

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

INFORME SEDIMENTOLOGICO

HOJA Nº 384 (28-15)

FUENTES DE EBRO

Autor:

Santos García, J.A. (ENADIMSA)

Julio, 1991

INDICE

	<u>Página</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
2.- <u>COLUMNAS REALIZADAS</u>	3
3.- <u>UNIDAD BASAL ARCILLOSA</u>	5
3.1.- <u>Características principales</u>	5
3.2.- <u>Carbonatos</u>	6
3.3.- <u>Arcillas y margas</u>	7
3.4.- <u>Interpretación</u>	9
4.- <u>UNIDAD EVAPORITICA</u>	11
4.1.- <u>Características principales</u>	11
4.2.- <u>Yesos</u>	13
4.2.1.- <u>Estructura</u>	13
4.2.2.- <u>Textura</u>	15
4.3.- <u>Arcillas y margas</u>	16
4.4.- <u>Interpretación</u>	18
5.- <u>UNIDAD CARBONATADA</u>	19
5.1.- <u>Características principales</u>	19
5.2.- <u>Interpretación</u>	20
6.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	21

1.- INTRODUCCION.-

La cuenca del Ebro se configura como una cuenca tardía de antepaís, relacionada con la evolución del Orogéno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS, et al. 1986), actuando como margen tectónicamente activo, desde fases muy tempranas.

Además, en el margen meridional se sitúa una cadena alpina intracratónica (la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana), por lo que esta cuenca carece de borde pasivo y en cierto modo, se configura como una doble cuenca de antepaís.

En consecuencia, existe una estrecha relación entre sedimentación y tectónica pues la geometría, estructura, etc., de los depósitos que rellenan la cuenca, se encuentra controlada por la evolución del diastrofismo en las cordilleras adyacentes. Así, la mayor o menor subsidencia, distribución de ambientes sedimentarios, migración de los depocentros, etc., depende directamente del tipo y edad de las estructuras pirenaicas e ibéricas.

Esto explica que los depocentros se sitúen en el borde septentrional de la cuenca, como consecuencia del mayor tamaño y desplazamiento de los mantos en este borde y que, la migración de la edad de la deformación principal en sentido E-O, se marca en el registro sedimentario por la mayor antigüedad de los primeros depósitos sinorogénicos en la zona catalana.

Los mapas de isobatas de la base del Terciario (C.G.S., 1975; ENADIMSA, 1978 y ENRESA, 1987) permiten situar la máxima subsidencia a lo largo del borde norte de la cuenca, donde se alcanzan espesores entre 4000 y 5000 m, destacando la existencia de dos cubetas con mayor subsidencia: la de Navarra La Rioja y la de Cataluña, que se encuentran separadas por la zona central o "Alto Aragones". Sin embargo, en la parte sur de la cuenca el espesor no llega a 1000 m (figura 1).

El esquema propuesto por QUIRANTES (1978) agrupa los materiales en tres formaciones diferentes que denomina: "Formación Sariñena", "Formación Zaragoza" y "Formación Alcubierre".

La Fm. Sariñena comprende los depósitos del sector septentrional de la cuenca. La Fm. Zaragoza engloba los depósitos, fundamentalmente evaporíticos, de las áreas de Zaragoza, Almudebar y Bujaraloz; y la Fm. Alcubierre abarcaría los materiales detrítico-carbonatados y yesíferos de la sierra que da nombre a la formación y que representa la culminación estratigráfica del conjunto.

Con posterioridad ARENAS et al. (1989) sitúan dos rupturas sedimentarias, una a techo de la Fm. Zaragoza y otra en la parte superior de la Fm. Alcubierre, definiendo por tanto tres unidades tectosedimentarias dentro de los depósitos superiores que rellenan la cuenca del Ebro.

La Hoja 384 (Fuentes de Ebro) se encuadra dentro de los depósitos terciarios de la cuenca del Ebro, estando situada en su parte central, donde afloran materiales pertenecientes al Mioceno.

Los afloramientos a excepción del escarpe del río Ebro, donde existen cortes de casi 100 m, se presentan mal conservados y generalmente, aparecen enmascarados por depósitos cuaternarios (glacis, terrazas, limos yesíferos, etc.) que ocupan la mayor parte de la superficie de la hoja.

El objetivo fundamental de este informe es la caracterización de las distintas unidades miocenas, a partir del análisis secuencial y del establecimiento de las relaciones verticales y laterales de asociación de facies, con el fin de obtener una primera aproximación sobre las características sedimentológicas de cada unidad (tipos petrológicos, facies, secuencias, ambiente sedimentario, etc.).

Se han diferenciado tres unidades:

- a) **Unidad Arcillosa Basal**, cuya representación en la hoja es muy reducida.
- b) **Unidad Evaporítica**, que ocupa la casi totalidad de los afloramientos terciarios.
- c) Unidad constituida por margas, arcillas y finos niveles calizos, que denominamos **Unidad Carbonatada** y correspondería a la parte superior de la Fm. Zaragoza de QUIRANTES (1978), cuyas principales características son analizadas a continuación.

2.- COLUMNAS REALIZADAS.-

Con el fin de obtener las secciones mas representativas de las unidades terciarias presentes en esta hoja y una vez analizados los afloramientos existentes, se puede observar que la mayoría de las secciones se ubican en las proximidades de ambos márgenes del río Ebro, ya que es donde la erosión ha incidido más y en consecuencia, se puede obtener registro de un mayor espesor de serie.

Resulta de gran interés controlar las variaciones laterales y cambios de facies en cada unidad, por lo que dentro de las limitaciones de afloramientos existentes, se ha intentado controlar dichas variaciones a través de las secciones situadas al N. del Ebro (dirección NO-SE) y compararlas con las realizadas al S. del mismo (dirección N-S).

La ausencia de secciones al NE. y SO. de la hoja, que corresponden a las zonas de mayor cota, se justifica por la falta de afloramientos de cierta entidad, que permitan obtener un registro minemamente significativo, ya que se encuentran casi totalmente cubiertas por depósitos cuaternarios (glacis, derrubios de ladera, coluviales, etc.).

A las limitaciones señaladas en lo que antecede, se debe añadir el problema adicional que supone la elevada tasa de meteorización, que afecta tanto a la estructura y textura, como a la composición de las facies evaporíticas, que constituyen la casi totalidad de los depósitos presentes, lo que dificulta en gran medida su reconocimiento.

Las secciones realizadas se han levantado en detalle, intentando plasmar todos aquellos rasgos que puedan contribuir a una mejor caracterización de las mismas, quedando representadas graficamente, en las correspondientes **"Columnas estratigráficas de detalle"** a escala 1/200.

