GENERALITAT DE CATALUNYA

DEPARTAMENT DE POLÍTICA

TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES

SERVEI GEOLÒGIC DE CATALUNYA

LA GEOLOGIA EN CATALUNYA

PROBLEMATICA ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Barcelona, Octubre 1980

50027

INTRODUCCION

Durante el periodo de la Generalitat Provisional, la Conselleria de Politica Territorial y Obras Publicas estudió con interés la creación de un Servicio Geológico para hacer frente a las necesidades del Departamento y que a la vez tuviera una clara proyección exterior. En este sentido, y dentro del espíritu de recuperación de antiguas instituciones catalanas, el entonces Conseller del Departamento L. Armet i Coma, anunció publicamente, en Junio de 1979, la decisión de crear el Servicio Geológico de Catalunya, contando con la colaboración de todas las Instituciones y Organismos que en Catalunya trabajan en Geologia.

El Servicio fue creado por Decreto publicado en el Diari Oficial de la Generalitat del 10 de Octubre de 1979, pasándose seguidamente a una etapa de coordinación que culmina con la presentación de este análisis de la situación de la Geologia en Catalunya que aquí presentamos.

Diversos autores se ocupan actualmente de la Historia de la Geologia en Catalunya. Cabe destacar entre ellos al Profesor L. SOLé Sabarís y al Dr. L. Via Boada. Este último autor ha publicado recientemente dos interesantes trabajos (1) que aquí hemos utilizado como fuentes de información.

Los primeros intentos de institucionalización de las actividades geológicas en Catalunya, se deben sin duda alguna, a la labor del canónigo Jaime Almera (1845 - 1919), fundador del Museo Geológico del Seminario de Barcelona. Los nombres de ALMERA, MALLADA y VIDAL marcan una brillante y fecunda época en las investigaciones geológicas, tanto en Catalunya como en el resto del pais, fruto sin duda alguna de la calidad humana de estos pioneros, junto al armonioso sentido de colaboración que les unia.

Al Dr. ALMERA, juntamente con VIDAL,BOFILL y FONT I SAGUE, le debemos el haber trazado las directrices de lo que se iba a convertir en la "Escuela catalana

---

(1) VIA BOADA L. (1975): Cien años de investigación Geológica CSIC. Barcelona
VIA BOADA L. (1979): Un avant-projecte per a l'Organització de l'Institut Geològic de Catalunya (FAURA I SANS,1931). Libros homenaje al Prof. SOLE SABARIS (en prensa).

de Geologia". En el conjunto de su obra destacan por su incuestionable calidad, las cinco hojas del Mapa Geológico a escala 1:40.000 de la Provincia de Barcelona. En palabras de L. SOLE SABARIS (1), "Almera y Brossa hicieron, por espacio de treinta años, una labor admirable que sorprende haya podido realizarse por personas dotadas de tan escasos medios". Estas palabras resumen y definen la constante más caracterís tica de la labor geológica realizada en Catalunya. No se deberia caer en la tentación fácil de pensar que estamos hablando de - "glorias de antaño": esto fue cierto para ALMERA así como para sus sucesores FAURA Y BATALLER, y sigue si n lugar a dudas hasta nuestros dias, aunque las circunstancias hayan variado enormemente.

En época de la Dictadura de Primo de Rivera(1916-23) la Mancomunidad de Catalunya dió un gran impulso a las investigaciones Geológicas en Catalunya. M. FAURA I SANS fue encargado de la Dirección del Servei del Mapa Geològic de Catalunya, pero a principios del año 1924, la Dictadura Militar interrumpió todos los trabajos del Mapa Geológico y el Dr. FAURA cesó como director. Más tarde, el 20 de Marzo de 1925, la Dictadura suprimió la Mancomunitat de - Catalunya y el Servei del Mapa Geològic desapareció sin que fuera recuperado hasta el restablecimiento de la Generalitat en 1931, año en que FAURA i SANS - redactó un Anteproyecto para la Organización de un "Institut Geològic de Catalunya". En Octubre del mismo año, FAURA fue reincorporado como Director del Servei del Mapa Geològic de Catalunya. El text del mencionado Anteproyecto,recientemente recogido por L. VIA, contiene cantidad de ideas muy interesantes y en muchos casos aplicables a la situación actual. Veamos algunas:

> " El funcionalismo de un Instituto Geológico moderno presenta una complejidad especial que requiere un acoplamiento de los servicios afines, debiendo regularse de forma autónoma...."

> " La Generalitat de Catalunya, cuando decrete el carácter y finalidad del

---

(1) SOLE SABARIS, L (1945): El mapa Geológico de la Provincia de Barcelona. Miscelànea Almera (1º Parte) Publicado por Instituto Geológico Diputación Provincial de Barcelona. 7 : 43-62

nuevo Instituto o Servicio, dispondrá sobre las relaciones que deberán establecerse con otros Organismos similares a fin de evitar duplicidades y facilitar el cumplimiento de la labor encomendada ...."

