIG. 4 - CUENCA DEL PERDON - CONTENIDOS DE BR DEL TRAMO EVAPORITICO



MEDIANAS Y DESVIACIONES T I P I C A S

		<u>Ca</u>		<u>Mg</u>		<u>K</u>		<u>Na</u>			
- Halita de muro	27	9021,3	3865,0	2642,5	1755,2	4241,2	2564,6				
- Halita entre silvinita .	16	8903,0	3791,3	4895,5	2803,0	12288,7	9076,3				
- Halita entre carnalita..	5	18995,8	4843,4	3541,8	641,0	877,0	276,7				
- Halita de techo	13	26864,3	9558,6	5651,7	4253,7	271,6	165,6				
- Silvinita	26	6748,4	4614,8	2018,7	1361,9			111226,6		57686,2	
- Silvinita transformada .	7	17663,8	2597,8	4084,2	1428,2			159610,4		47941,2	
- Carnalita	17	13162,2	4921,7	62819,3	8026,8	117270,1	25397,9	80795,7		38605,6	
		<u>Li^H</u>		<u>Rb</u>		<u>Sr</u>		<u>Fe</u>		<u>Br</u>	
- Halita de muro	27	846,1	653,0	-		238,6	118,0	152,7	154,3	195,6	22,6
- Halita entre silvinita .	16	1317,3	944,8	-		110,0	45,8	678,6	425,5	266,0	53,8
- Halita entre carnalita .	5	974,6	148,5	-		49,8	8,6	605,8	144,8	279,4	14,2
- Halita de techo	13	1029,9	354,3	-		76,3	32,1	1197,3	800,6	250,0	19,0
- Silvinita	26	631,1	480,1	4561,6*	2832,1	56,7	30,8	382,9	275,3	1967,6	297,1
- Silvinita transformada .	7	1932,5	702,3	2761,1*	1232,6	51,1	10,1	677,4	178,2	738,2	151,2
- Carnalita	19	1265,6	747,5	111,1	82,9	75,2	35,0	490,6	315,5	2885,9	345,6

* Datos en ppb, el resto en ppm.

- Por debajo del límite de detección.

En blanco, no se ha analizado.

TABLA 1.

Estroncio: La relación Sr/Ca varía en las diferentes halitas, pudiéndose distinguir tres campos: el de las halitas de muro, con contenidos máximos en Sr.; el de las halitas entre carnalita y de techo, con contenidos elevados en Ca.

Litio: Este elemento, asociado sobre todo a la fase arcillosa, presenta en las muestras analizadas muy buena correlación con el Mg (excepto en la carnalita y en la silvinita transformada). Los valores promedio obtenidos están comprendidos entre 600 y 2000 ppb.

2.4. ASPECTOS SEDIMENTOLOGICOS DE LA ARENISCA DE GALAR.

La importancia que presenta la Arenisca de Galar se pone de manifiesto cuando se observa que su continuidad se extiende lateralmente sobre una distancia de unos 60 Km, como se indicaba anteriormente, lo que la caracteriza como un perfecto nivel guía para el seguimiento del yacimiento en los tramos en que aflora. Su potencia es variable. En el tramo del yacimiento del Perdón presenta los siguientes:

- En la zona de Guendulain y sondeos 2 y 9 llega a 60 m.
- En el sondeo n° 17 llega a 75 m.
- En los sondeos números 13, 19 y 21 alcanza 80 m.
- En la parte Sur del yacimiento supera los 100 m.
- En una faja definida por los sondeos números 5 y 12 y que continúa entre Arlegui y Esparza hasta Salinas de Pamplona y Beriain (sondeos números 7 y 10) la potencia no llega a los 50 m.

Este hecho podría hacer pensar que en el borde septentrional del yacimiento, la deposición de las areniscas procedía del Norte, mientras que en la zona de Subiza provenía del Suroeste. Este razonamiento se ve fortalecido por el hecho de que en las proximidades de Subiza los ejes de los pliegues de deslizamiento que se observaron en dicha zona tienen un rumbo N-38°-W y el deslizamiento es hacia el NE, mientras que cerca de Guendulain el rumbo de los ejes es N-70°-E, N-85°-E y E-W, con deslizamiento siempre hacia el Sur y al SE de Muru Astrain los ejes tienen rumbo N-80°-W y deslizamiento hacia el Sur. De esta forma tenemos definido hacia donde descendía el talud de deposición.

En definitiva: el eje de la cuenca de deposición de encuentra en la faja de pequeña potencia que hemos descrito y que parece continuar hacia el E y el N.

Naturalmente, este razonamiento se refiere a la deposi -

ción de las areniscas y no tiene por qué extenderse a los otros tramos. En todas estas areniscas hay presencia de mica, y la estratificación se encuentra perfectamente definida. Su aparición se presenta de forma gradual entre las margas versicolores situadas al techo del yacimiento salino, dando lugar a una alternancia de areniscas margosas y margas arcillosas. Los primeros estratos constituyen verdaderas pasadas de arenas y no ha sido infrecuente la pérdida de testigo. Gradualmente van aumentando de potencia hasta dominar, apareciendo diversos bancos de 0,5 a 2 m de potencia separados por lechos arcillosos. En la parte superior del tramo vuelve a repetirse el ciclotema del comienzo con mayores porcentajes de yesos.

Puede observarse en el corte que el nuevo trazaje de la carretera de Logroño ha dejado al descubierto en las proximidades de Guendulain y PUIG DE FABREGAS (1975) describe diferentes perfiles en su prolongación hacia el E (Ilundain, Monreal, Liédena y Yesa).

En todos los casos, la estructura dominante son los ripples, especialmente de oscilación y en la base de los bancos gruesos de arenisca se ven con cierta frecuencia pliegues de deslizamiento sobre los lechos de marga arcillosa, con formas de estructura de sobrecarga flameada. El hecho de que en el corte de Yesa se representen estructuras con megaestratificación cruzada, parece indicar que al menos en aquella zona (ENE) el ambiente lagunar de la parte inferior del perfil se ve interrumpido en su parte superior por una importante influencia fluvial. Sin embargo, hacia el NW la influencia máxima parece alcanzar al tramo superior arenoso, como lo demuestran la presencia de conchas y Nummulites en Indurain e Ilundain, donde además no se ha localizado el tramo evaporítico. En el caso de que se invoque la teoría de la barra para el origen de las evaporitas, siguiendo a PUIG DE FABREGAS (1975), las relaciones con el mar abierto deberían buscarse en esta dirección (NW), donde por desgracia no existen más afloramientos que los que rodean a la Peña de Izaga.

Queda, por último, localizar el área fuente de este tramo detrítico de tan gran extensión (desde Ruesta, en la provincia de Huesca, hasta las proximidades de Arraiza, al SW de Pamplona). PUIG DE FABREGAS (1975), de nuevo, la sitúa hacia la zona de Ruesta, donde las facies arenosas parecen estar relacionadas con la zona deltaica de Mortos. Podría tratarse, pues, de una zona restringida marginal con respecto a dicho complejo fluviomarino, en la que eventualmente se introducirían episodios fluviales.

3. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION Y RESULTADOS.

3.1. CAMPAÑA DE SISMICA DE REFLEXION.

Si bien el trabajo del campo que se ha realizado en esta campaña (13 de abril - 6 de mayo de 1983), se ha localizado en la parte W del yacimiento, a la hora de confeccionar el informe de interpretación se ha revisado las aportaciones de los trabajos anteriores: campaña sísmica analógica con explosivo de 1963, campaña Mini-Sosie de 1979 y campaña vibrosísmica de Otoño de 1981 (62 Km de perfil). Remitimos a los informes de puesta en obra y de interpretación, que se acompañan íntegramente en los anexos, para una información más completa.

3.1.1. Desarrollo de los trabajos.

Los perfiles fueron posicionados de acuerdo -- con los objetivos a cubrir, con ligeras variaciones por condicionantes topográficos u obstáculos insalvables. Su situación puede verse en las figuras 5 y 6.

Los Per 1 a Per 4, corresponden a la campaña - MINI-SOSIE, los Per 5 a PER 13 a la campaña vibrosísmica de 1.981 y los P-1 a P-9 a la de 1.983.

Los parámetros de registro y de procesado fueron ajustados mediante diversos ensayos realizados en el curso de la campaña de 1981, y se han mantenido prácticamente constantes a lo largo de las dos campañas. Sus características más importantes son las siguientes:

- Laboratorio SN-348.
- Cobertura 2400 %
- Muestreo 2 ms.
- N° trazas 96
- Intertraza 10/20 m.
- Geofonos por traza 36 en H
- Vibradores 3 en línea
- Correcciones estáticas ... por altimetría.
- Procesado Se realizó con ediciones finales en SLALOM y MIGRACION, en ambos casos con polaridad invertida. El inter -