Las secciones levantadas corresponden en su mayoría a la U. Evaporítica, ya que no existen afloramientos suficientes, que permitan el levantamiento de secciones en la U. Carbonatada, por lo cual, se ha realizado una columna sintética (figura 5) de esta unidad, obtenida a partir de afloramientos puntuales, con el fin de indicar las pautas y tendencias generales de la misma.

En la U. Arcillosa Basal se han realizado dos secciones en cantera que caracterizan la parte más alta de la misma.

El total de metros de serie levantados ha sido de 458'73, distribuidos en 11 columnas del modo siguiente:

COLUMNA	COTA MURO	COTA TECHO	POTENCIA	UNIDAD
Monte Aguilar	200	226'31	26'31	Arcillosa Basal
Villafran. de Ebro	222	277'50	55'50	Evaporít.
Casino	203	289'95	86'95	Evaporít.
Fuentes-I	260	269'25	9'25	Evaporít.
Fuentes-II	265	279'06	14'06	Evaporít.
Cª Mediana de Aragón	240	314'88	74'88	Evaporít.
Puebla de Alfinden	232	252'67	20'67	Evaporít.
Alfajarin	200	242	42	Evaporít.
Primoral	225	301'5	76'50	Evaporít.
Canteras	195	205'58	10'58	Arci. Bas.
Sintética	358	400	42	Carbonat.

Se ha tomado un total de 74 muestras, de las cuales, 38 corresponden a láminas delgadas para petrografía, 18 para análisis por rayos-X y las 18 restantes para levigados.

3.- UNIDAD ARCILLOSA BASAL.-

Constituye la unidad mas baja aflorante en la hoja y está formada por un conjunto fundamentalmente arcilloso que tiene escasa representación, aflorando unicamente en la parte suroriental, en ambas márgenes del rio Ebro, con un espesor máximo de 40 m y reducidos afloramientos que impiden su caracterización.

En la hoja contigua por el E. (Castejón de Monegros, nº 385), se situa esta unidad debajo de la U. Evaporítica con un contacto paraconforme, diferenciandose dos niveles cartográficos que en la hoja de Fuentes no es posible caracterizar, siendo lo más probable que corresponda al nivel cartografiado más alto.

El nivel inferior está formado por arcillas rojas y gris verdosas, con intercalaciones lenticulares de yeso alabastrino, con una potencia máxima observada de 10-20 m.

El nivel superior corresponde a arcillas rojas y gris verdosas marmorizadas y alguna capa fina de caliza (25- 40 cm) de aspecto tabular, con bioturbación y "burrows" verticales, que petrográficamente se clasifican como mudstones con Charáceas y fragmentos de Gasterópodos.

En el nivel superior se caracteriza la presencia de Rhabdochara pruelangeri Castel, típicamente oligocena (Chattiense) y de Ratziniella nitida GRAMB. que limita la base del Mioceno (Aquitaniense), por lo cual, a esta unidad se la atribuye edad Oligoceno-Mioceno, o base del Mioceno (SOLA, J. et al. 1990), lo cual concuerda con los datos obtenidos en las muestras levigadas en la sección "Canteras" que dan edad Mioceno Inferior (Ageniense alto).

3.1.- Características principales.-

Esta unidad está formada por una alternancia de margas y arcillas con niveles yesíferos intercalados, mucho mas frecuentes en la parte inferior y que hacia techo presenta intercalaciones carbonatadas, que en ocasiones llegan a dar pequeñas tablas calizas (5-40 cm).

Los yesos corresponden generalmente a nódulos de yeso alabastrino dispersos en las facies margo-arcillosas, dando en ocasiones niveles más o menos lentejonares de yeso, de aspecto sacaroides

y masivo, con abundante desarrollo de estructuras nodulares.

Los carbonatos suelen situarse en la parte superior de secuencias de somerización, que aparecen bien desarrolladas en la zona de techo.

En la sección 10 (figura 2) la serie está formada por una alternancia de margas y arcillas con intercalación de niveles yesíferos centimétricos, presentando algún episodio carbonatado en la parte central.

Es frecuente el desarrollo de yeso fibroso secundario (aproximadamente de 1 cm de espesor), ocupando fisuras en todas las direcciones, que se hace más patente en los niveles margo-arcillosos.

En la sección 01 (figura 2) la mitad inferior presenta una alternancia de margas y arcillas con niveles yesíferos intercalados, mientras que en la mitad superior se pueden caracterizar seis secuencias de somerización, con un término arcilloso que gradualmente hacia techo se enriquece en carbonatos, llegando a formarse finas capas calizas (10-40 cm).

Esta unidad al sur del río Ebro no presenta afloramientos en los que se puedan realizar series minimamente representativas, aunque globalmente, las características de los pocos puntos observables se mantienen muy similares a las indicadas en el N. del río.

3.2.- Carbonatos.

Los carbonatos presentes en esta unidad corresponden a calizas que en su mayor parte son micritas fosilíferas con frecuentes Gasterópodos, Charáceas y Ostrácodos.

Los Gasterópodos se encuentran por lo general como moldes, con la zona interna disuelta o rellena de cemento yesífero, mientras que las Charáceas y Ostrácodos suelen conservarse mejor.

Esta gran diferencia de conservación podría explicarse por la distinta composición mineralógica, ya que los Gasterópodos pulmonados según BOGILL (citado en COX, 1960), presentan composición aragonítica con textura "crossed-lamella", mientras que los Ostrácodos y Charáceas, tienen las partes duras constituidas en su mayor parte por calcita de bajo contenido en Mg.

De esta forma es altamente probable que, en la evolución postdeposicional de estas facies el aragonito se disuelva o invierta a calcita, en función del grado de saturación ($e\text{CO}_3\text{Ca}$) del medio, y sin embargo, los Ostrácodos y Charáceas (calcíticas) conservan sus texturas, aunque se puede observar una incipiente micritización.

Es frecuente la existencia de porosidad móldica y en ocasiones, se aprecia un cierto aspecto laminado que podría ser de origen algáceo.

Algunas muestras carecen de restos fósiles o estos se encuentran en muy pequeña proporción, dando facies micríticas monótonas y homogéneas con concentraciones diferenciales de materia orgánica.

También se ha caracterizado alguna muestra que corresponde a arcillas carbonatadas, cuyo aspecto es una gran masa arcillosa, más o menos fisurada, en la que es frecuente la existencia de cristales dispersos de calcita (de unas 50 micras), así como pequeñas venas con concentración de cristales.