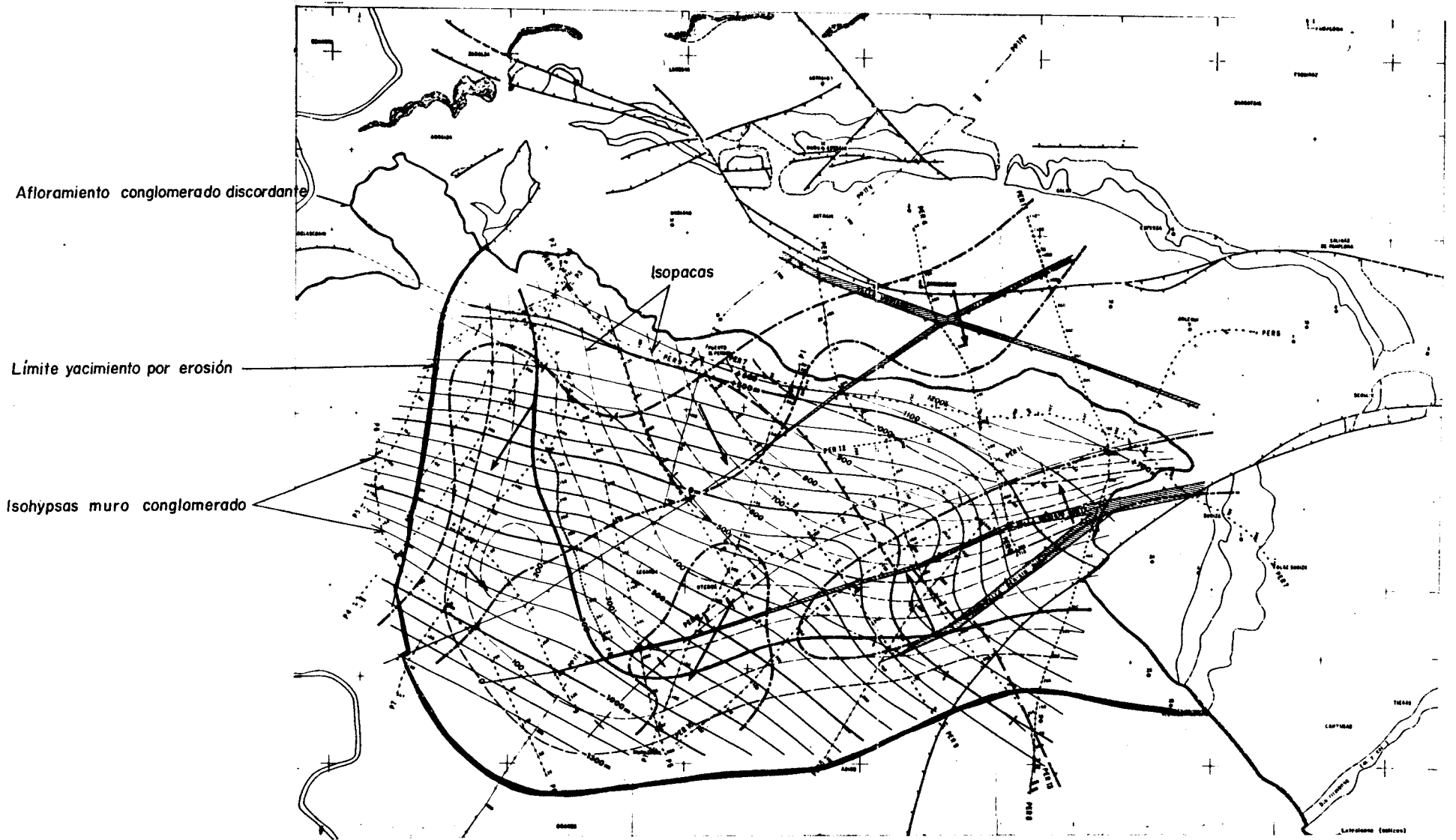


Fig. 5 Discordancia miocena

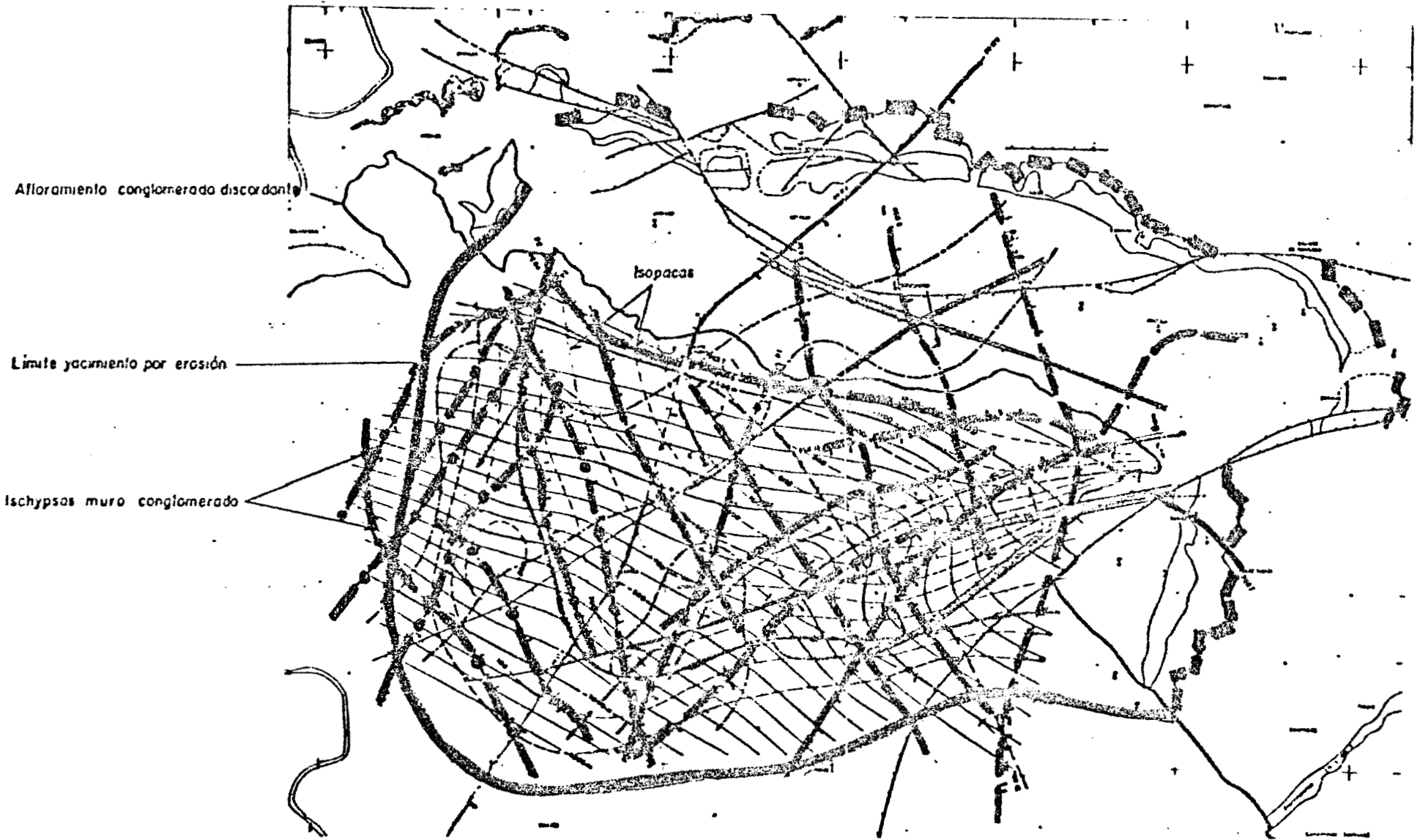


FIG. 5 - I. SISMICA. POSICION DE LA DISCORDANCIA MIOCENA

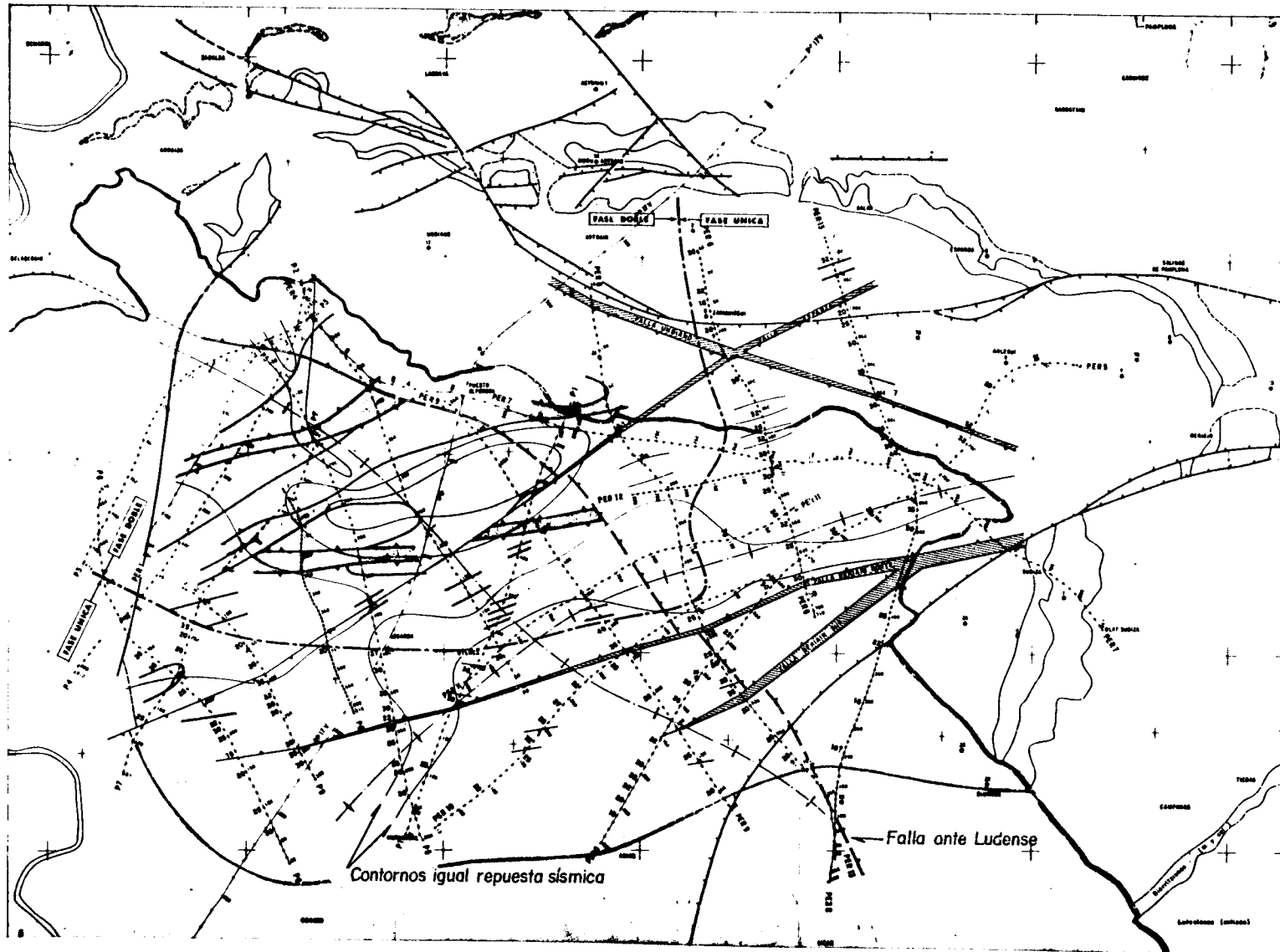


Fig. 6 Respuesta sísmica del Ludense

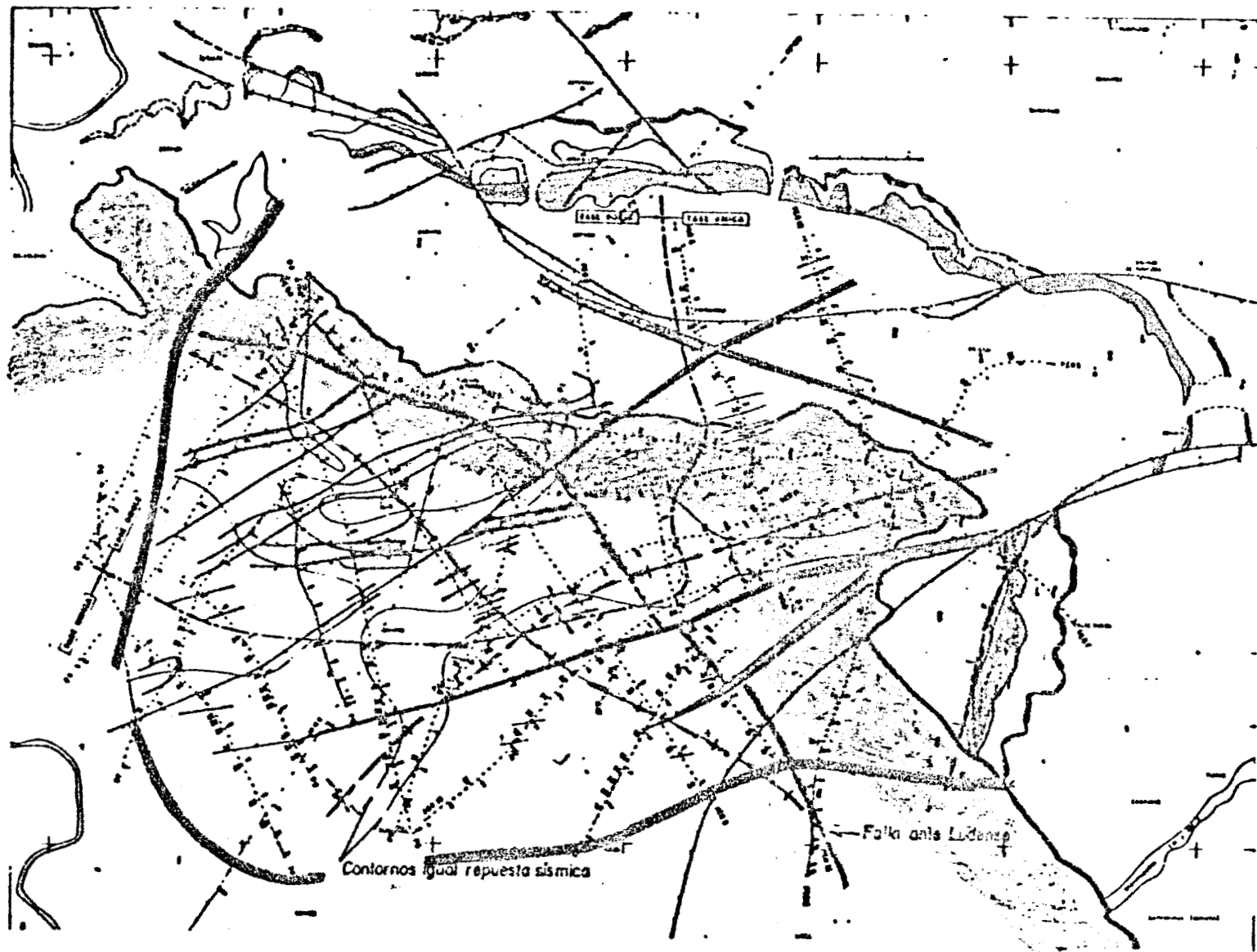


FIG. 6 - I. SISMICA. RESPUESTA SISMICA DEL LUDENSE

pretador dispuso de versiones con y sin corrección automática de estáticas residuales.

La calidad de las secciones sísmicas se puede considerar en general de buena a muy buena, salvo algunos tramos en la parte Norte de calidad mediocre ligados probablemente a la tectónica o a desajustes en las correcciones estáticas.

La identificación de los horizontes se ha realizado por medio de los sondeos S-5, S-15 y S-21. A falta de una diagrafía acústica, la ley de velocidades fué calculada con los datos de los mismos sondeos, resultando una velocidad muy próxima a los 4.000 m/s tanto a nivel del Ludense como en el substrato.

Con todo ello se ha podido identificar:

- La discordancia de los conglomerados miocenos.
- El muro de la arenisca de Galar.
- El intervalo atribuido a las series salinas.

La presentación de las secciones sísmicas en polaridad inversa, ha favorecido la puesta en evidencia del horizonte atribuido al muro de las series salinas del Ludense, es decir, muy próximas al yacimiento y asimismo al muro de los conglomerados.

- Un horizonte guía del substrato atribuido a las areniscas de Cizur.

En las figuras 7 y 8 se muestran las secciones sísmicas correspondientes a los P-1 y Per-8, en las que pueden verse, los niveles identificados, la discordancia de los conglomerados miocenos, llegando a cortar los niveles ludenses en el Sur, y algunas fallas importantes.

Con todo lo anterior se han podido elaborar una serie de documentos que son:

- a) Isocronas e isohypsas (fig. 6) del muro de los conglomerados.
- b) Isocronas e isohypsas del muro del Ludense.
- c) Isopacas del intervalo conglomerados - areniscas de Galar (fig. 6).
- d) Esquema estructural a nivel del sustrato con una valoración estimativa del amortiguamiento de los accidentes a nivel del muro del Ludense.

Además se ha realizado un estudio cualitativo de la respuesta sísmica de la señal (fig. 6) atribuida a las se-

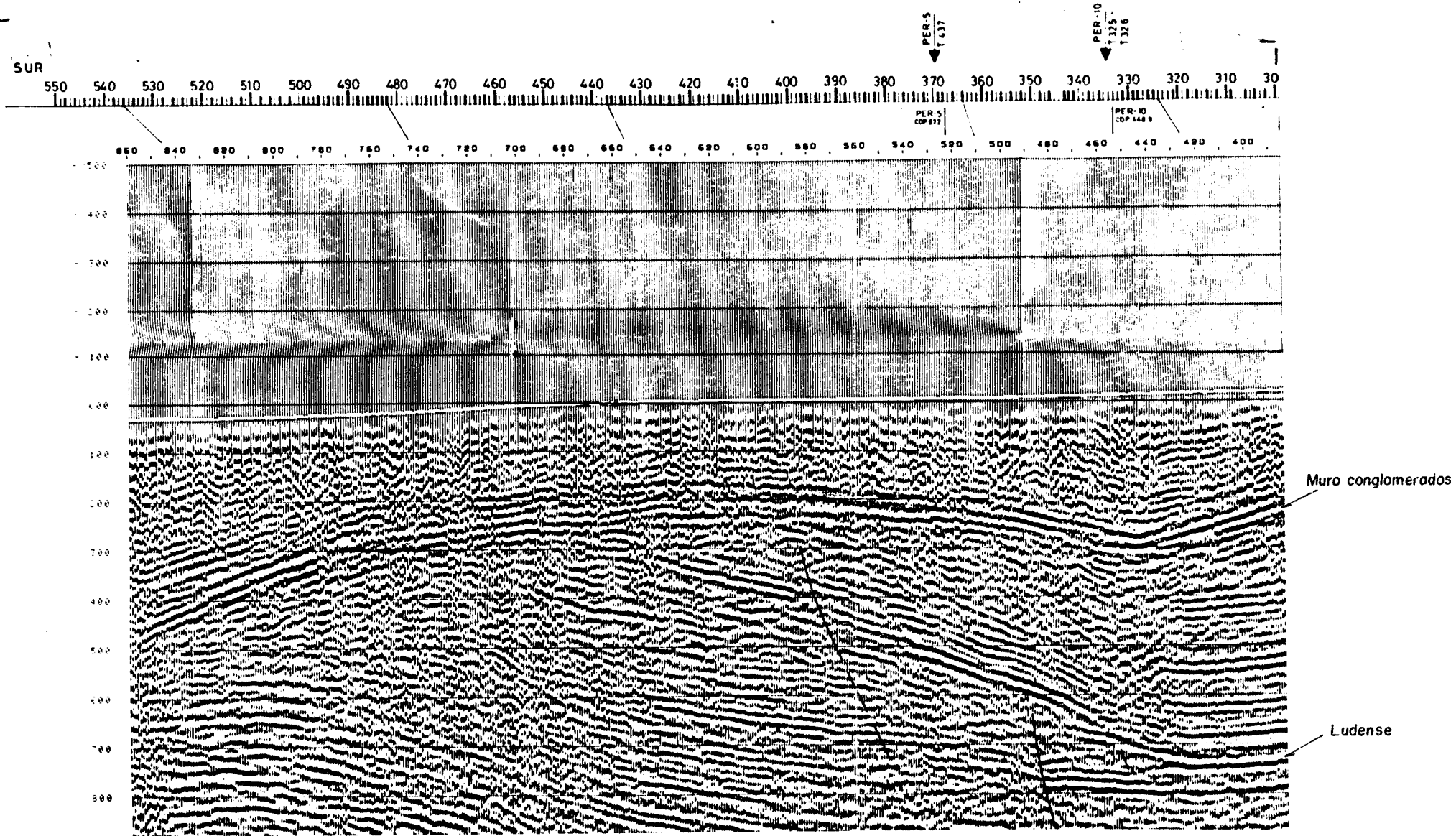


Fig. 7.