Destaca la presencia de una dolomicrita de textura muy fina, con algunos detríticos dispersos y masas de aspecto dendroide de materia orgánica, que podría corresponder a un proceso de dolomitización en relación con niveles yesíferos, ya que, la dolomita es difícil que se forme por precipitación directa, dada su baja velocidad de nucleación y crecimiento, siendo más probable la transformación penecontemporánea de la calcita existente en protodolomita, como resultado de una diagénesis vadosa (MULLER et al. 1975), además al ser muy frecuentes en la serie las intercalaciones de rocas yesíferas, es factible aceptar el enriquecimiento diferencial en Mg^{2+} que permita la dolomitización.

3.3.- Arcillas y margas.-

La litología más frecuente en esta unidad está formada por lutitas, arcillas y margas y todo tipo de materiales intermedios como lutitas arcillosas, arcillas margosas, etc., que hemos agrupado bajo la denominación de arcillas y margas en las secciones realizadas, ya que una caracterización detallada de las mismas rebasa los objetivos de este trabajo.

Los resultados obtenidos en la estimación semicuantitativa, por difracción de rayos-X se indican en el siguiente cuadro:

FRACCION
< 37 micras

FRACCION
< 20 micras

MUESTRA	Dol.	Cal.	Q.	Yeso	Fil.	Caol.	Mont.	Mic.
01-01-04	45	-	<5	<5	50	10	50	40
01-01-03	45	10	<5	<5	40	10	55	35
01-01-02	40	10	<5	<5	45	10	65	25
01-01-01	25	15	<5	<5	55	10	55	35
10-01-05	<5	60	5	-	30	15	55	30
10-01-04	10	20	10	-	60	10	55	35
10-01-03	10	-	10	-	80	5	75	20
10-01-02	55	-	<5	-	40	10	55	35
10-01-01	20	-	<5	-	75	10	60	30

Dol.= Dolomita; Cal.= Calcita; Q.= Cuarzo; Fil.= Filosilicatos
Caol.= Caolinita; Mont.= Montmorillonita y Mic.= Micas.

Que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Los contenidos en carbonatos son más elevados en la sección 01 que en la 10, dominando casi siempre la dolomita sobre la calcita.
- Las proporciones de cuarzo y yeso son muy reducidas.
- El contenido en filosilicatos oscila entre 30 y 80%, siendo más uniforme en la sección 01 que en la 10, donde se aprecian los valores más extremos.
- La fracción menor de 20 micras presenta una elevada proporción de montmorillonita (50-75%) y valores bastante constantes de micas (20-40%) y de caolinita (10%).

La presencia de un contenido elevado en dolomita, es posible explicarla por las frecuentes intercalaciones yesíferas, que favorecen un enriquecimiento diferencial en Mg^{2+} permitiendo la dolomitización durante la diagénesis.

La existencia de valores muy constantes de caolinita y dado que en un medio rico en sales solubles no se puede formar (MILLOT, 1964), permite pensar en un origen heredado, aunque su génesis

y conservación dependen de muchos factores que no pueden ser considerados a nivel de este estudio.

Las micas, fundamentalmente illita y clorita según datos regionales, parece que son heredadas y al tratarse de un medio alcalino podrían conservarse bien.

Por último, la mayor proporción de minerales de arcilla corresponde a esmectitas (montmorillonita), cuyo origen puede ser muy variado, siendo difícil precisar si se trata de minerales heredados o resultantes de neoformación o transformación. No obstante, en condiciones de salinidad elevada y aguas alcalinas, como las existentes en un medio lacustre evaporítico y siempre que la lámina de agua se conserve mínimamente, pueden preservarse las esmectitas detríticas y neoformarse a partir de cloritas (SAEZ et al. 1988) e illitas (GONZALEZ, 1982), lo cual podría explicar la elevada proporción de montmorillonita presente.

En consecuencia, el análisis de los depósitos de arcillas y margas permite atribuir la presencia mayoritaria de dolomita en algunos niveles, a la existencia de procesos diagenéticos en relación con episodios de bombeo evaporítico, desarrollados en ambiente lacustre somero.

Respecto a los minerales de la arcilla, pueden considerarse la mayoría como heredados, aunque una cierta proporción de las esmectitas (montmorillonita) pueden ser de neoformación, como indica GONZALEZ LOPEZ, et al. (1990) en áreas más al SE.

3.4.- Interpretación.

La U. Arcillosa Basal presenta una serie de características que permiten determinar someramente las principales pautas de la sedimentación.

Se aprecia un paso gradual desde la parte inferior, en la que predominan arcillas y margas con intercalaciones centimétricas de yeso y reducidos episodios con presencia de niveles carbonatados, de muy escaso espesor y pequeña continuidad lateral, hacia la parte superior en la que comienzan a desarrollarse secuencias de somerización, que finalizan en capas calizas de mayor continuidad lateral, siendo muy escasa la presencia de yeso.

Este paso gradual, según las características observadas en las facies yesíferas, carbonatadas y arcillosas, permite atribuir la parte inferior a un ambiente lacustre de muy escasa profundidad,

en el que se producen frecuentes oscilaciones de la lámina de agua, dando lugar a zonas palustres en las que pueden circular salmueras, con precipitación de yeso por crecimiento intersticial en fases tempranas de la diagénesis, a la vez que en determinados momentos, se precipitaria bajo lámina de agua, dando niveles más tabulares y continuos.

En algunas zonas pueden quedar pequeños episodios lacustres palustres aislados, con precipitación de carbonatos en áreas marginales.

La existencia de mayor proporción de esmectita (montmorillonita) en las facies arcillosas, que de illita (micas), ha sido interpretada como propia de un ambiente lacustre con influencia evaporítica (SAEZ et al., 1988), lo cual confirma las características deducidas de las facies yesíferas y carbonatadas.

La parte superior presenta depósitos arcillosos y carbonatados, dando típicas secuencias de somerización, que caracterizan un ambiente lacustre palustre de agua dulce, donde los episodios evaporíticos están casi ausentes y casi siempre corresponden a crecimientos intersticiales por circulación de salmueras.

En consecuencia se observa una evolución en vertical hacia la desalinización del medio, donde predominan las zonas lacustres palustres de agua dulce y se aprecian rasgos de edafización en las arcillas, o lo que es lo mismo, se pasa de un ambiente lacustre con influencia evaporítica, a un ambiente de agua dulce.

En la parte superior de la unidad, y en la hoja colindante de Castejón de Monegros (385), se describe un microkarst de buena continuidad lateral, que interpretan como un paro sedimentario, lo que puede indicar una discontinuidad con la U. Evaporítica suprayacente.

4.- UNIDAD EVAPORITICA.-

Esta unidad aflora a lo largo y ancho de toda la hoja, a excepción de una banda de dirección NO-SE. que la atraviesa y corresponde al cauce actual del río Ebro y a la superficie ocupada por las terrazas más modernas. No obstante, amplias zonas de la misma se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios (glacis, terrazas, vales, etc.) que dan lugar a afloramientos discontinuos.

Su edad, basandonos en el resultado obtenido en los levigados de la sección 10, permiten atribuir una edad Ageniense alto para la parte aflorante más baja, mientras que el resto de la unidad, podría extenderse hasta el Aragoniense inferior-medio, con lo que puede situarse de forma aproximada en el Mioceno inferior-medio, equivalente a la edad atribuida a la Fm. Zaragoza de QUIRANTES (1978), Mioceno (?) -Aragoniense medio.

4.1.- Características principales.-

Esta unidad está constituida por yesos (en proporciones que por lo general superan el 85%), a los que se asocian margas y muy raramente lutitas y carbonatos, no habiéndose observado intercalaciones de detríticos más gruesos en cantidades significativas.

El yeso presenta un aspecto muy monótono en toda la superficie de la hoja, estando constituido fundamentalmente por yeso blanco alabastrino con estructura nodular, pudiendo presentar los rasgos típicos de la estructura "en turrón", o como nódulos aislados inmersos en una matriz yesífera o margosa y también, dando lugar a bancos de yeso alabastrino bastante homogéneos.

De forma esporádica se identifican estructuras de yeso megacristalino, que suele ser secundario.

Las margas y lutitas asociadas a los yesos, suelen presentar tonos pardo-grisáceos y corresponden a la matriz entre nódulos, o bien, dan lugar a finos niveles alternando entre los yesos con estructuras laminadas, que con frecuencia están surcadas por venas de yeso fibroso secundario.

En esta unidad se han cartografiado 4 tramos diferentes. Al sur del Ebro se diferencian tres, los dos inferiores formados por arcillas gris-verdosas y pardo-marrones respectivamente, con algunas intercalaciones de yeso nodular alabastrino, cuya

potencia no sobrepasa los 40 m, y un tercer tramo fundamentalmente yesífero, con escasas intercalaciones de margas y arcillas que alcanza potencias superiores a 60 m.

Al N. del Ebro también se han representado tres tramos. El inferior corresponde a los dos más bajos de la parte meridional, que en esta zona no son diferenciables, y presenta una potencia máxima de unos 40 m. Encima se sitúa el tramo fundamentalmente yesífero (60-80 m) y sobre el, un tercer tramo de alternancia de margas y yesos (máximo 30 m. de potencia), que no aparece al S. de la hoja.

Es decir, de muro a techo se diferencian:

- a) Dos tramos de arcillas gris-verdosas y pardo-marrones respectivamente.
- b) Tramo fundamentalmente yesífero.
- c) Tramo de margas y yeso.

- a) Al S. del Ebro los tramos inferiores se han caracterizado en las canteras de Fuentes I y II (secciones 04 y 05), mientras que en la parte septentrional del río, los frecuentes desprendimientos y el recubrimiento existente, han impedido realizar secciones representativas.
La serie caracterizada corresponde a los metros superiores de la misma (figura 3) y está formada por un conjunto de arcillas pardo-marrones con ligera laminación y zonas bioturbadas entre las que se intercalan niveles de yeso de pocos milímetros y hasta 1 cm., generalmente alabastrino, con presencia de algunos niveles de yeso macrocristalino hacia techo.
Es frecuente en los niveles más arcillosos, el desarrollo de yeso fibroso secundario, que rellena fisuras en todas direcciones. Aunque no se pueden definir en detalle, parece que los depósitos se ordenan en secuencias de orden métrico (1-4 m.) con predominio de arcillas en la base, que hacia techo pasan gradualmente a una alternancia de yesos y arcillas y terminan en niveles yesíferos de aspecto más masivo, indicando un progresivo aumento de las facies yesíferas, es decir, un aumento de la salinización del medio.
- b) El tramo fundamentalmente yesífero queda bien representado en las secciones 02, 03, 07, 08 y 09, al N. y en la 06 al S. del río. En la figura 4 se representa de forma esquemática la distribución de los depósitos en este tramo, pudiendo apreciarse la gran monotonía de las series, fundamentalmente en las secciones 03 (Casino) y 02 (Villafranca de Ebro), donde es notable la escasez y reducido espesor de los niveles arcillosos, que dan al conjunto

un aspecto masivo, aunque en detalle se observa cierto bandeado. No es posible distinguir ciclos, sino un único tramo de yesos con zonas mas finamente estratificadas y gran predominio de las facies nodulares.

El resto de las secciones presenta características similares, aunque globalmente se observa un cierto aumento en el espesor de los niveles arcillosos hacia el S., (sección 06), lo mismo que hacia el techo de la serie más septentrional (sección al S. del Primoral).

- c) La diferenciación cartográfica del tercer tramo, con mayor proporción de margas, no puede ser caracterizada mediante secciones detalladas por lo reducido de los afloramientos, e incluso al tratarse de un paso gradual desde el tramo infrayacente, el límite entre ambas es bastante impreciso.

4.2.- Yesos.-

El principal problema para el estudio de las rocas yesíferas es su elevada meteorización, que afecta tanto a la estructura y textura como a la composición, enmascarando su reconocimiento.

A continuación se indican las principales características estructurales y texturales de las facies yesíferas.

4.2.1.- Estructura.-

Ya hemos señalado que las facies yesíferas presentan un aspecto muy monótono en toda la hoja, estando constituidas casi en su totalidad por yeso blanco alabastrino, con estructura nodular, que representa la estructura dominante y practicamente omnipresente.

En algunos puntos, pero siempre con muy escaso desarrollo, se ha observado estructura laminar y masiva.

La estructura laminar está formada por una alternancia de niveles de yeso y margas, con espesores irregulares que oscilan desde pocos milímetros hasta 5-10 cm. Esta irregularidad parece ser consecuencia de los procesos diagenéticos sufridos, que dan lugar al desarrollo de nódulos secundarios de yeso alabastrino, contrastando con la textura mas gruesa de los niveles de yeso.