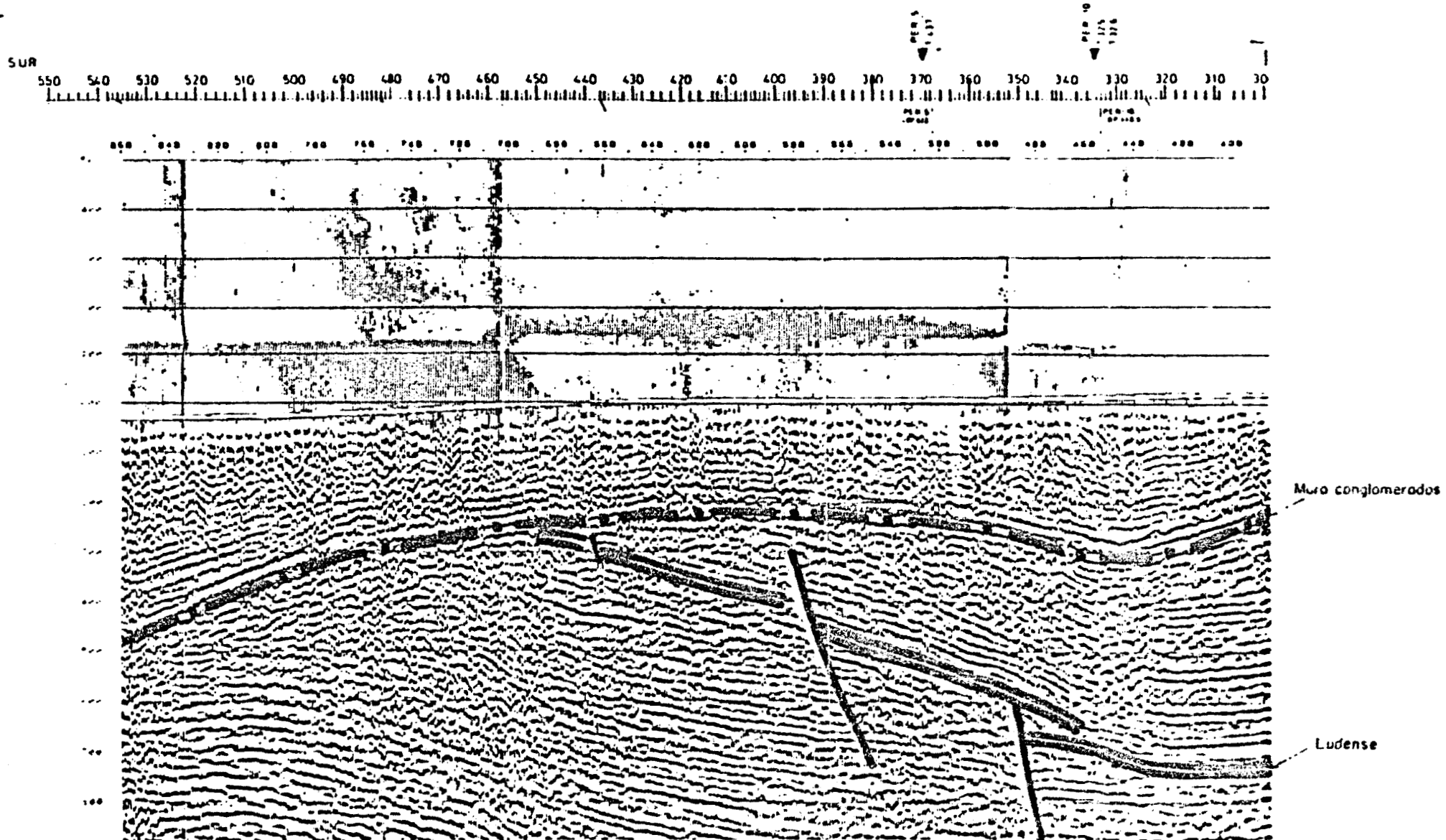


FIG. 7 - SECCION SISMICA DEL PERFIL PER 8

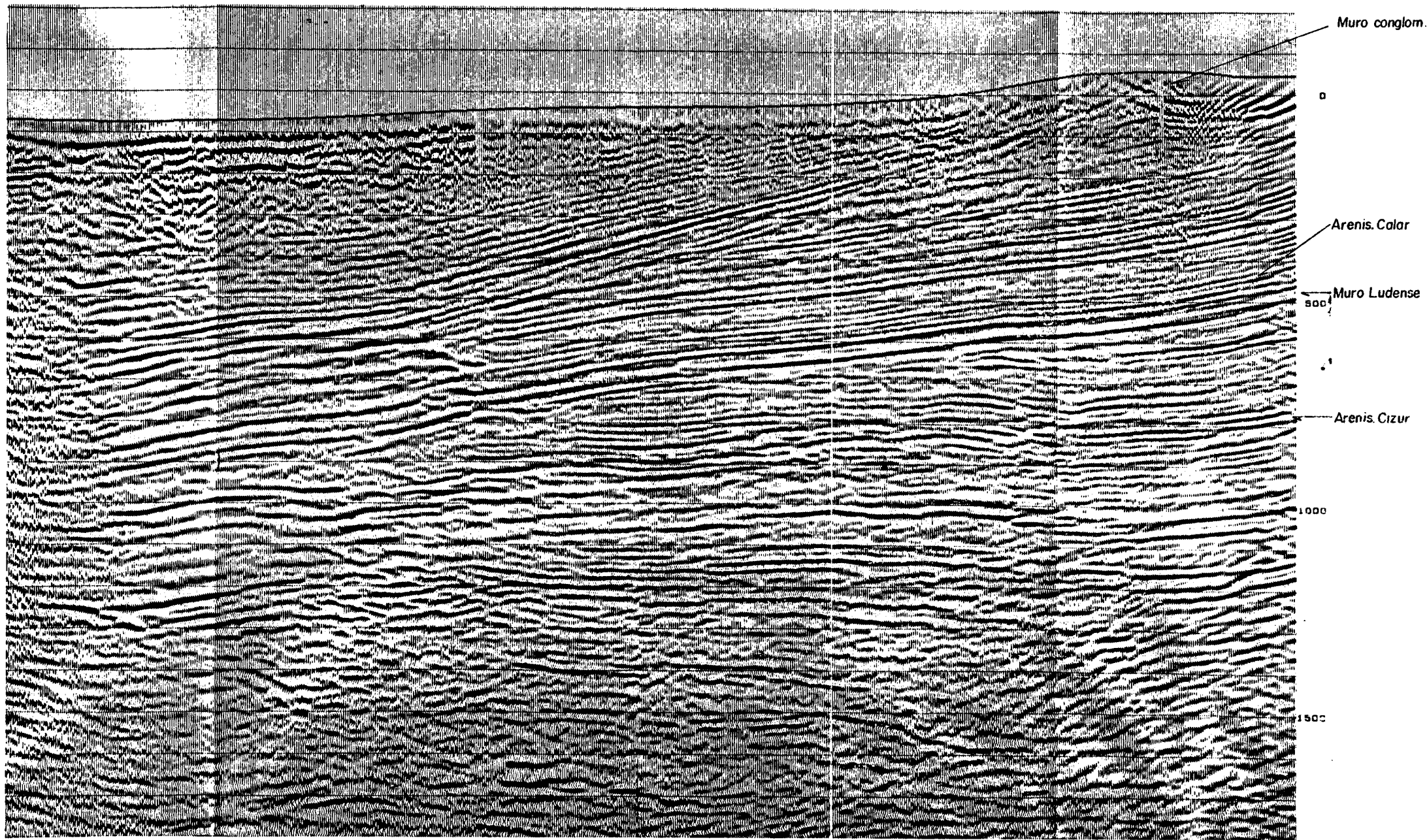
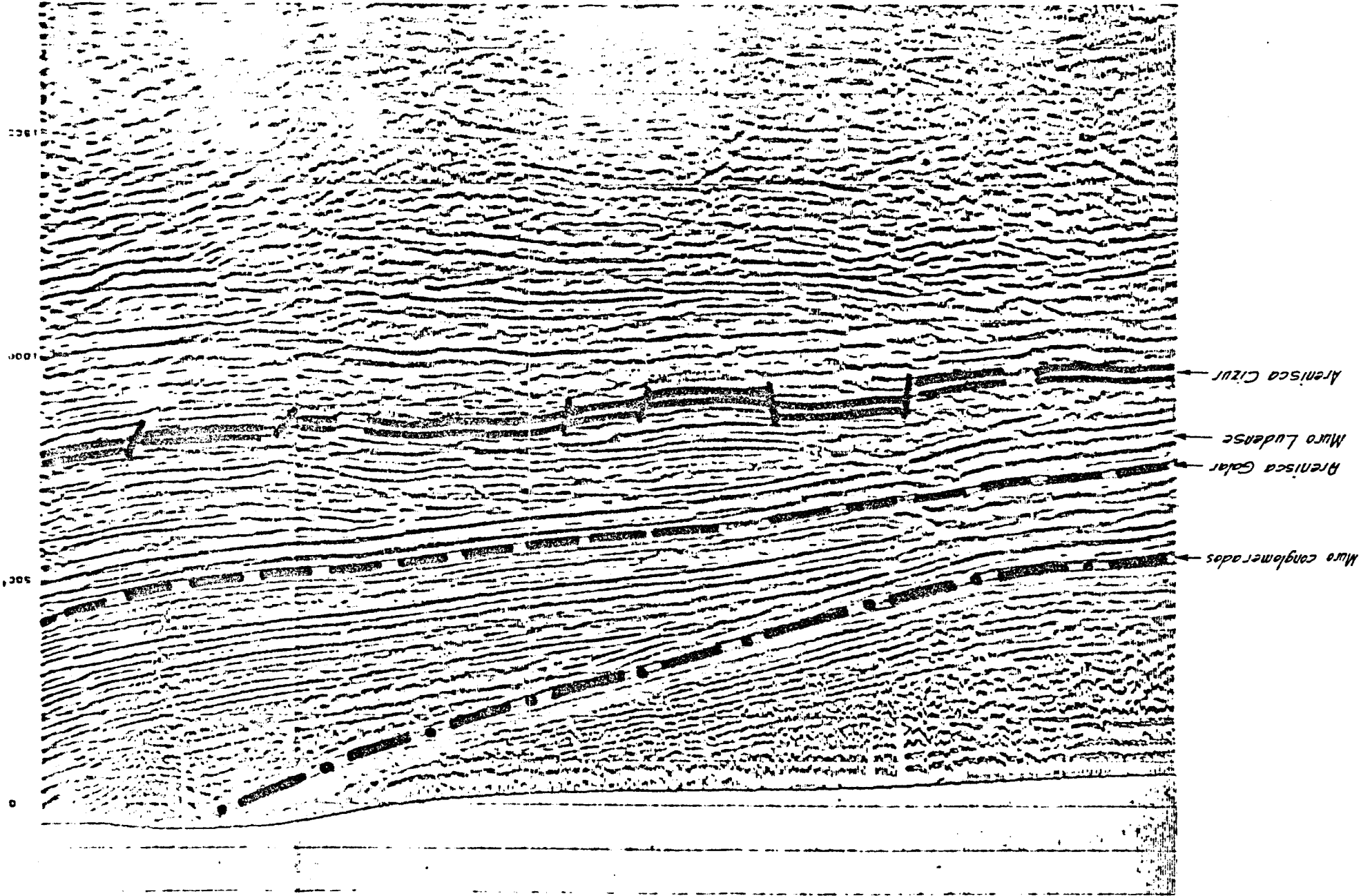


Fig. 8

FIG. 8 - SECCION SISMICA DEL PERFIL P I



ries salinas del Ludense. Este estudio no da evidentemente ninguna información directa sobre la presencia o no de potasa, pero proporciona indicaciones interesantes sobre el entorno paleográfico y las condiciones de depósito de las series salinas, sus relaciones con las estructuras y los índices de removilización, lo que ha constituido un complemento importante del resto de los estudios que se realizaron en la zona.

El seguimiento en el substrato margoso del horizonte guía atribuido a las areniscas de Cizur, cuya respuesta es mucho más estable en amplitud y en frecuencia que la respuesta del intervalo atribuido al salino masivo, ha permitido la detección más rigurosa de los accidentes, lo que constituye un apoyo importante para establecer un criterio de distinción entre fallas ante, post y sin salíferas. Permite la posibilidad de precisar el sentido de las fallas y estimar el salto, con toda la información que ello conlleva.

Por otra parte, por la posible influencia en las condiciones de depósito del yacimiento, se han delimitado zonas donde el salífero masivo es discordante con el horizonte atribuido al substrato margoso, en contraste con aquellas en que está en franca discordancia. Las flechas en la figura 6 señalan el sentido de la discordancia.

Las isopacas del tramo muro conglomerado-areniscas de Galar (fig. 6) tienen como objeto establecer el límite de seguridad, situado en principio en la isopaca -tiempo- 100 m correspondiente a un espesor de margas de 200 m, más allá del cual serían peligrosas las explotaciones subterráneas por la proximidad al mismo de los acuíferos contenidos en los depósitos miocenos.

3.1.2. Conclusiones.

- La discordancia entre los conglomerados y las series eooligocenas permite limitar claramente los bordes extremos por el sur y oeste del yacimiento del Perdón.
- Se observan discordancias entre la posible serie salina y su substrato priaboniense.

Este aparece afectado por gran número de fallas de tensión dando lugar a estructuras con fosas y pilares que han sido representadas en el plano nº 6 de isohipsas tiempo con nivel de referencia + 600 m.

De estas fallas algunas han continuado activas durante la deposición de la posible serie salina y posteriormente afectando directamente la misma, mientras que otras no llegan a cortar el tramo salino. De todas formas éstas últimas han podido también tener influencia, de modo in-

directo, en la deposición originando zonas levantadas en las que, o bien no ha llegado a depositarse la totalidad de los paquetes salinos, o ha podido originar áreas preferenciales de ascenso de las aguas procedentes de la compactación de los niveles margosos inferiores durante la diagénesis, que han podido dar lugar a disoluciones en los niveles salinos, sin que exista certeza de que estos procesos hayan tenido, efectivamente, lugar.

- De la observación del esquema estructural que presenta el yacimiento en su borde Oeste se observa que la complicación tectónica se incrementa hacia el NO, lo que unido a:
 - La necesidad de fijar un límite de explotación por efectos de profundidad, que en función del método de explotación y el actual estado de la técnica fijamos en 800-900 m (recubrimientos superiores a 1500 m) (fig 9),
 - la necesidad de un límite de explotación que tenga en cuenta, como se indicó anteriormente, el peligro de entrada de agua que presenta el contacto entre las areniscas de Galar y los conglomerados,
 - las conclusiones negativas que se desprenden de las investigaciones de la galería FN-86 y los resultados del sondeo 15,
- llevan a considerar difícilmente explotable el área situada al Oeste de una línea ficticia que pasase ligeramente al Sur del cruce de los perfiles PER1 y P1 . P2 y P_p-17-V y algo al Norte del cruce P-9 y P-7 (Fig.10).
- Tras las consideraciones anteriores, el área restante en la zona investigada en esta campaña, al Oeste del perfil PER9, tiene una superficie aproximada de unos 6.000.000 m².