En los niveles de yeso no se ha identificado la existencia de variaciones en el tamaño de grano de los cristales, lo mismo que en los niveles margosos no se ha reconocido la presencia inequívoca de texturas algáceas, por lo cual, se engloba como estructura laminar una alternancia de niveles de yeso y margas, que corresponde a un proceso sedimentario primario, aunque no es posible discernir si se trata de estructura laminar clástica o algal.

La estructura masiva está representada en niveles yesíferos compactos, en los que no hay estructuración interna aparente y en realidad, es el resultado de la destrucción de todas las estructuras previas por procesos diagenéticos, como puede deducirse de la textura alabastrina que presentan estos niveles.

La estructura que se encuentra ampliamente desarrollada en toda la hoja, es la estructura nodular, constituida por el desarrollo de nódulos de yeso alabastrino que demuestran su génesis secundaria.

Esta estructura presenta diferente desarrollo de unos niveles a otros, así, pueden existir desde nódulos yesíferos aislados en una matriz margo-arcillosa, a bancos compactos de yeso con diferente grado de "nodulización", pudiendo diferenciarse varias subestructuras, de tipo descriptivo, denominadas "discontinua", "en empalizada" y "en turrón" (MANDADO, 1987).

La "estructura nodular discontinua" está formada por nódulos de yeso alabastrino dispersos en niveles margo-arcillosos, sin contacto entre ellos o con contactos puntuales, en los que se observa un aumento en el tamaño de los cristales desde el núcleo a la periferia.

La "estructura nodular en empalizada" está formada por niveles continuos de nódulos de yeso con marcada elongación vertical. Los nódulos se presentan anastomosados lateralmente, dando el aspecto de tratarse de un nivel masivo, en el que únicamente se diferencia a techo y muro la morfología esférica, que dá lugar a superficies onduladas.

La "estructura nodular en turrón" se observa en capas yesíferas en cuyo interior se identifica el desarrollo de nódulos. La mayor o menor densidad de nódulos permite establecer una gradación continua, desde niveles con nódulos esféricos de tamaño homogéneo y huecos internodulares con nódulos de menor tamaño, hasta niveles en los que los nódulos están muy desdibujados con contactos suturados.

4.2.2.- Textura.-

Todas las texturas identificadas en el estudio petrográfico corresponden a texturas secundarias, es decir, se han producido por el proceso de hidratación de la anhidrita, o como consecuencia de la recristalización del yeso primario original o del yeso secundario de hidratación.

Los distintos tipos petrográficos (HOLLIDAY, 1970 y ORTI, 1977) diferenciados son:

- Yeso alabastrino.
- Yeso porfidoblástico.
- Yeso megacrystalino.
- Yeso fibroso.

Como ya hemos señalado anteriormente, conviene resaltar que mientras el tipo textural alabastrino está prácticamente omnipresente, los restantes tipos se presentan de forma muy puntual y restringida.

En la textura alabastrina los cristales presentan dimensiones muy variables, desde 20-30 micras hasta pocos milímetros, aunque lo más frecuente es 40-50 micras. Por lo general son equidimensionales y alotriomorfos, observándose en ocasiones en los cristales de mayor tamaño, como al girar la platina se descomponen en zonas con diferente orientación (extinción óptica no uniforme).

Esta textura se ha interpretado como el resultado de una hidratación rápida de la anhidrita, en condiciones de fuerte equilibrio (ORTI, 1977 Y MANDADO, 1987).

La textura porfidoblástica consiste en un conjunto de cristales, de 100 micras a 1'2 mm., con bordes rectos y distribuidos de forma aleatoria sobre una matriz alabastrina que los cementa. Su génesis se atribuye al reemplazamiento de la anhidrita en condiciones de casi equilibrio, lo que produce una baja nucleación y crecimientos lentos, es decir, sugiere preferentemente un medio profundo (MANDADO, 1987).

La textura megacrystalina se caracteriza por tener cristales de gran tamaño, que pueden ser observables a simple vista y en los que suele haber tránsito gradual con la matriz microcrystalina. El gran tamaño de los cristales induce a pensar en un crecimiento rápido, en condiciones de casi equilibrio y fuerte saturación.

Por último, la textura de yeso fibroso está siempre en venas de muy variada orientación, con cristales muy limpios y de morfología alotriomorfa, que son el resultado de la recristalización del yeso.

4.3.- Arcillas y margas.-

Los materiales finos corresponden a arcillas y margas, que prácticamente nunca son términos puros, sino que presentan todos los tipos intermedios.

La mayoría de las muestras tomadas en esta unidad corresponden a los tramos arcillosos inferiores (secciones 04 y 05), ya que en el resto de la unidad los niveles finos son poco representativos.

En el cuadro siguiente se indican los resultados obtenidos en la estimación semicuantitativa, por difracción de rayos-X.

MUESTRA	FRACCION < 37 micras				FRACCION < 20micras			
	Dol.	Cal.	Q.	Yeso	Fil.	Caol.	Mont.	Mic.
04-01-03	25	-	10	<5	60	10	50	40
04-01-02	25	5	10	<5	55	10	50	40
04-01-01	50	-	5	<5	40	10	50	40
05-01-03	25	<5	15	-	55	10	50	40
05-01-02	25	5	10	<5	55	10	50	40
05-01-01	30	-	10	traz	60	5	55	40
07-02-01	70	<5	10	<5	15	10	60	30
09-06-01	60	-	10	-	30	20	20	60
09-04-01	5	<5	20	<5	70	15	30	55

Dol.= Dolomita; Cal.= Calcita; Q.= Cuarzo; Fil.= Filosilicato. Caol.= Caolinita; Mont.= Montmorillonita y Mic.= Micas.

De este cuadro pueden resaltarse los siguientes puntos:

- El contenido en carbonatos es mayor al N. del Ebro, ya que las muestras tomadas se encuentran en la parte superior de la serie y muy cerca del paso al tramo margoso yesífero superior, por lo que no es extraño ese aumento.
- La dolomita domina claramente sobre la calcita, que está ausente o su presencia es en proporción muy reducida.
- La proporción de cuarzo es muy constante oscilando entre 5 y 20%, con valor mas frecuente del 10%.
- Los filosilicatos presentan contenidos entre 15 y 70%, aunque predominan los valores próximos a 55%.
- Dentro de la fracción menor de 20 micras, el espectro es bastante constante, con valores extremos para la caolinita de 5 y 20%; para la montmorillonita de 20 y 60% y para las micas de 30 y 60%, pudiendo tomarse como valores medios mas frecuentes, un 10% de caolinita, un 50% de montmorillonita y un 40% de micas.

Las consideraciones que pueden hacerse a partir de estos datos, son muy similares a las realizadas en el apartado 3.3.

La elevada relación dolomita/calcita, puede explicarse como consecuencia de las frecuentes intercalaciones yesíferas que favorecen el enriquecimiento diferencial en Mg^{2+} , lo cual permite el desarrollo de procesos de dolomitización diagenéticos. Estos procesos podrían relacionarse con episodios de bombeo evaporítico en un ambiente lacustre.

Los minerales de la arcilla parecen ser en gran parte heredados, aunque cierta proporción de la montmorillonita puede ser neoformada.

En consecuencia, no se observan diferencias destacables entre la composición de la fracción arcillosa de la U. Evaporítica y de la U. Arcillosa Basal.

4.4.- Interpretación.-

Los datos disponibles para poder caracterizar con detalle el medio y ambientes sedimentarios en que se han depositado estos materiales, son poco precisos, ya que la casi totalidad de los mismos corresponden a facies yesífera secundarias, que poco aportan sobre el medio, por lo que solo es posible realizar algunas consideraciones generales.

En esta unidad se aprecia verticalmente un cambio gradual en el que pueden diferenciarse tres episodios distintos:

- La parte inferior (tramos fundamentalmente arcillosos) se estructura en secuencias mal definidas de orden métrico, en las que progresivamente hacia techo son más frecuentes las facies evaporíticas sin que lleguen a dominar, mientras que las arcillas, bastante monótonas, presentan fina laminación y zonas bioturbadas.
Estas características sugieren un ambiente de zonas marginales de un lago salino efímero.
- La parte intermedia está representada por el tramo fundamentalmente yesífero (el más potente y desarrollado), en el que el predominio de los sulfatos es total, por lo que debe corresponder a un ambiente de lago salino efímero o playa-lake.
- Finalmente el tramo superior (margo-yesífero) sugiere el paso a condiciones más marginales, donde de nuevo empiezan a restringirse gradualmente las facies evaporíticas.

En consecuencia, la U. Evaporítica puede asimilarse a un ambiente de lago salino efímero, en el que al principio se marca una evolución gradual hacia la salinización del medio, que posteriormente (en la parte final de la unidad) se invierte lentamente hacia subambientes más marginales.

5.- UNIDAD CARBONATADA.-

Esta unidad tiene escasa representación en la hoja, aflorando únicamente en la parte nororiental de la misma, pero siempre en afloramientos mal conservados y por lo general enmascarados por glacia, lo cual impide realizar una sección representativa en detalle.

5.1.- Características principales.-

A pesar de los problemas de afloramiento indicados se ha considerado de interés realizar una "**Columna Sintética**", construida a partir de las características observadas en afloramientos aislados, con el fin de señalar las pautas y tendencias más importantes.

En la vertiente occidental de la Loma de Tiro, junto al camino que sube desde Puiverde y a una cota aproximada de 360 m., se observa un pequeño afloramiento en el que sobre un nivel de 30-40 cms. de yeso nodular alabastrino se encuentran margas y calizas arcillosas.

En otros puntos de cotas ligeramente superiores (hasta 380 m), cuando es posible observar un afloramiento, siempre corresponde a depósitos margosos en los que por lo general, se aprecia un aumento hacia techo en el contenido de carbonatos.

En los niveles más altos (390-395 m) comienzan a ser frecuentes las tablas de caliza, de unos 10 cms. de espesor.

En consecuencia, la "Columna Sintética" reconstruida (figura 5) representa un conjunto de secuencias margo calizas mal definidas, que en la base presentan algún nivel intercalado de yeso nodular alabastrino y según se pasa hacia techo, aumenta la proporción de carbonatos desarrollando verdaderas capas de caliza.

La potencia de esta unidad no debe superar los 20-30 m.

Las calizas petrográficamente corresponden a micritas y biomicritas, en las que son frecuentes los restos de Gasterópodos, Ostrácodos y algunas Charáceas, estando por lo general bioturbadas.

En ocasiones se observa laminación, probablemente algácea y es frecuente la existencia de zonas recristalizadas.

El contenido en detríticos suele ser muy escaso casi siempre menor del 5%).

5.2.- Interpretación.-

A pesar de la escasez de datos, parece claro que esta unidad representa un cambio respecto a la U. Evaporítica, ya que hay una sustancial disminución en la salinidad del medio y un total predominio de facies margo-calizas, cuyas características permiten atribuir estos materiales a un ambiente lacustre palustre.

6.- BIBLIOGRAFIA.-

- ARENAS,C; PARDO,G; VILLENNA,J. y PEREZ,A. (1989). "Facies lacustres carbonatadas de la Sierra de Alcubierre (Sector Central de la Cuenca del Ebro)".
XII Congr. Español Sedim. Bilbao. Comunicaciones pags. 71-74.

- C.G.S. (1975). "Síntesis previa para la exploración de uranio en el valle del Ebro".
Min. Industria. J.E.N. 94 pags. (inédito).

- COX,L.R. (1960). "General characteristic of gastrópoda".
In. R.C. Moore (ed.). Treatise in Vertebrate Paleontology. I.- Mollusca 1.
Geol. Soc. Am. Boulder Colorado. pp.85-169.

- ENADIMSA (1978). "Estudios para el emplazamiento de una C.N. en el Bajo Cinca (Chalamera-Huesca). Estudio geológico y estudio hidrogeológico".
ENADIMSA-ENHER. 3 Tomos (inédito).

- ENRESA (1987). "Inventario nacional de formaciones geológicas favorables para el almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad (fase 1ª)".
ENRESA. Madrid. Informe interno (inédito).

- GONZALEZ,M.J. (1982). "Estudio geológico y mineralógico de los materiales terciarios del área de Tarazona-Borja -Ablitas".
Tesis de Licenciatura. Univ. Zaragoza. 225 pags. (inédita).

- GONZALEZ LOPEZ,J.M.; FERNANDEZ NIETO,C y LOPEZ AGUAYO,F. (1990)
"Influencia de la diagénesis en la mineralogía de los materiales terciarios del sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza)".
Estudios Geológicos. 46 (1-2). pags. 65-69.

- HOLLIDAY,D.W. (1970). "The petrology of secondary gypsum rocks: a review".
Jour. Sed. Petrol. Vol. 40. pp. 734-744.

- MANDADO, J.M.A. (1987). "Litofacies yesíferas del sector Aragonés de la Cuenca del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica". Tesis Doctoral Univ. Zaragoza. 442 pags. (inédito).