FIG. 9 - INVESTIGACION BORDE CESTE. MACIZO DE PROTECCION

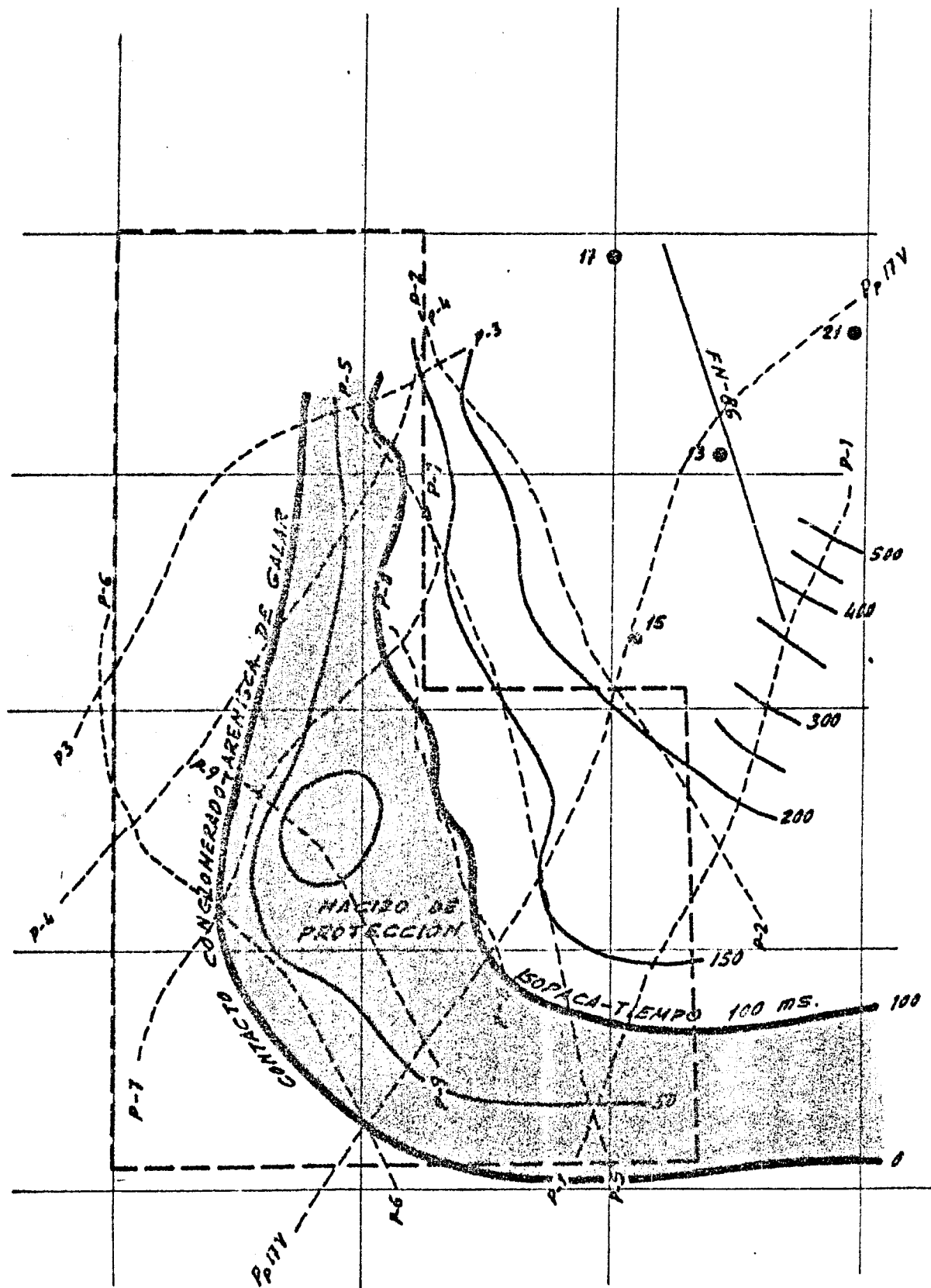
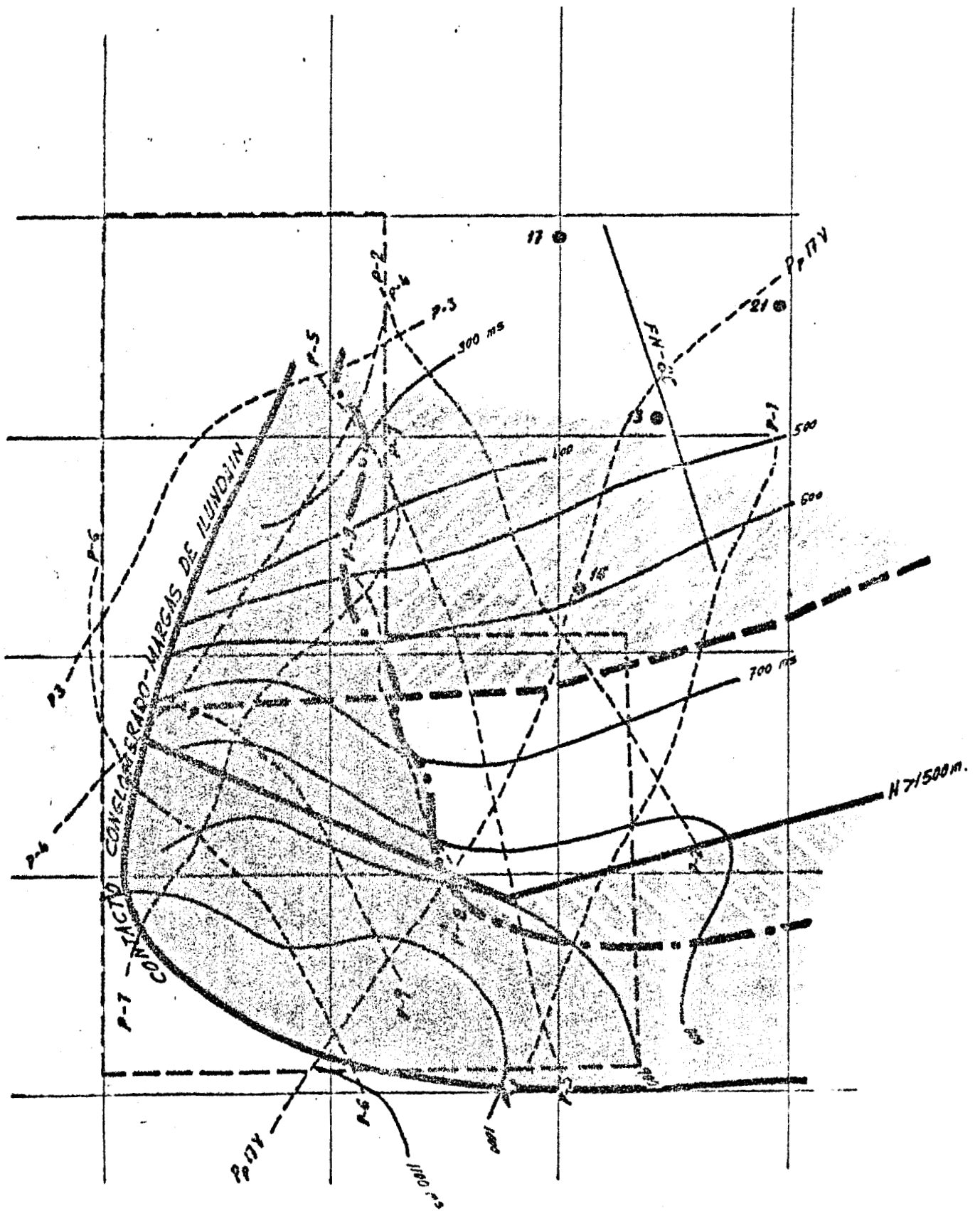





FIG. 10- INVESTIGACION BORDE OESTE. ZONA EXPLOTABLE



-  ZONA DE GRAN COMPLICACION TECTONICA
-  ZONA DE PROFUNDIDAD Z 1500 m.
-  MACIZO DE PROTECCION

3.2. SONDEO DE UTERGA.

1. DATOS GENERALES.

Nombre del sondeo UTERGA.
 Tipo de sondeo Exploración.
 Operador ENADIMSA.
 Permiso Borde Oeste.
 Area/Provincia Navarra.

Localización final:

Coordenadas geográficas X : 602008,120
 Y : 4.729689,216
 SUELO 507,59
 KB + (+ 4m)
 RT : 511,59

Equipo EMSCO 250 B.
 Contratación IBERICA DE SONDEOS.
 Fecha de comienzo 28.10.83.
 Fecha de abandono 7.12.83.
 Profundidad final 1.449 . 1 m (KB)
 Situación actual Taponado y abandonado.
 Tuberías 20" - 20 m (KB)
 133/8" - 75 m (KB)
 9 5/8 - 878 m (KB)

2. RESUMEN EXPLORATORIO.

2.1. Objetivos del sondeo.

- Comprobación de la existencia -o nó- de sales - potásicas.
- Comprobación de la hipótesis tiempo/profundidad utilizada en la investigación sísmica.
- Conocimiento de las características geológicas de los terrenos de recubrimiento en la zona de implantación, especialmente las características hidrogeológicas de los conglomerados del Per - dón.

2.1.1. I m p l a n t a c i ó n . _ _ _ _

Se estableció esta implantación en base a

- estudios sísmicos de reflexión,
- estudios geológicos de superficie,
- información de labores mineras a interior.

2.1.2. N i v e l g e o l ó g i c o d e p a r t i d a . _ _ _ _

cuaternario de 10 m de potencia -
suprayacente

2.1.3. N i v e l g e o l ó g i c o d e l l e g a d a . _ _ _ _

Margas eocenas de base de la formación evaporítica.

2.1.4. P r o f u n d i d a d _ f i n a l . _ _ _ _

1.449,1 m (KB)

2.2. R e s u l t a d o s .2.2.1. G e o l ó g i c o s . _ _ _ _

Los resultados obtenidos en el sondeo coincidieron con un mínimo margen de error con los inicialmente previstos:

- el contacto discordante entre los conglomerados chattiense-aquitanienses y las margas y yesos oligocenos estaban previstos en el m 870 y se localizaron en el 866,
- el contacto entre el nivel anhidrítico de base del yacimiento salino se había previsto a 1.450 m de profundidad y se encontró en el m 1.445,
- con relación a las previsiones iniciales sobre la naturaleza de un conglomerado con posibilidades de constituir un acuífero, que influiría sustancialmente en el método de explotación, se observó que a esta profundidad era totalmente compacto, con lo que el hipotético riesgo de entrada de agua procedente del mismo en las labores de interior quedó totalmente descartado,
- la localización de una serie salina de pequeña potencia por encima de las areniscas de Galar obligó a cambiar el programa de lodos inicialmente previsto, pasando a lodo saturado en Cl2Mg y a los 1.245 m de profundidad.

2.2.2. Resultados globales. _ _ _ _ _

- Sondeo negativo, al no haberse localizado tramos potásico - magnésicos.

2.3. Comentarios estratigráficos.

El control geológico del pozo se inició con toma de muestras cada 5 m, a partir del nivel del suelo, pasando a toma de muestras cada 2 m a partir de la localización de los primeros niveles de conglomerados (m 650).

Los techos de las formaciones se han calado de acuerdo con las profundidades y el carácter, identificados en el perfil sónico y auxiliándose del resto de los registros para una mejor caracterización de los distintos intervalos.

Todas las profundidades están referidas a la mesa de rotación (UB).

De acuerdo con todo lo anterior, han sido identificados los siguientes tramos:

2.3.1. Descripción general. _ _ _ _ _

0-10 ... Glacis.

10-647.. Limolitas alternando con paleocanales de arenisca y algunas pasadas arcillosas.

<u>Paleocanales en los m:</u>	104-112
	121-130
	192-205
	214-221
	231-239
	369-386

647-650. Conglomerado duro de cemento calizo.

650-720. Limolitas alternando con areniscas y alguna pasada arcillosa.

720-866. Limolitas alternando con conglomerados de cemento calizo, poca porosidad y potencias que oscilan de 3 a 10 m, con algunas pasadas arcillosas.

- 866 - 925 Margas, yesos y sales con alguna capa de anhidrita.
- 925-1100 Margas y yesos con alguna capa de anhidrita y dos capas salinas (de 1 m de potencia) bien diferenciadas en los m 1050 y 1090.
- 1100 - 1233 .. Margas , yesos y sales.
- 1233 - 1270 .. Margas con una pasada arenosa (en 1247).
- 1270 Comienza la formación Guendulain.
- 1270 - 1394 .. Tramo margo arenoso de la F. Guendulain.
- 1394 - 1445 .. Tramo salino de la F. Guendulain.
- 1445- 1449 ... Margas de base.

2.3.2. Formación Guendulain. _ _ _ _ _

2.3.2.1. Tramo margo arenoso (1270 - 1394)

Puede dividirse en los siguientes tramos:

- 1270-1328 .. Tramos margosos alternantes con pasadas areniscosas de 1 a 2 m de potencia.
- 1328-1362 .. Areniscas margosas.
Bancos de arenisca de 0,25 a 1 m - de potencia alternando con bancos margosos menores de 1 m de potencia.
- 1362-1384 .. Areniscas margosas.
Bancos alternantes de areniscas de 1 a 5 m de potencia con margas de 0,5 a 2 m de potencia.
- 1384-1394 .. Dos tramos margosos de 3 (1384-87) y 5 m de potencia (1389-1394), alternando con uno areniscoso de 2 m de potencia.

2.3.2.2. Tramo salino (1394-1445)

- 1394-1431 .. Margas alternantes con sales y alguna capa de anhidrita (sales de techo).

1431-1432 ... Tramo de mayor densidad, de probable -
correlación con el denominado "Sal Ne-
gra granulada" en el sondeo n° 15.

1432-1444 ... Sales de muro.

1444-1445 ... Anhidrita.

2.4. I n d i c i o s .

Se localizó la serie salina de la formación Guendulain, en el m 1.395 sin presencia de sus términos potásico - magnésicos; se adjunta el detalle de los perfiles correspondientes a la serie atravesada, en los que se observa:

- la aparición de las margas de techo con valores atípicos de densidad (que llega incluso a superar 2,7 gr/cm³) en los tramos:

1373 - 1375,2
1384 - 1387,5
1390,5 - 1395

El tipo de arcillas integrantes de estas margas presenta contenidos variables de K y Th y ausencia total de U.

Su alta densidad, color verdoso, respuesta al efecto foto eléctrico (Pe) nos lleva a identificar su componente mayoritario como de tipo clorítico.

- Las series salinas se inician en el m 1395, con una alternancia de margas y halitas, sucesión de nivel decimétrico, que conforme se avanza hacia niveles más bajos de la serie, adquiere progresivamente mayores. Esto da lugar a una imagen muy peculiar en los perfiles "neutron" y "density". En efecto, como puede observarse en el cuadro adjunto, los valores de ρ_B y Φ_N no corresponden a los valores teóricos de halita recogidos en la tabla. Solamente a partir de 1432,5 m y hasta el m 1444 se logra el desarrollo de una curva de densidad típicamente representativa de esta sal. Las zonas suprayacentes tienen un espesor tal que nunca llegan a quedar totalmente individualizadas entre la fuente y el detector de la sonda, por lo cual se presenta esta pequeña anomalía. Abundando en esta interpretación, los testigos extraídos entre los tramos 1412 - 1421,5 y 1434 - 1449 muestran una perfecta correlación con la interpretación anterior.

2.5. Testigos convencionales.

Se perfora a testigo continuo entre las profundidades:

Testigo n° 1 ... 1.412 a 1.413 - Sales de techo.
 Testigo n° 2 ... 1.413 a 1.416,7 Sales de techo.
 Testigo n° 3 ... 1.416,7 a 1.421,5 Sales de techo.
 Testigo n° 4 ... 1.434 a 1.443,05 Sal de Muro.
 Testigo n° 5 ... 1.443,05 a 1.444,28 Sal de muro.
 1.444,28 a 1.445 Anhidrita
 1.445 a 1.449,1 Margas de muro.

2.6. Testigos laterales.

No se tomó ningún testigo lateral.

3. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

Como resumen general cabe indicar que no se han producido - incidencias de importancia en la ejecución del sondeo: el - único cambio respecto a las previsiones fué el paso a lodo saturado en Cl₂Mg antes de lo inicialmente previsto, debido a contaminación salina del lodo bentonítico, y en lo referente al logro de los objetivos previstos:

- Comprobación de la existencia de yacimiento potásico.
- Confirmación de la hipótesis tiempo-velocidad utilizada - en el informe de interpretación de sísmica.
- Análisis de las características hidrogeológicas de los - conglomerados del Perdón.

Se observa que:

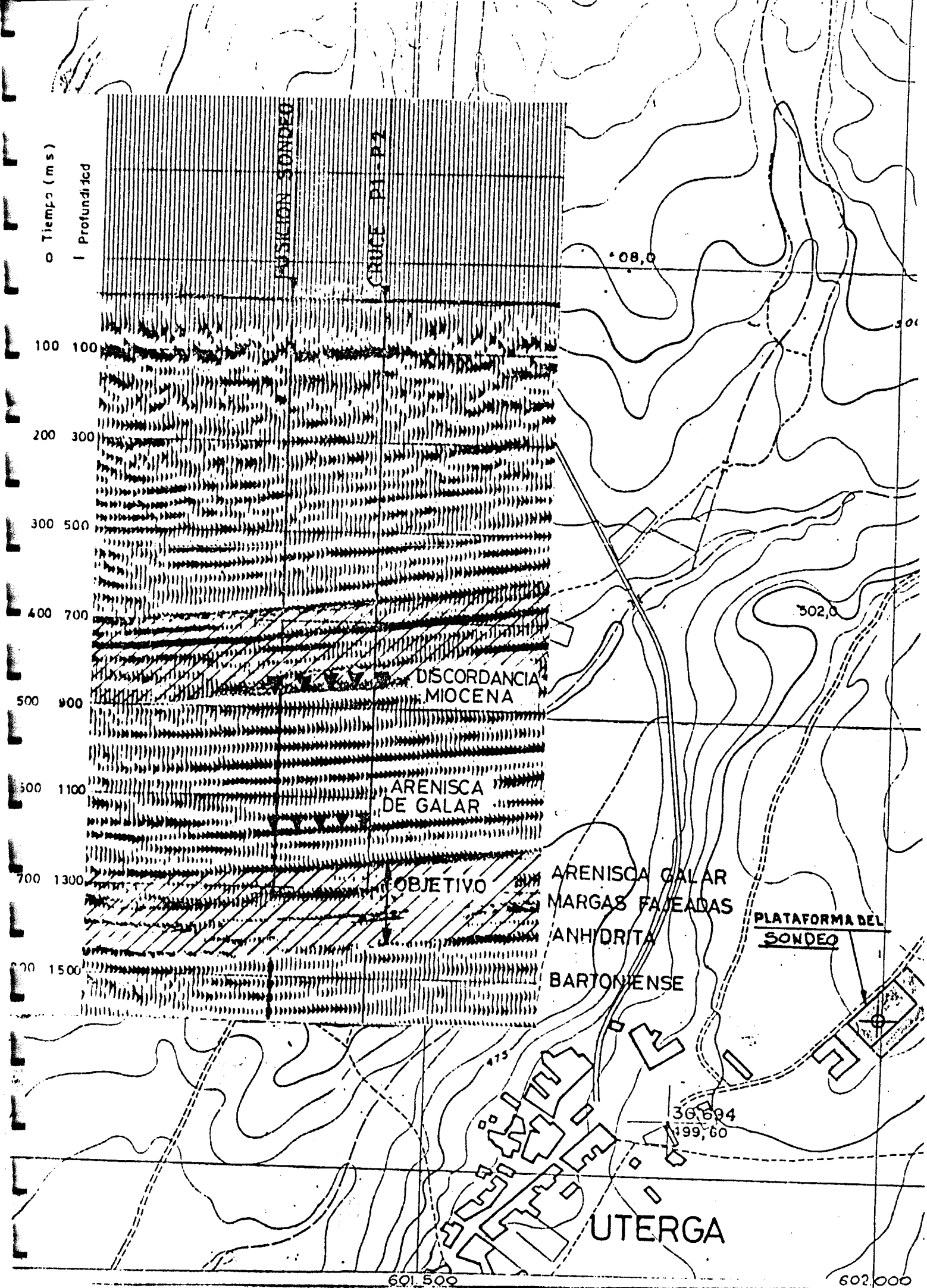
- a) - Atravesada la totalidad del paquete salino desde la - profundidad de 1.395 m hasta la de 1.444,5 m, con una satisfactoria recuperación de testigo, no se ha localizado yacimiento potásico, aunque sí se ha comprobado - la existencia de yacimiento salino que puede dividirse en dos tramos, del siguiente modo:
 - 1.395 a 1.432 m Sales de techo.
 - 1.432 a 1.444,5 m Sales de muro
- b) - Se confirma la corrección de la hipótesis de velocidad utilizada, puesto que el horizonte de los conglomerados estaba previsto cortarlo a los 870 m de profundidad y

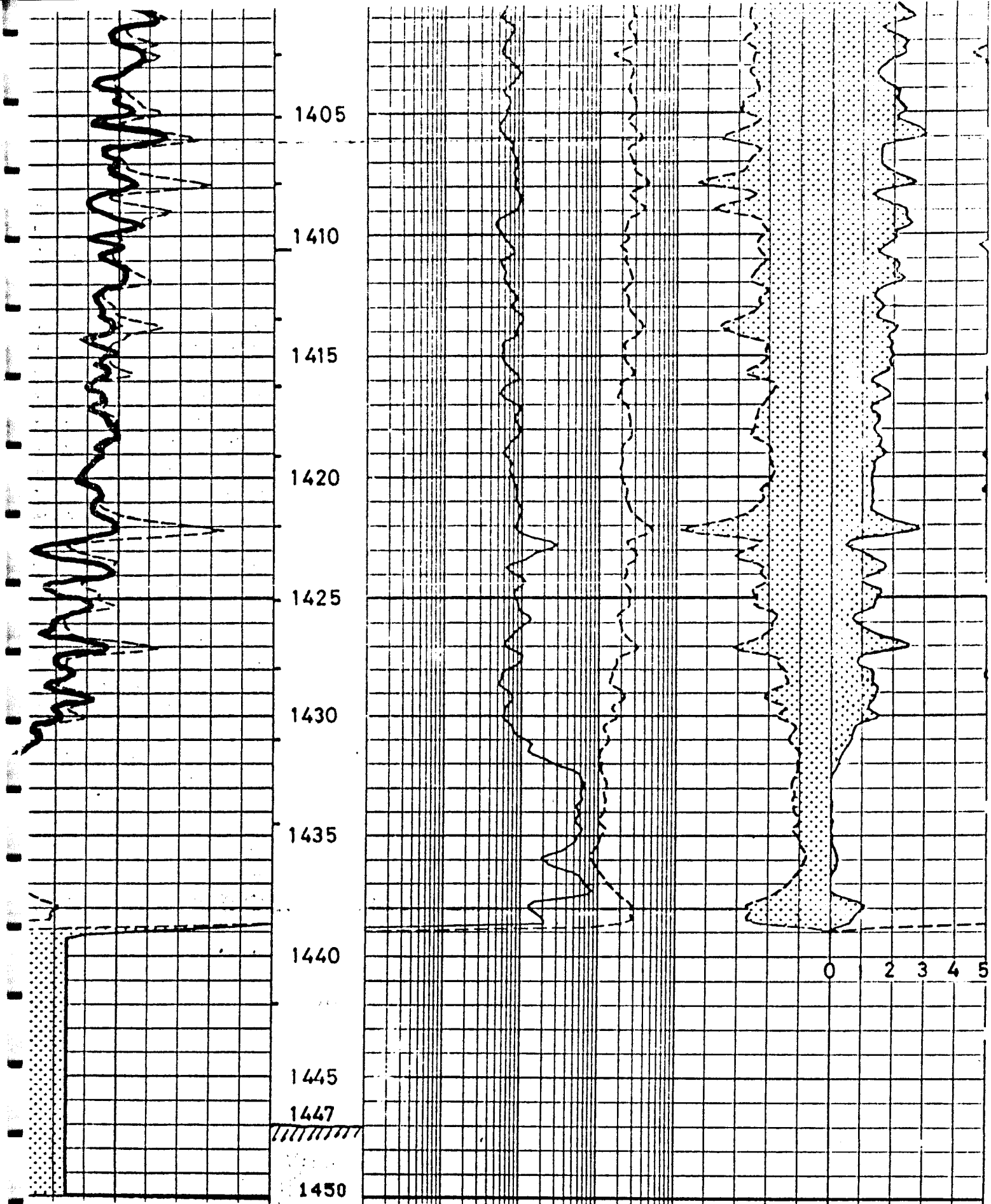
se ha localizado a los 866 m. Igualmente el muro del yacimiento salino (capa de amhidrita) se había fijado a la profundidad de 1.450 m y se ha localizado a los 1.444,5 m, de tal modo que, sin error apreciable, deben considerarse válidos los criterios utilizados en la interpretación.

- c) - Las características de porosidad que presentan los conglomerados son prácticamente nulas, por lo que el riesgo de presencia de agua en esta formación, a las profundidades en que ha sido cortada, es prácticamente nula, lo que lleva a la conclusión de considerar el sondeo como negativo, al no comprobarse la existencia de sales potásicas.

A N E X O S .

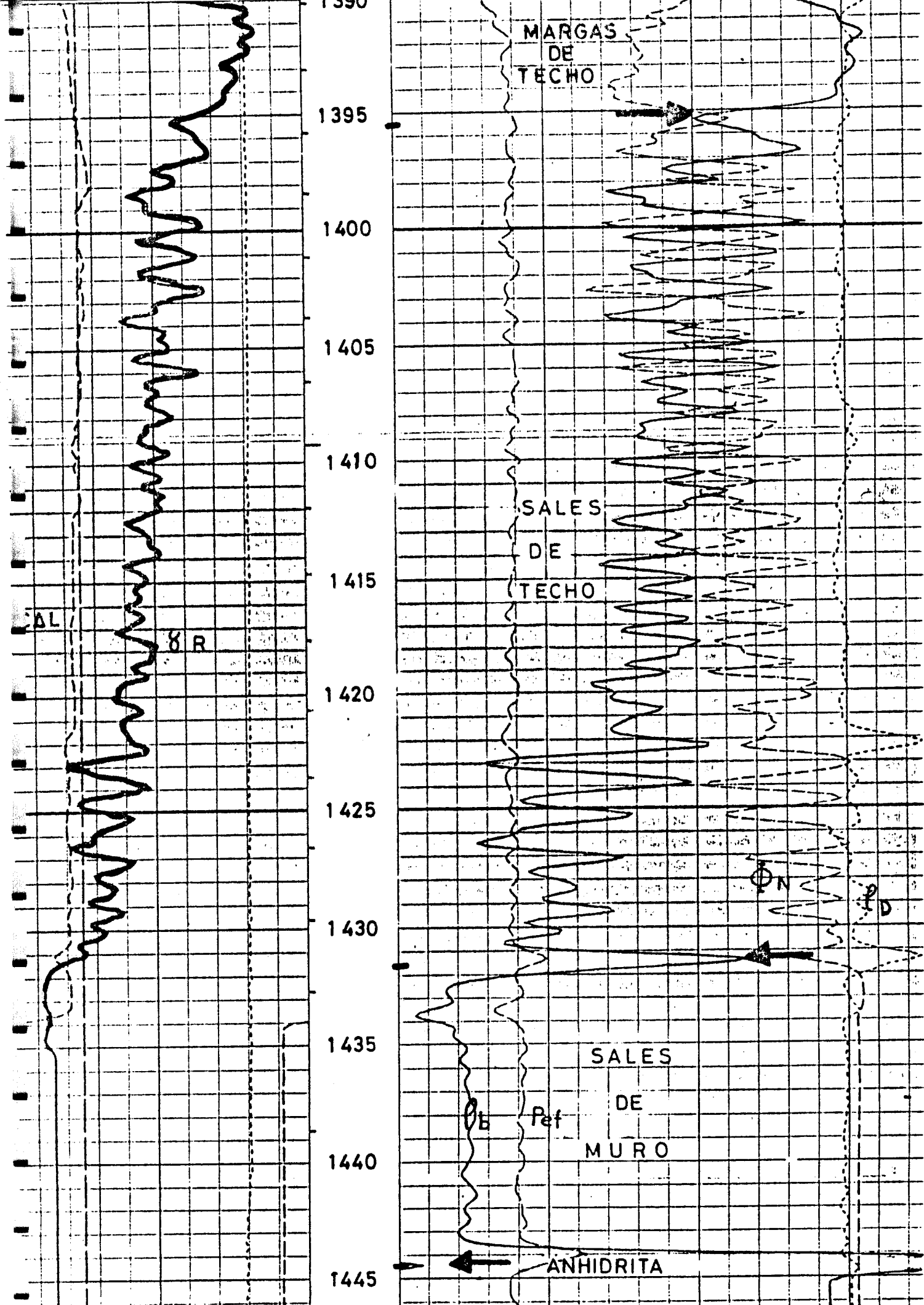
1. Operaciones de perfiles.
2. Lista de planos.
 - Ficha de subsuelo.
 - Master Log.
 - Log. compuesto 1:200 Formación Guendulain.
3. T a b l a s .





CGR (GAPI)	150.00	TURAC ()	0.0100	100.00	URAN (PPM)	20.000	0.0
SGR (GAPI)	150.00	TPRAC ()	0.1000	1000.0	POTA (% H ₂ O)	-0.050	0.0500
					THOR (PPM)	25.000	-25.00

UTERGA. NGS RATIO LOG.



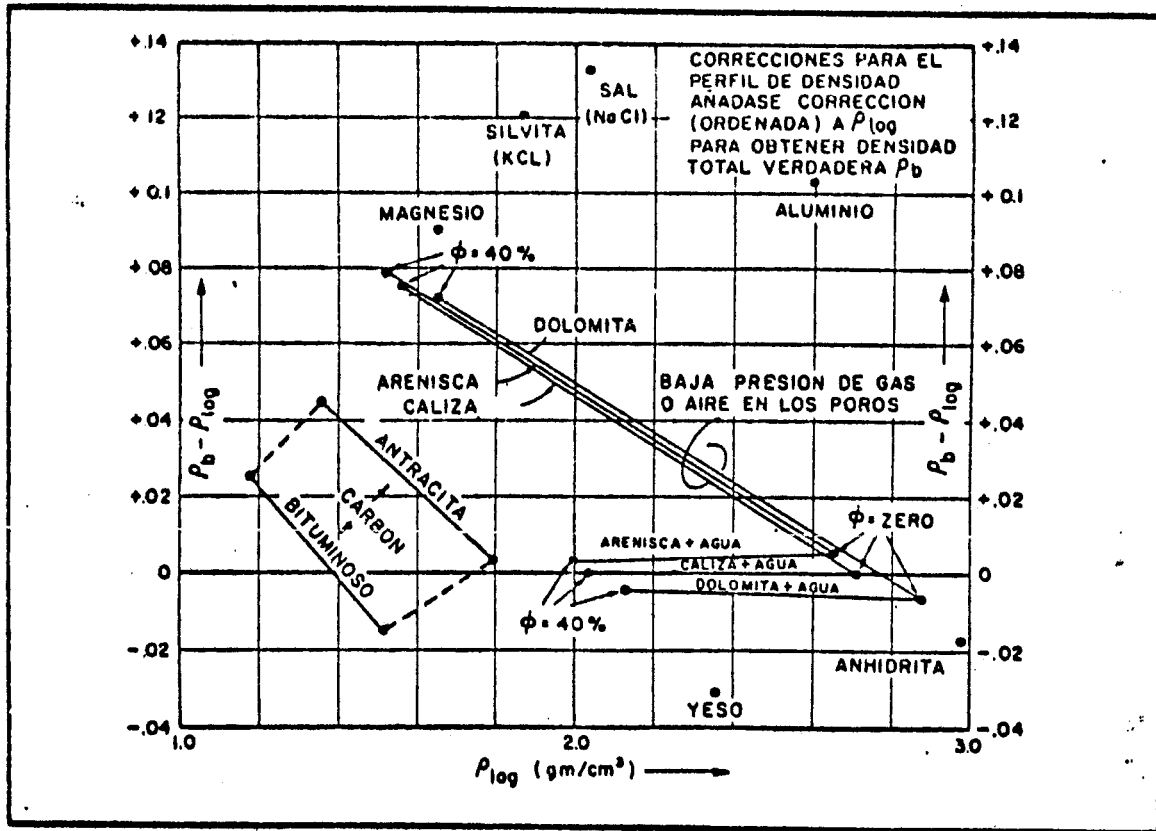
UTERGA - LDL - CNL - NGS

TABLA DE CONSTANTES DE LAS DIAGRAFIAS DENSITY NEUTRON Y γ RAY*

	FACTOR FOTOELECTRICO P_{ef}	DENSIDAD REAL ρ_R	DENSIDAD ELECTRICA ρ_e	DENSIDAD DISPOSITIVO ρ_b	Δt MEDIA	NEUTRON Φ_N	γ RAY ($d=8''$)	% K_2O
ANHIDRITA $SO_4 Ca$	5,055	2,960	2,957	2,977	50	0	0	0
CARNALITA $KCl-MgCl_2 \cdot 6H_2O$		1,610		1,570	78	65	N 200	17
SILVITA KCl	8,510	1,984	1,916	1,853	74	0	N 500	63
HALITA $Na Cl$	4,169	2,165	2,074	2,032	67	0	0	0
POLIHALITA $K_2SO_4-MgSO_4$ $2CaSO_4 \cdot 2H_2O$		2,780		2,790	57,5	0	0	0
CALCITA $CO_3 CA$		2,710	2,708	2,710	47,5	0	0	0
CALIZA	5,084	2,540		2,540	62	10	5-10	0
CUARZO $Si O_2$		2,654	2,650	2,654	51,5	4		0
ARENISCA	1,806	2,489		2,485	65,3	3	10-30	0
YESO $SO_4 \cdot 2H_2O$	3,420	2,320	2,372	2,351		49	0	0
MARGAS			2,2 - 2,75	2,2 - 2,75	70 - 150	25 - 60	80 - 140	2 - 10