- MILLOT, G. (1964). "Geologie des argiles (alterations, sedimentologie, geochimie)". Masson et Cia, Paris. 499 pags.

- MULLER, G. y FORSTNER, U. (1975). "Recent dolomite formation in non-marine environments". IX Int. Cong. Sed. Niza. Vol.2. pp. 101-106.

- ORTI, F. (1977). "Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y a su origen". Inst. Inv. Geol. Barna. nº 32, pags. 87-152.

- ORTI, F. (1990). "Introducción a las evaporitas de la Cuenca Terciaria del Ebro". En: Formaciones evaporíticas de la C. del Ebro y Cadenas periféricas, y de la zona de Levante. Ed. Orti, F. y Salvany, J.M. pags. 62-66.

- PUIGDEFABREGAS, C.; MUÑOZ, J.A. y MARZO, M. (1986). "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins". Spec. Publ. Intern. Ass. Sediment. 8, pp.319-336.

- QUIRANTES, J. (1978). "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros". Inst. Fernando el Católico C.S.I.C. Zaragoza 200 pags.

- SAEZ, A.; INGLES, M. y PUEYO, J.J. (1988). "Asociaciones de minerales de la arcilla en depósitos fluvio-lacustres paleógenos del NE. de la Cuenca del Ebro". II Congr. Geol. España. Comunicaciones Vol. 1 pags. 193-196.

- SOLA, J.; SORIANO, C. y OLIVE, A. (1990). "Mapa Geológico de España a escala 1/50.000. Hoja no 385 (Castejón de Monegros)". I.G.M.E. (en prensa).

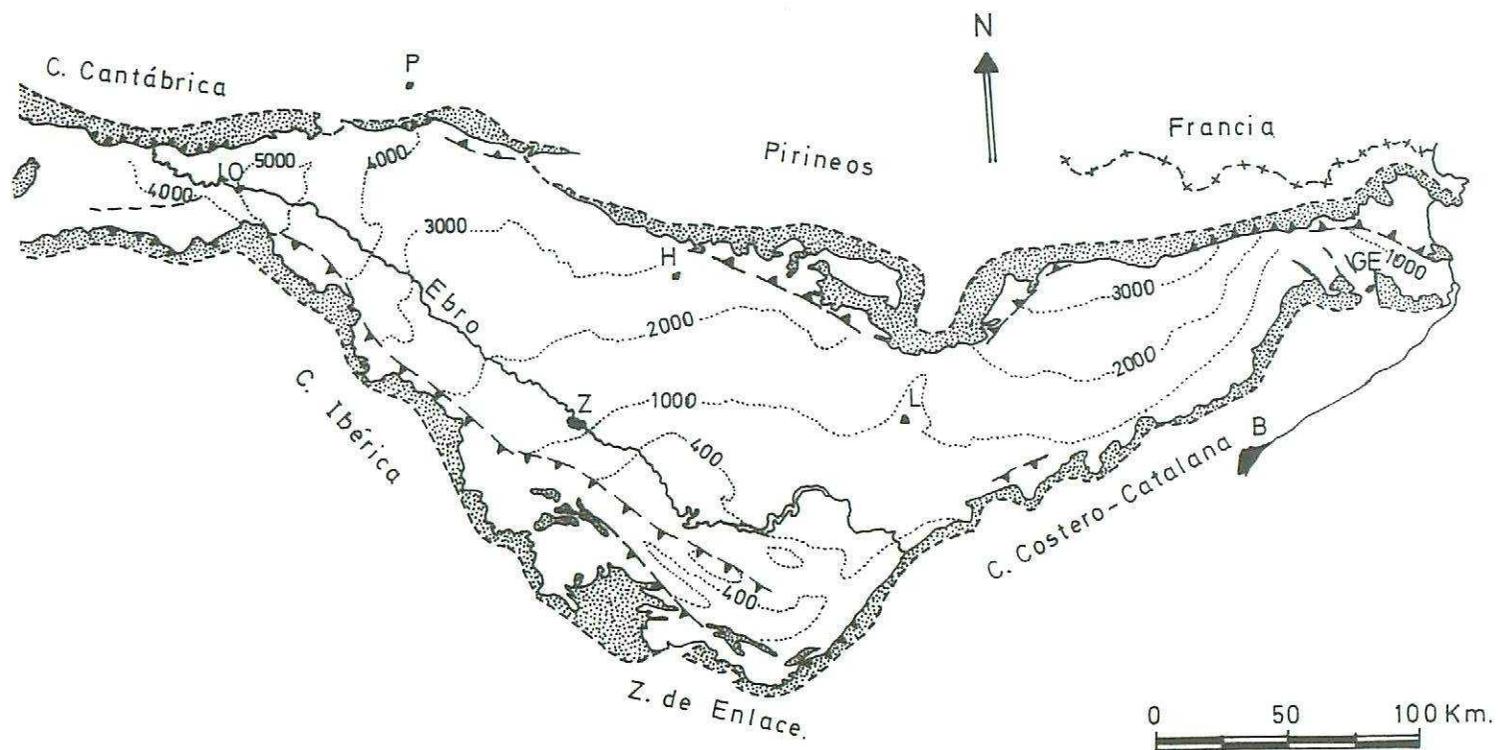


FIG.-1.