* Valores aproximados

CORRECCION A DENSIDAD TOTAL VERDADERA DE LA DENSIDAD DEL PERFIL



MINERALOGIA DE ARCILLAS

	FACTOR FOTOELECTRICO ρ_{ef}	DENSIDAD DISPOSITIVO ρ_b
CLORITA	6,30 - 6,33	2,790
ILLITA	3,45 - 3,55	2,520
CAOLINITA	1,83 - 1,84	2,410
MONTMORILONITA	2,04 - 2,30	2,120

3.3. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO, GEOQUIMICO Y - PETROGRAFICO DE ALGUNAS LABORES MINERAS EN EL BORDE OESTE Y DEL SONDEO DE UTERGA

Aunque la caracterización petrológica, mineralógica y geoquímica de las áreas de esterilidad del yacimiento del Perdón se ha llevado a cabo en diferentes zonas, nos referimos aquí exclusivamente a las más próximas al borde Oeste del yacimiento, y en particular a las referidas a las galerías FN-02A y FN-86, correlacionándolas con los resultados obtenidos en el sondeo de Uterga. -- Para una información más amplia, remitimos al lector al estudio completo que incluimos separadamente.

Hacemos notar que el análisis se ha limitado fundamentalmente al estudio de la sal de muro, al ser el único nivel de correlación presente debido a

- la esterilización en algunos casos de los minerales potásicos,
- la imposibilidad de un muestreo adecuado de las sales de techo a causa de que las explotaciones, en la medida de lo posible, se alejan de las mismas para disminuir los problemas de sostenimiento a ellas asociados.

3.3.1. Geoquímica, Petrología y mineralogía de la Galería FN-86.

Bromo. Los valores (entre 120 y 155 ppm) que presentan las zonas estériles son bajos, si tomamos como referencia las zonas en que ha habido deposición normal de potasa. Estos valores bajos son, sin duda, originales y no parecen debidos a disoluciones tardías. Este origen primario viene indicado por su aumento progresivo hacia el techo (COL VI), lo que elimina la posibilidad de un fortuito resultado debido a disoluciones postsedimentarias. La aparición ocasional de algún horizonte de mayor contenido en Br, dentro de estos contenidos menores (COL VII COL II), puede ser también un hecho original o bien un efecto del plegamiento intrafoliar tan frecuentemente observado en esta galería.

Sulfatos.- Hacia el S, a la vez que los contenidos en Br son menores, también son menores los contenidos en sulfatos. Este factor también parece de origen primario, así como el que aquellos sean predominantemente anhidríticos más que los polihidricos presentes en las zonas de explotación.

Estroncio.- Los contenidos en Br son más altos que los contenidos en la sal de muro de la Zona Sur (pueden llegar a triplicarlos). Los valores promedio son comparables a los citados por PUEYO MUR (1975) en litofacies estériles de la cuenca potásica catalana. Un hecho similar se presenta en el ciclo Stassfurt del Zechstein alemán, donde se ha observado que el contenido en Sr aumenta desde el centro de la cuenca hacia zonas más marginales (BRAITSCH, 1971).

Ca, K, Mg, Li.- Los contenidos en Ca, relacionados con la presencia de anhidrita, son similares a los obtenidos en la zona Sur del yacimiento. El K y el Mg, relacionados con la presencia de polihalita son en unos casos más bajos y en otros más altos que en la zona Sur, y los contenidos en Li son sistemáticamente más bajos. En general no pueden extraerse conclusiones significativas, salvo el incremento de SO_4 asociado a los valores altos de Ca y Mg (COL IX y COL X), lo que nos lleva a definir como zona de disolución postsedimentaria el área próxima a dichas columnas, por lo demás, con abundante presencia de polihalita, el sulfato predominante en las zonas de deposición originalmente normal del yacimiento.

3.3.2. Geoquímica, Petroquímica y Mineralogía de la galería FN-02A UNDIANO.

Bromo. Se presenta una brusca disminución de los contenidos en Br en dirección W en una muy corta distancia lateral (\approx 350 m). Se llegan a alcanzar valores inferiores a los que presenta la sal en los estados de mínima concentración (70 ppm). Comparando este hecho con lo observado en la galería FN-86, donde la reducción es paulatina y nunca por debajo de 120 ppm, parece dudoso asignar un origen primario a esta pobreza en Br, siendo más probable la hipótesis de un borde de disolución por aguas de bajo contenido en Br, probablemente meteóricas. El hecho de que se pase bruscamente de valores normales o ligeramente empobrecidos en Br a otros extremadamente empobrecidos, nos hace apoyar esta hipótesis de disoluciones postsedimentarias.

Sulfatos. Los resultados de las 10 difracciones realizadas con muestras de columnas del borde W de la zona de Undiano, indican claramente que la polihalita es el sulfato predominante en la sal de muro de esta zona, encontrándose únicamente indicios de anhidrita. Asimismo el contenido en sulfatos es alto, lo que apoyaría la hipótesis de zona de disolución que se ha indicado anteriormente. Igual hecho viene apoyado por los indicios de kieserita que se presentan acompañando a la dominancia de polihalita.

Estroncio. Los contenidos en gr , al igual que en FN-86, son más altos que los hallados en la Zona Sur. La relación gr / SO_4 aumenta ligeramente en dirección W. En el caso de la cuenca potásica catalana se produce un claro aumento de esta relación en las zonas de esterilidad, lo que apoyaría, junto con los datos de Br y el aumento del contenido en sulfatos, la hipótesis de zona de disolución.

Ca, K, Mg, Li.- El Ca en esta zona presenta valores comparables a los de la sal de muro de la zona Sur, sin embargo K y Mg presenta valores bastante superiores, especialmente el K. Estos hechos están relacionados con una mayor abundancia de sulfatos en la zona, con claro predominio de la polihalita, lo que justifica los hechos antes citados. El contenido en Li es también bajo en relación con el valor hallado en zonas de explotación normal del yacimiento. Cabe relacionar estos datos con los que se presentan en la zona de las columnas IV, VIII, IX y X de FN-86 y aunque en esta galería los contenidos en Br son más altos, es muy probable que en esa zona perfectamente definida haya funcionado, al igual que en FN-02, un mecanismo de disolución.

3.3.3. Geoquímica, Petrología y Mineralogía del sondeo de Uterga.

Bromo.- Los valores de las sales de techo oscilan entre 170 y 206 ppm, con una media de 192,5 ppm Br, francamente más baja que la del yacimiento normal (250 ppm). Se observa, además, que los valores decrecen hacia arriba, indicando así la dilución progresiva hacia el techo de esta unidad salina.

En la sal de muro oscilan entre 93 y 113, con una media de 90,8 ppm Br con valores relativamente crecientes hacia arriba. Este valor promedio es muy bajo, muy inferior, incluso, al de los contenidos de la galería FN-86, ya de por sí bajos. Todo indica que la sal de muro del sondeo de Uterga es la más alejada de la zona potásica de las registradas en el presente estudio, siendo los contenidos en Br los correspondientes a un estadio de muy baja concentración de la salmuera.

Sulfatos.- Los resultados de difracción de RX de las 4 muestras de sal de muro seleccionadas en el sondeo de Uterga, revelan únicamente la presencia de anhídrita como sulfato asociado a la halita y en muy baja proporción. No se ha realizado determinación de elementos minoritarios (Br, Ca, K, Mg y Li).

3.3.4. Conclusiones.

No hay duda de que en su trayectoria hacia el S, la galería FN-86 se adentra en una sal de muro con progresivas características de alejamiento de zona potásica y de acercamiento a zonas en que existió originalmente - menor concentración en las salmueras. Ello es indicado por su perfil decreciente de bromo, su mineralogía de sulfatos (hacia anhidrita dominante), su contenido (%) menor en sulfatos y su relación creciente Sr/SO_4 . Los resultados obtenidos para el sondeo de Uterga, aunque desviado de la trayectoria de la galería FN-86, corroboran estas tendencias y muestran la presencia de una amplia zona hálitica, ya sin potasas.

En lo referente a las labores de Undiano W, no hay duda de que existe una brusca esterilidad, manifiesta - claramente en la galería FN-02A (COL III), basándonos en la caída repentina de contenido en bromo. Por el contrario, los demás criterios indican que se trata de una zona potásica "normal": dominancia total de polihalita acompañada de indicios de kieserita sobre la anhidrita; contenidos altos en sulfato; relación alta Sr/SO_4 .

No se ha podido establecer ninguna relación entre esta brusca esterilidad y la existencia de un pliegue - ("doble capa"), ampliamente desarrollado en zona previa a la esterilidad. Existe la posibilidad de que no se trate de un extenso accidente de disolución que haya eliminado una enorme cantidad de formación potásica hacia el W, sino que por el contrario, estemos ante un borde deposicional en el que la formación potásica acaba bruscamente a causa de la probable disposición asimétrica de la cuenca que hacía desaparecer, en un pequeño espacio de algunos cientos de metros, los tramos potásico-magnésicos. Desde esta óptica, esta esterilidad estaría relacionada con la misma que se observa en la galería FN-86, en la que no obstante la terminación de capas potásicas no es tan brusca, como indica la consulta de las hojas a escala 1:400 de POTASAS DE NAVARRA que resumen la geología de la galería. La mayor o menor brusquedad de la terminación de las capas potásicas puede estar simplemente en relación con la dirección que siguen las labores mineras respecto a la traza original del límite de capas potásicas, como se ha indicado.

De hecho la esterilidad observada en esta zona W de Undiano difiere bastante de la desarrollada en la zona de "sal transformada", dado que la presencia de este tipo de silvinita es mínima en la zona W de Undiano. Sin embargo, los efectos de una disolución significativa han sido puestos de manifiesto y no hay duda de que, aún tratándose inicialmente de un borde deposicional

potásico, existe sobreimpuesta una disolución importante. Al otro lado de este borde deposicional para la potasa se situaría la amplia zona halítica cortada por los sondeos n° 15 y el reciente de Uterga. Como se ha visto, este último sondeo marca valores mínimos de concentración en sal indicando ello su posición próxima a un borde de cuenca o al menos a un "alto" paleogeográfico o estructural.

Desgraciadamente no hemos podido encontrar muestras del sondeo 15 que completen la visión de esta área halítica desprovista de potasa situada al S de una línea o franja que iría de la zona W de Undiano hacia la galería FN-86, a la que cortaría a la altura, aproximadamente, del Km 1.700-1.800 (respecto a la galería FN-23A).

Los intentos de caracterizar la influencia de un accidente tectónico importante, como es la falla de Esparza, no han resultado positivos: la columna levantada en la galería LP-06 presenta las características propias de una zona potásica normal, tanto por su contenido en bromo como por la aparición de anhídrita y polihalita simultáneamente, y su alto % en sulfato. No pueden detectarse aquí efectos de posibles soluciones asociadas a la falla.

Por el contrario, en las columnas levantadas en zonas de esterilidad con presencia de transformada la caída del bromo es fulminante, aunque la magnitud del muestreo realizado ha sido incompleto, lo que nos impide ofrecer argumentos adicionales basados en el contenido y mineralogía de los sulfatos o en la relación Sr/SO_4 . Considerando no obstante la amplia distribución de estériles en esta zona de la plataforma de Esparza y la aparente falta de relación con las principales fracturas observables, puede sugerirse la hipótesis de que las esterilidades registradas en esta zona de la mina estén controladas por pliegues al igual que sucede en la C.P. catalana.

En cualquier caso, con la investigación realizada no podemos diferenciar más estas esterilidades respecto a las del borde W de Undiano o de la galería FN-86, aunque aceptamos la hipótesis de que unas sean deposicionales (FN-86), otras influenciadas tectónicamente (plataforma de Esparza) y otras mixtas de borde deposicional acentuado por disolución tardía (zona W de Undiano).

4. ESTRATIGRAFIA Y TECTONICA DE LA CUENCA.

4.1. E S T R A T I G R A F I A .

4.1.1. La Cuenca preevaporítica.

La zona en la que posteriormente se depositaría el yacimiento salino se encuentra sobre la plataforma hasta finales del Eoceno medio en que se produce una rápida subsidencia dando lugar a una sedimentación de carácter profundo prodeltaico (margas de Pamplona), que hacia el NE pasan a facies turbidíticas. Se ignoran las características de los depósitos situados más al SO que aparecen hoy cubiertos por la unidad alóctona de Pamplona, reconocidos únicamente en el sondeo de Muru-Astrain.

Durante el Biarritziense superior las turbiditas se extienden hacia el SO cubriendo el borde septentrional de lo que, en el futuro, será la cuenca salina, dando lugar a una serie de lentos depósitos detríticos que se relevan hacia el Oeste y que hoy dan lugar a los relieves de las sierras de Tabar, Gongolaz y Ardanaz. Localmente, en Yesa, los depósitos dan lugar a facies flysch y en Belascoain hay niveles turbidíticos silíceos o calcareníticos procedentes del SO.

El paso al Priaboniense viene caracterizado por una brusca pérdida de profundidad que da lugar a depósitos detríticos de carácter litoral con ripple-marks en la zona de Tajonar, que se continúan por Cizur hasta Belascoain, y areniscas y calcerenitas en Ardanaz, donde abundan los briozoos, gasterópodos y lamelibranquios neríticos. Esta regresión se relaciona probablemente con los depósitos de yesos en Urbasa, más al Oeste.

Estos depósitos son discordantes desde Cizur hasta Belascoain, como se puede observar en los afloramientos, lo que puede explicar la diferencia de potencias en las margas de Pamplona, cortadas en los sondeos de evacuación de Beriain y los de investigación de hidrocarburos de Cizur y Muru-Astrain.

Tras este episodio se reanuda la sedimentación lutítica con características muy semejantes a las de Biarritziense (margas de Ilundain). La microfauna recogida en estas margas indica que los depósitos son profundos mientras que la presencia

de plicátulas a distintos niveles y de pequeños ostreidos en zonas próximas al techo de la formación, apuntan hacia depósitos someros.