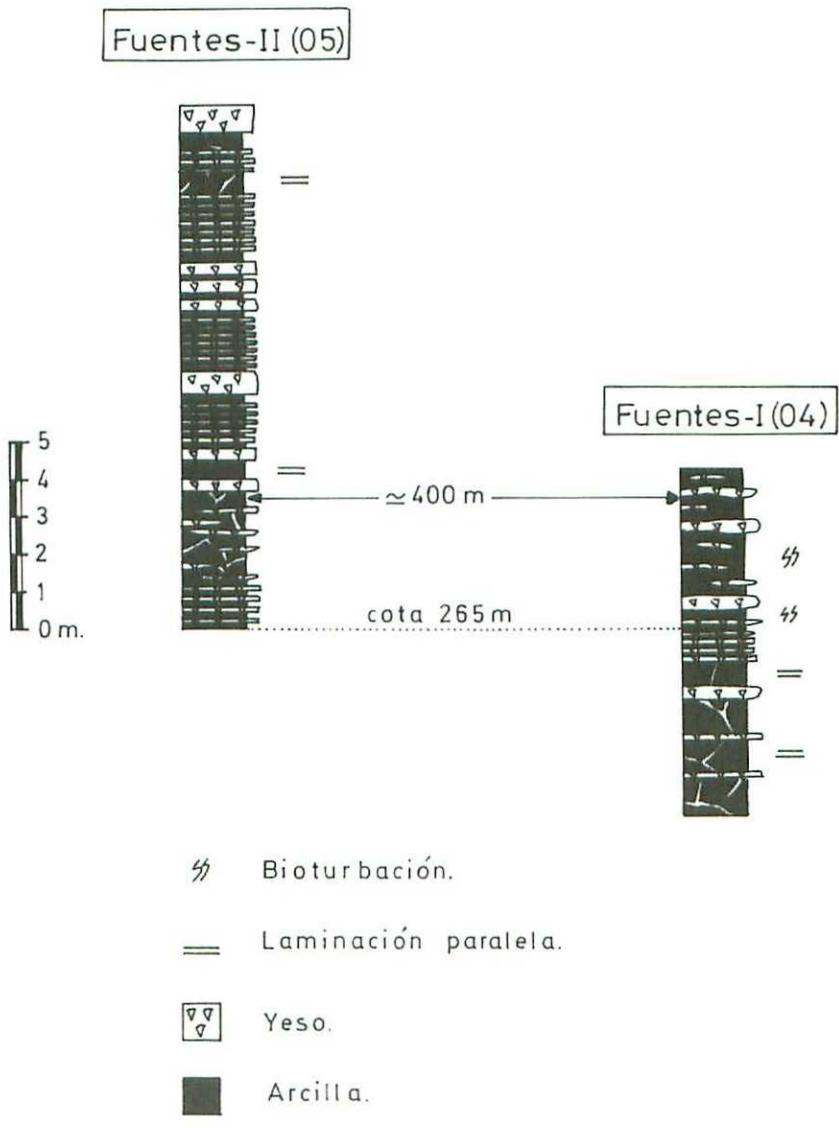


FIG.- 3.

N. Puebla de Alfindén

S. del Primoral

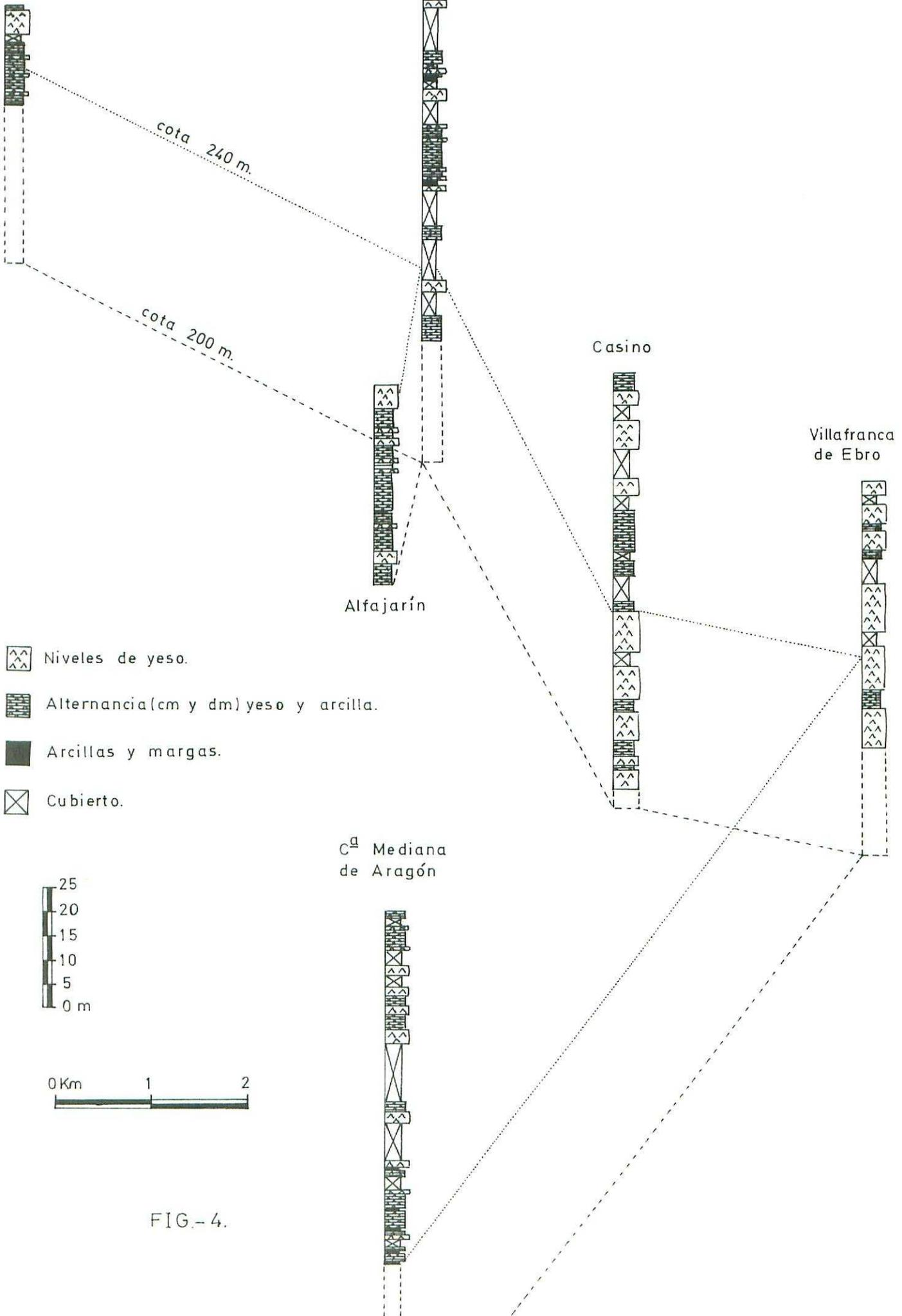
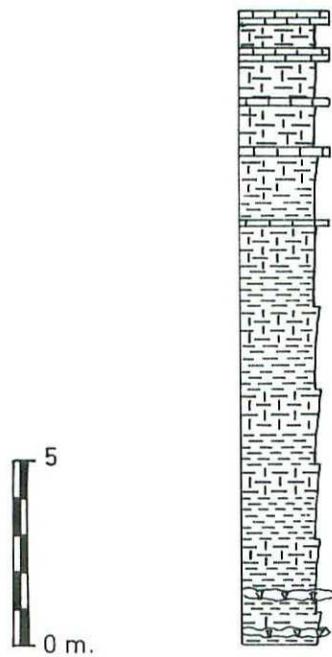


FIG.-4.



-  Caliza
-  Marga
-  Arcilla margosa
-  Yeso nodular alabastrino

FIG.- 5.