Esto ha dado lugar a distintas hipótesis y discusiones, - ya que la profundidad de la cuenca tiene importancia para determinar el origen de las sales potásicas. Por eso merece la pena hacer algunas consideraciones al respecto.

Las margas de Ilundain son fácilmente meteorizables por - lo que es prácticamente imposible determinar el tipo de - sedimentación en los afloramientos e incluso el rumbo y - buzamiento a menos de que éste venga remarcado por algún nivel turbidítico. Únicamente es posible observar las margas sin meteorizar en los trabajos de interior de la mina donde solamente se tiene acceso a los niveles más altos, - inmediatamente por debajo de la formación evaporítica. En estos aparecen las lutitas finamente laminadas y en los - lechos de sedimentación es frecuente encontrar restos vegetales carbonizados, indicando todo ello un nivel de energía muy bajo. En los estudios realizados para su tesis - doctoral, LAURA ROSELL determina que los depósitos se han realizado en condiciones euxínicas. De todos modos estas observaciones realizadas en los niveles más altos no pueden extrapolarse al conjunto de la formación de Ilundain.

Con respecto a la macrofauna recogida, la Plicátula Pamplonensis, Carez, es bastante frecuente y se encuentra a diferentes niveles. Suele encontrarse concentrada en distintos puntos (Las Tetas de Galar, Ubani, Arraiza, Lizarraga, etc) y raramente aparecen ejemplares aislados. Su presencia puede explicarse en sedimentos profundos teniendo en cuenta su pequeño tamaño (menor de un centímetro) y la delgadez de sus valvas, lo que, unido a la circunstancia de que sus restos aparezcan frecuentemente acumulados permiten suponer que hayan podido ser arrastrados por corrientes débiles. Se han encontrado también dientes de - Odontaspis y Charcharias, en Ubani, que tampoco tienen - que aparecer únicamente en depósitos someros. Es más difícil explicar la presencia de ostreidos de dos o tres centímetros, con valvas relativamente gruesas, en depósitos profundos. Se han encontrado únicamente en Salinas de Pamplona en una zona ya próxima al techo de la formación.

Por último, la investigación sísmica ha puesto de relieve que, a pesar de la uniformidad y falta de estratificación que muestran las margas en sus afloramientos de superficie, existen una serie de horizontes reflectores que permiten determinar con cierto detalle la estructura. Gracias a esta circunstancia, se ha podido comprobar la - existencia de una discordancia situada justamente por debajo de la formación evaporítica. La estructura anterior a la discordancia, que será tratada con mayor detalle en el capítulo de Tectónica, estaba formada por un suave anticlinal con eje ENE-OSO situado hoy a la altura de Arle-

gui, fragmentado por una serie de fallas, muchas de las cuales continuaron activas con posterioridad al depósito de las sales, y otro, mucho más acusado, más al sur, en el borde de la unidad alóctona que se puede determinar en el perfil sísmico PP-17 V de ENIEPSA.

Sin embargo, al muro de las evaporitas, se aprecia el paso gradual de las lutitas laminadas a lutitas con nódulos de anhidrita y a anhidrita laminar ondulada, por último. Este paso gradual no encaja con una discordancia de la importancia de la mencionada. Además un proceso erosivo afectando a un área relativamente amplia no puede coexistir con unas condiciones euxínicas ya que, aunque considerásemos la posibilidad de una erosión submarina, esta supondría unas corrientes bastante intensas que, lógicamente, aportarían oxígeno. Por todo ello, una explicación lógica pudiera ser que, tras el proceso erosivo, tuviera lugar el depósito de los niveles de margas laminadas en condiciones euxínicas en las que se realiza el paso gradual a los depósitos salinos. Realmente es difícil determinar con precisión, a partir de los perfiles sísmicos, si la discordancia se encuentra exactamente en la base del paquete salino o unos metros más abajo.

Como consecuencia de todas estas consideraciones, parece que, tras la regresión fini-biarritziense, la cuenca vuelve a adquirir las características profundas, con depósitos pro-delta, que se mantienen durante el depósito de la formación de Ilundain. Esta fase termina con una pérdida de profundidad acompañada de un proceso tectónico y erosivo. Por último se establece una cuenca marginal con un cuerpo de agua lo suficientemente profundo para mantener condiciones euxínicas con depósito de lutitas que gradualmente irán dando paso a las evaporitas. Es probable que, en este momento, la salinidad era ya suficientemente alta para originar una estratificación por densidad en el agua facilitando la instalación de condiciones euxínicas.

4.1.2. La cuenca salina.

La cuenca primitiva que, lógicamente, formaba una unidad aparece hoy dividida por los procesos tectónicos y la erosión en tres zonas: Javier-Pintano, Izaga-Ibargoiti y El Perdón. El segundo, a su vez, se encuentra dividido en dos por la falla de Loiti, encontrándose la parte meridional sobre el alóctono, aunque el desplazamiento no parece haber sido importante.

La reconstrucción de la cuenca primitiva tropieza fundamentalmente con dos importantes problemas; los desplazamientos sufridos durante el plegamiento que afectan diferencialmente a la parte oriental, y los límites y zonas de borde hoy ocultas o erosionadas. Además el grado de investigación del yacimiento del Perdón no es comparable con el de los otros dos sectores. Sabemos que el desplazamiento del primero ha sido como mínimo de quince kilómetros, mucho mayor que el de Izaga, cuya cuantía es difícil de esta

blecer. Los límites de la cuenca tampoco se pueden determinar con precisión y no se conocen las fácies de los bordes - que nos proporcionarían datos de interés para estudiar su génesis. En el sector del Perdón el yacimiento aflora por el norte, donde la erosión ha hecho desaparecer todo el borde. - Por el sur y oeste fué erosionado en el Oligoceno superior. - Es posible que queden restos inaccesibles bajo el anticlinal de Puente la Reina. En el sector de Ibargoiti, el borde septentrional situado en el sinclinal de Izaga, solamente ha sido reconocido con geología de superficie, que apenas puede proporcionar información por los fenómenos de disolución en los afloramientos, y un número insuficiente de sondeos mecánicos para conocer sus características. Por el sur queda oculto bajo el terciario continental. En Javier el borde septentrional ha desaparecido por la erosión y el meridional queda oculto y, por último en Pintano ambos bordes quedan ocultos. En esta zona solamente se dispone de algunos sondeos para poder delimitar el yacimiento.

Los depósitos salinos.

La estratigrafía de los depósitos ha sido ya descrita en detalle en los capítulos anteriores, de forma que no merece la pena de volver a repetirla. Unicamente los aspectos que tienen importancia para la génesis e historia geológica que conviene resaltar y que son los siguientes:

- a) La desproporción entre la potencia de las sales de muro y la del paquete potásico.
- b) El alto contenido en bromo que indica una fuerte concentración en las salmueras, incluso en las sales de muro.
- c) La uniformidad en todo el yacimiento del Perdón de los ciclos menores que se pueden seguir en importantes distancias, tanto en el paquete de silvinita como en el de carnalita.
- d) La desaparición de los niveles potásicos en toda la extensión del anticlinal transverso, conservándose en algunas zonas la "caja" y apareciendo, en otras, las sales de techo apoyadas directamente sobre las de muro, indicando más un proceso de disolución, la existencia de un hiato.
- e) La existencia frecuente de brechas en el paquete de carnalita.
- f) La abundancia de niveles arcillosos incluidos en los paquetes potásicos y en las sales de techo.
- g) La presencia de nanofósiles indicativos de una conexión con el mar, incluso en las sales de techo.

Las dos primeras observaciones se explicarían, de acuerdo con la opinión de LAURA ROSELL, por una preconcentración de las salmueras, lo que indicaría que el depósito se habría realizado en una cuenca marginal en conexión con otra restringida, a

su vez, comunicada con el mar abierto.

Las tres siguientes indican condiciones de gran estabilidad en gran parte de la cuenca, durante el depósito de las sales, con inestabilidad en el anticlinal transverso, que se iniciaría tras el depósito en condiciones normales de las sales de muro, dando lugar al hiato, para restablecerse la normalidad en el depósito de las de techo. Es posible que la inestabilidad alcanzara mayor extensión durante el depósito de la carnalita y tuviera relación con las brechas sedimentarias. Esta hipótesis tropieza con la dificultad de que, siendo la sedimentación salina muy rápida, en la óptica de tiempos geológicos, significaría una fase de deformación excesivamente brusca, para volver rápidamente a un nuevo equilibrio.

La abundancia de arcillas laminadas indica la frecuencia de épocas con aportes terrígenos de origen fluvial, ya que es impensable que pudieran llegar atravesando el área de preconcentración. El agua dulce que las aportaba flotaría sobre las densas salmueras concentradas, produciéndose la floculación en la lámina de contacto y la sedimentación consiguiente.

La cuenca potsalina finieocena.

Las sales de techo pasan gradualmente hacia arriba a las margas fajeadas. En realidad son arcillas laminadas, con mayor o menor contenido calcáreo de facies semejante a las que aparecen intercaladas entre las sales, con tonos verdes, rojos y grises.

Al techo van apareciendo pequeñas intercalaciones detríticas con ripples que terminan por dominar pasando a las areniscas de Galar. Estas que tienen gran continuidad a todo lo largo de la cuenca primitiva presentan cambios de facies. En la zona de Laquidain son conglomeráticas con cantos dominantes de caliza, y en Indurain e Ilundain, tienen ripple de corriente, fragmentos de conchas y grietas de desecación, estando apoyadas en todo este flanco del sinclinal de Izaga sobre las margas grises directamente. En el otro flanco las areniscas pierden importancia pero se apoyan ya sobre las margas fajeadas.

Al sur de la falla de Loiti tienen ripples de oscilación y moldes de cristales de sal y más al Este huellas de aves. Todo ello indica unos depósitos muy someros y con condiciones de sebja.

En la zona del Perdón no se han observado huellas de aves ni moldes de cubos de sal, lo que no quiere decir que no puedan existir. Abundan los ripples de oscilación y las deformaciones de las partes bajas de los bancos de arenisca (estructuras de sobrecarga). Un estudio de las variaciones de potencia del tramo juntamente con las orientaciones y vergencias de estas deformaciones muestra que la

zona más profunda de la cuenca estaba situada más o -
 menos en el área que luego ocuparía el eje sinclinal -
 del yacimiento, profundizando hacia el Oeste.

Las observaciones mencionadas sobre la profundidad de la cuenca y discordancia presalinas, las características del depósito y su rápida colmatación nos hacen desear la posibilidad de una génesis de los depósitos salinos en aguas someras y cuenca profunda, como en el modelo de Hsü para los depósitos miocenos del Mediterráneo, siendo mucho más probable el de aguas someras en cuenca somera.

La comunicación con el mar abierto debía efectuarse por el norte en condiciones difíciles de establecer ya que únicamente son observables las facies de transición en el sinclinal de Izaga con las dificultades anteriormente apuntadas.

.1.3. Los depósitos fluvio-lacustres oligocenos.

Al techo las areniscas de Galar pasan gradualmente a margas grises lacustres con las que se inicia el Sannoisiense. Las facies van cambiando de este a oeste. En el sector oriental son facies fluvio-lacustres, mientras que en la zona de Ibargoiti desaparecen los paleocanales dando lugar a margas grises (margas de Zabalsa) y en El Perdón predominan las evaporitas con yesos y algunos niveles salinos (yesos de Undiano). La cuenca parece extenderse bastante hacia el oeste, pues los depósitos evaporíticos pueden seguirse en el anticlinal de Puente la Reina hasta más allá de Cirauquí y probablemente sean de este nivel los yesos que afloran en algunos puntos, bajo las areniscas de Mués, a lo largo de la falla de Etayo. La cuenca es bastante subsidente sobre todo en Ibargoiti y El Perdón.

El Stampiense inferior supone un aumento en aportes detríticos con una mayor extensión de las facies fluviales de Javier hacia el Oeste. En El Perdón, sobre los yesos sannoisienses de Undiano reposan discordantemente los conglomerados del Chattiense pero más al sur, en el anticlinal de Puente la Reina, se observa un fenómeno semejante de avance de las facies detríticas fluviales, aunque en este caso provienen del oeste (areniscas de Mués). Todo hace pensar en una mayor actividad tectónica que origina un aumento en la cantidad de detritus.

En el Stampiense superior asistimos a una nueva extensión de las facies lacustres que en la parte occidental vuelven a originar depósitos evaporíticos (yesos de Desojo y Tafalla) mientras que aparece una nueva cuenca fluvial al SE de la sierra de Alaiz, que persistirá largo tiempo, dando lugar en el Chattiense-Aquitaniense a los conglomerados de Izaga y en el Burdigaliense a los

de Izaga y Monte Julio. Avanzado en Stampiense superior, vuelven, en la zona de Cáteda, los paleocanales fluviales a invadir los depósitos lacustres.

Por último, en el Chattiense-Aquitaniense se depositan conglomerados poligénicos en clara discordancia. Se trata de abanicos aluviales con aportes procedentes del norte, que pasan hacia el sur a limolitas con paleocanales de arenisca (Estella, El Perdón, Izaga y Peña)'

4.1.2. Tectónica del yacimiento.

Está situado en la unidad alóctona de Pamplona y, por lo tanto, ha sufrido todas las vicisitudes geológicas del mismo. Su borde meridional se encuentra a unos tres kilómetros del frente de cabalgamiento de la unidad. Los conglomerados discordantes del Chattiense-Aquitaniense lo limitan por Sur y Oeste.

Estructura.

Se conoce con suficiente detalle la estructura, gracias a las labores de interior, sondeos, prospecciones geofísicas y geología de superficie realizadas en diferentes etapas. Únicamente la zona de Subiza es menos conocida, habiéndose realizado geología de superficie, tres sondeos en el yacimiento, dos más para delimitarlo por el Sur y tres perfiles sísmicos sin conexión dentro de la zona, pero no se han realizado aún trabajos de interior. En el momento de redactar este informe se está actualizando y completando la información.

Su estructura queda reflejada en el plano hipsométrico del muro del yacimiento obtenido por la interpretación de los resultados de las dos últimas campañas sísmicas, apoyada en las labores de interior y sondeos existentes, que acompaña el informe final presentado por la Compañía General de Geofísica.

Se puede definir, a grandes rasgos, la estructura como un sinclinal con eje ENE-OSO inclinado hacia el OSO, atravesado por un anticlinal secundario con dirección NO-SE, todo ello con buzamiento relativamente suaves, complicado por una red de numerosísimas fallas de tensión que lo dividen en tres bloques (Guendulain, Beriain-Undiano y Subiza) y cercenado por los conglomerados discordantes. El yacimiento, a su vez, yace discordantemente sobre un anticlinal cuyo eje es más o menos paralelo al del sinclinal descrito se encontraba a unos 500 metros al norte del mismo.

Llama la atención la enorme abundancia de fallas, todas de tensión, aunque algunas pueden tener también una componente horizontal, que afectan al yacimiento y dificultan enormemente su explotación. Algunas se encuentran todavía en carga. No se encuentra ni una sola falla inver-

sa, a pesar de la proximidad por el sur del frente de cabalgamiento de la unidad alóctona sobre la que se encuentra.

Estas fallas pueden clasificarse en tres grupos:

El primero está constituido por fallas con salto importante, que dividen el yacimiento en tres bloques, como se ha indicado: Dos pilares (Guendulain y Subiza) y una fosa entre ambos (Berriain, Zona Sur, Undiano). Este grupo afecta a las demás fallas, siendo por tanto más modernas que todas ellas. Probablemente corresponden a un momento de distensión del alóctono posterior a la fase principal del plegamiento y haberse formado en la misma época que las de Alaiz-Eneriz (posteriormente reavivada por la actividad halocinética y Echaurre).

Las principales son las de Esparza (N 60°E), Undiano (N 70°O), Berriain Norte (N 70°E) y Berriain Sur (N 50°E), con su correspondiente cortejo de fallas satélites. Hay algunas con menor salto, paralelas a la de Berriain Norte, Undiano o Esparza, sobre todo en la parte oriental del yacimiento.

En el segundo se agrupan las fallas que afectan al yacimiento pero que, muchas de ellas, inician su actividad antes del depósito de este. Se han mantenido largo tiempo vivas. Los saltos, de menor importancia que en las del grupo anterior, van disminuyendo gradualmente hacia arriba.

Se encuentran concentradas fundamentalmente en la fosa de Berriain, no siendo frecuentes en la zona de Guendulain ni, por la información de que se dispone hasta ahora, en la de Subiza. Los rumbos son bastante uniformes, paralelos a la estructura del yacimiento y al anticlinal presalino, que se encuentra bajo este. Están comprendidos entre N 70°E y N 80°E.

Resulta difícil determinar las circunstancias que han dado lugar a una fracturación tan intensa de la estructura, al mismo tiempo que la uniformidad en la dirección de las fallas de este grupo. Es indudable que, por la orientación que tienen, han sufrido un giro durante el desplazamiento del alóctono hacia el sur, lo mismo que los pliegues a los que son paralelas o la sierra de Alaiz, por lo que debieron iniciarse antes de que comenzara el desplazamiento principal.

Las evaporitas del Keuper, evidentemente, han jugado un importante papel en el desplazamiento de la unidad alóctona, facilitando el deslizamiento de esta sobre el autóctono. Sin embargo, en el sondeo de investigación de hidrocarburos de Muru-Astrain, el espesor de Keuper atravesado fue realmente pequeño y no es comparable con las potencias encontradas en el sondeo de Zabalegui situado al norte de la sierra de Alaiz.

Los diapiros que jalonan el accidente Estella-Elizondo han mantenido su actividad hasta bien entrado el Mioceno, como lo demuestra el levantamiento de los conglomerados del

Chattiense-Aquitaniense en los bordes de los de Estella, - Alloz y Salinas de Oro. La actividad de estos diapiros se - ha alimentado, en gran medida, durante el Terciario con el desplazamiento hacia ellos de los yesos y sales del Keuper de la parte occidental de la unidad de Pamplona.

Estas consideraciones, así como la coincidencia del área de mayor intensidad de fracturación con la situación del anticlinal priaboniense ya citado, sobre el que yacen discordantemente los niveles salinos, permite aventurar la hipótesis de que tuviera éste un núcleo salino, al igual que el del anticlinal de Zabalegui, del que bien pudo ser la continuación antes del desplazamiento diferencial del alóctono y - que paulatinamente los materiales del núcleo hayan ido emigrando hacia un determinado diapiro, dando lugar al colapso de la estructura al vaciarse el núcleo, pudiendo ser el origen del proceso de actividad de las fallas de este grupo.

Por último, el tercer grupo está constituido por fallas que no han afectado al yacimiento por ser anteriores al depósito de éste. La más importante parece estar relacionada con la falla de Belascoain, que se inicia en el diapiro de Salinas de Oro. Afecta a algunas de las fallas del grupo anterior y es afectada por otras. Es decir, que se desarrolló dentro del período de formación de éstas pero dejó de ser activa antes que se produjera el depósito de las sales. En el borde septentrional del yacimiento tiene dirección E-O, pero gira gradualmente hacia el SE, alcanzando en la parte Sur del yacimiento el rumbo N 30°0.

Como se ha indicado, la discordancia chattiense ha limitado el yacimiento por el Sur, a la altura de Muruzabal, Adios y Biurrun y por el Oeste por una línea que iría de Puente la Reina a Arraiza. Posteriormente los conglomerados forman un suave sinclinal y anticlinal con ejes buzando hacia el OSO, situados a ambos lados de la falla de Subiza Norte y paralelos a ella, dando la impresión de que esta deformación ha sido debida a desplazamientos post-aquitanienses verticales producidos en la falla.

El conjunto detrítico chattiense-aquitaniense queda limitado por el Sur por la falla de Eneriz, que se inicia en - - Alaiz con salto relativamente pequeño que se ve multiplicado por la actividad halocinética de los yesos sanoisienses, que acaban vertiéndose sobre el mioceno.

4.2.2. Evolución tectónica de la Unidad de Pamplona.

De acuerdo con los resultados del sondeo de Astrain realizado por ENIEPSA, las observaciones geológicas de superficie, la investigación realizada a la que se refiere este informe y el sondeo de P. la Reina UP1 y UP2, hemos interpretado el perfil sísmico PP-17V de ENIEPSA que sigue la carretera de Pamplona a Puente la Reina y se prolonga hacia el Sur hasta las proximidades de Larraga.

De este corte se desprende que la unidad de Pamplona se ha desplazado un mínimo de 15 Km hacia el sur. Por consideraciones geométricas de la unidad no parece que este desplazamiento sea mucho mayor.

El difícil determinar el momento en que tiene lugar este desplazamiento. De todos modos la investigación realizada permite aportar algunos datos a la datación de la secuencia de pulsaciones del plegamiento de esta zona.

En el Luteciense se inician ya los primeros movimientos en los que se comienzan a perfilar los anticlinales que más tarde darán lugar a las sierras de Leyre, Navascués y Alaiz.

Una segunda fase puede estar definida por la regresión finibiarritziense que origina las discordancias de las areniscas de Cizur, que puede ser de una cierta importancia en la parte occidental de la cuenca a juzgar por las variaciones de potencia de las margas de Pamplona entre los sondeos de evacuación de Beriain y el de investigación de hidrocarburos de Cizur.

Una tercera fase vendría definida por la discordancia determinada por la investigación por debajo del depósito salino. Tendría lugar al final del Priaboniense. En ésta se producirían las fallas del sistema de la de Belascoain.

La actividad de las fallas se continúa, como se ha descrito anteriormente, lo que parece indicar que se trata de una pulsación que se continúa en el tiempo y pudiera señalar el principio del desplazamiento hacia el sur. Sin embargo no se han observado discordancias apreciables en los depósitos de yesos del Oligoceno (formación de Undiano), lo que hace sospechar que el movimiento de desplazamiento se efectúa posteriormente al depósito de éstos.

Desgraciadamente la discordancia de los conglomerados del Perdón supone la erosión de los depósitos posteriores (Stampiense-Chattiense), por lo que solamente se puede afirmar que el desplazamiento principal tuvo lugar entre el Sannoisiense superior y el Chattiense inferior, sin poder precisar más.

Los movimientos continúan durante el Aquitaniense en que se origina la falla Alaiz - Puente la Reina y el desbordamiento de los yesos Sannoisienses sobre los depósitos fluviales aquitanienses. Esta falla ofrece una curvatura entre Eneriz y Puente la Reina, que parece indicar que durante el desbordamiento de los yesos todavía continuaba, ya muy amortiguado, el desplazamiento del alóctono hacia el sur. Los pliegues suaves en los conglomerados con dirección ENE, dirección que no se observa en el resto de la cuenca, lo confirman.

A partir del Burdigaliense la actividad ha cesado prácticamente continuando únicamente los movimientos halocinéticos.

cos originados por los yesos.

Las tensiones que se observan en algunas fallas en el yacimiento indican que los movimientos de reajuste aún no han terminado.

4.2.3. La tectónica del resto de la cuenca.

El yacimiento ha sido erosionado desde Beriain hasta Monreal. A partir de aquí aparece dividido por el cabalgamiento de Loiti. Al norte forma el flanco meridional del sinclinal de Izaga, mientras que al sur buza de 40° a 50° al sur de forma bastante uniforme con rumbo casi paralelo a la falla aflorando desde Monreal hasta Sengariz. A partir de este punto queda oculto por el terciario continental hasta Liédena y luego hasta Javier. El afloramiento se puede seguir hasta Ruesta donde una falla de tensión NNE-SSO lo interrumpe contra las margas priabonienses desplazándolo hacia el Sur donde continua por breve espacio. En este sector oriental forma un sinclinal (Javier-Undués) y un anticlinal, quedando limitado por el sur por la falla de Sangüesa.

5. CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de la investigación era estudiar las posibilidades de explotación del permiso de investigación "Borde Oeste".

Este permiso se solicitó ante la posibilidad de existencia de una subcuenca potásica situada al oeste de la hasta entonces reconocida y separada de ella por un anticlinal transversal, que podía haber actuado como umbral durante la deposición.

Con objeto de comprobar esta hipótesis hacía falta, en primer lugar, conocer la estructura y límites del yacimiento salino, lo que, debido a quedar oculta por la deposición discordante de sedimentos fluviales Chattiense-Aquitaniense, era imposible de controlar con medios geológicos. Por tanto, la primera fase de la investigación consistió en un reconocimiento sísmico que permitió definir la estructura y límites del yacimiento y la existencia de paquetes salinos, en los que era imposible determinar la existencia o no de sales potásicas.

Complementada la información sísmica realizada sobre el Borde Oeste con la obtenida anteriormente en el resto del yacimiento, se delimitó una zona con una superficie total de 8.770.000 m², definida por los criterios enunciados en el punto 2 del informe de implantación del sondeo de Uterga. La superficie total y las reservas posibles dependían de:

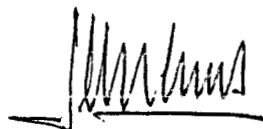
- a) que existiera o no el paquete potásico y su potencia y ley
- b) que las leyes de velocidad utilizadas en el informe de interpretación de la prospección sísmica fueran correctas o no.

Para la comprobación de estos puntos era precisa la realización de un sondeo que, tras una serie de consideraciones, se decidió implantar en Uterga, en el cruce de los perfiles sísmicos P-2 y PER-11, a unos 400 metros de distancia de la culminación del anticlinal transversal, por ser el punto que podía suministrar información más definitiva sobre la influencia del anticlinal. En caso de que los resultados fueran esperanzadores, se intentaba comprobar, desde el mismo emplazamiento, la continuidad del paquete potásico mediante la desviación del sondeo por debajo de los niveles discordantes.

Realizado el sondeo, los resultados nos indican unas condiciones de sedimentación similares a las del sondeo 15, que, a su vez, es asimilable a lo encontrado a lo largo

de la galería FN-86, sin embargo de estar este sondeo situado sobre un pilar tectónico, activo durante el depósito, y el de Uterga en una fosa, en condiciones hipotéticamente mejores debido a su proximidad al sinclinal principal.

Todo esto indica que realmente el anticlinal ha funcionado como umbral y que, como mínimo, ha originado una franja de esterilización de un kilómetro de anchura (que bien puede prolongarse en toda la subcuenca), que reduce sustancialmente la superficie total con posibilidades potásicas y que hace que no sea procedente la continuidad de la investigación del permiso Borde Oeste.



BERIAIN, Noviembre de 1984

INDICE DE FIGURAS

1. Cuenca potásica Navarro - Aragonesa.
 - a) Distribución por zonas.
 - b) Disposición actual de las evaporitas.
 - c) Esquema geológico simplificado.
 2. Corte de Urroz.
 3. Distribución de contenidos de Br en la sal de muro.
 4. Cuenca del Perdón. Contenidos en Br del tramo evaporítico.
 5. I. Sísmica. Posición de la discordancia Miocena.
 6. I. Sísmica. Respuesta sísmica del Ludense.
 7. Sección sísmica del perfil P.1.
 8. Sección sísmica del perfil Per-8.
 9. Investigación Borde Oeste. Macizo de protección.
 10. Investigación Borde Oeste. Zona explotable.
-

B I B L I O G R A F I A

- (1) DEL VALLE A.: Investigación de sales potásicas en Navarra. Bol. IGME LI:89-107 (1929).
- (2) DEL VALLE A.: Descubrimiento de la Cuenca Potásica de Navarra. Notas y comunicaciones IGME IV: 3-21 (1932).
- (3) MELGAR, J; ROJAS, B.: Investigación de potasas en la zona Subpirenaica. Informe interno ENADIMSA 1965.
- (4) DEL VALLE J.: Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 141 Pamplona. Serv. Pub. Min. Ind. (1978).

-
- CASTIELLA, J. ; SOLE, J.; DEL VALLE, J, (1978): Mapa Geológico de Navarra Es. 200.000. Cartografía geológica a partir de la investigación geológica de Navarra a E. 1:25000 D.F.N.
 - MANGIN, J. (1959-60). Le Nummulitique Sud-Pyrénéen a l' Ouest de l'Aragon. Pirineos. 51-58:1-631.
 - PUIG DE FABREGAS, C (1975): La Sedimentación Molásica en la Cuenca de Jaca o C.S.I.C. Mon. Inst. Est. Pirenaicos. Pirineos 104.
 - PUIG DE FABREGAS , C; ROJAS, B; S. CARPINTERO, I; DEL VALLE, J, (1978): Mapa Geológico de España. E. 1:50.000 - 2^a Serv. 1^a ed. Hoja n° 142. AOIZ. IGME. Serv. Pub. Min. Ind.
 - RIBA, O; PEREZ MATEOS, J (1961) sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la cuenca terciaria - del Ebro (Navarra). Inst. Ed. 2^a Rem. Grupo Esp. Sed. Sevilla.
 - ROSSELL ORTIZ, L. (1983). Estudi petrologic , sedimentologic i geoquimic de la formacio de sals potassiques de Navarra (Eoce Superior). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

B I B L I O G R A F I A

- (1) DEL VALLE A: Investigación de sales potásicas en Navarra. Bol. IGME LI:89-107 (1929).
- (2) DEL VALLE A.: Descubrimiento de la Cuenca Potásica de Navarra. Notas y comunicaciones IGME IV: 3-21 (1932).
- (3) MELGAR, J: ROJAS, B.: Investigación de potasas en la zona Subpirenaica. Informe interno ENADIMSA 1965.
- (4) DEL VALLE J.: Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 141 Pamplona. Serv. Pub. Min. Ind. (1978).

-
- CASTIELLA, J. ; SOLE, J.; DEL VALLE, J, (1978): Mapa Geológico de Navarra Es. 200.000. Cartografía geológica a partir de la investigación geológica de Navarra a E. 1:25000 D.F.N.
 - MANGIN, J. (1959-60). Le Nummulitique Sud-Pyrénéen a l'Ouest de l'Aragon. Pirineos. 51-58:1-631.
 - PUIG DE FABREGAS, C (1975): La Sedimentación Molásica en la Cuenca de Jaca o C.S.I.C. Mon. Inst. Est. Pirenaicos. Pirineos 104.
 - PUIG DE FABREGAS , C; ROJAS, B; S. CARPINTERO, I; DEL VALLE, J, (1978): Mapa Geológico de España. E. 1:50.000 - 2ª Serv. 1ª ed. Hoja nº 142. AOIZ. IGME. Serv. Pub. Min. Ind.
 - RIBA, O; PEREZ MATEOS, J (1961) sobre una inversión de aportes sedimentarios en el borde norte de la cuenca terciaria - del Ebro (Navarra). Inst. Ed. 2ª Rem. Grupo Esp. Sed. Sevilla.
 - ROSSELL ORTIZ, L. (1983). Estudi petrologic , sedimentologic i geoquimic de la formacio de sals potassiques de Navarra (Eoce Superior). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.