" El objetivo primordial del Instituto será la publicación del Mapa Geológico".

" El Instituto Geológico, según el resultado del Estatuto (1932) podrá intervenir y dictaminar en las investigaciones mineras, explotación de canteras y aprovechamiento de materias rocosas ... investigación de aguas subterráneas ... corrección de barrancos..."

"La Generalitat designará sus representantes con los que el Director del Instituto deberá mantener contacto permanente, asi como los miembros del Institut d'Estudis Catalans que interveng an, formando conjuntamente una Ponencia ..."

" El Director del Instituto, o persona delegada, asistirá a los Congresos Internacionales de Geologia ostentando la representación de la Generalitat de Catalunya. Asimismo podrá tomar parte en otras reuniones,Congresos a expediciones organizadas por Sociedades Geológicas extranjeras con la finalidad de mantener al dia los conocimientos sobre correlaciones de las formaciones geológicas que integran el suelo de Catalunya..."

Junto a la aparente ingenuidad de este texto, debido sin duda a que las circunstancias han cambiado enormemente, hay que destacar la sagacidad de la mayoria de sus disposiciones, tales como proponer una estructura autónoma para el Instituto Geológico, el intento de evitar duplicidades con otros Organismos, el preveer la publicación del mapa geológico como objetivo primordial, el preveer la intervención en investigación de recursos, e incluso en temas de lo que hoy conocemos como Geologia Ambiental tales como corrección de barrancos y depuración de aguas residuales, el dejar para la Generalitat la designación de los componentes de la Ponencia y, finalmente, el dar justa importancia a la proyección internacional en el sentido de que el Director del Instituto debe ostentar la representación de la Generalitat en los Congresos Internacionales de Geo-

logia, previniendo además claramente la necesidad de estar al dia en los conocimientos científicos para mantener un adecuado nivel de calidad.

Transcurrido casi medio siglo desde que desaparecieron las instituciones catalanas, hoy, al intentar recuperarlas, nos encontramos que una situación interna, una estructura social y un contexto que apenas admiten comparación con los años treinta. La herencia histórica del antiguo Servei del Mapa Geològic,- y en definitiva de la "escuela" fundada por J. ALMERA, la encontramos actualmente en el Museo Geológico del Seminario, dirigido por el Dr. L. VIA, donde existen los archivos, documentos e incluso las libretas de campo del Dr. ALMERA, pero sobre todo donde se encuentra una de las mejores colecciones paleontológicas del pais, no por el número de ejemplares, que es por otra parte elevado (25.000 aproximadamente), sino por su sistematización racionalizada que permite un rápido acceso e inmediata utilización para trabajos de investiga - ción geológica. La herencia "estructural", por otra parte, pasó de la Generalitat a la Diputación Provincial de Barcelona tomando la denominación de Instituto de Investigaciones Geológicas de la Diputación Provincial de Barcelona, manteniendo unos niveles de actividad muy reducidos, a pesar de lo cual su Director, Prof. A. SAN MIGUEL consigue mantener la revista del Instituto en un encomiable nivel de calidad. Finalmente hay que destacar el esfuerzo del Prof. L. SOLE SABARIS en el sentido de intentar recuperar la esencia de la "escuela" de ALMERA con la creación del Instituto JAIME ALMERA que reune todas las Secciones que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas tienen en Catalunya.

Seria sin embargo restrictivo para la obra de ALMERA y de sus inmediatos sucesores , el pretender reducir su "herencia" a un puñado de instituciones. No es exagerado afirmar hoy en dia que su influencia la encontramos diseminada en multitud de Departamentos universitarios de Catalunya y fuera de ella, asi como personalizada en los numerosos geólogos profesionales que con su labor en la empresa privada o incluso organizados en equipos consultores, han llenado en estos últimos años el hueco creado en Catalunya por una ausencia de Administración en el campo de la Geologia.

La característica más notable del mundo geológico de la Catalunya actual

en su complejidad y dispersión, unida a un elevado nivel de especialización que cubre prácticamente todas las ramas de la Geologia. Esto plantea una problemática totalmente distinta a la que se podria dar en caso de crear un Servicio Geológico, donde previamente no existiera ninguna actividad geológica. En Catalunya, pais que como hemos visto tiene una rica tradición geológica, la creación de un Servicio Geológico puede plantear situaciones delicadas. En el campo de la Geologia aplicada, por ejemplo, la función de un Servicio inexistente desde 1936, ha sido tradicional y espontáneamente sustituido por la actividad diseminada de una serie de pequeñas empresas consultoras. Un nuevo Servicio Geológico deberá en este caso coordinar estas actividades sin lesionar los intereses de las empresas. En el ámbito universitario se deberá pensar en impulsar al máximo los proyectos de investigación que puedan tener interés para el Servicio, mientras que en lo que se refiere a los otros organismos de la Administración habrá que trazar una decidida política de traspaso de competencias a la Generalitat a la vez que se establecen convenios de cooperación con la finalidad de evitar a toda costa la duplicidad de funciones que no conducen a otra cosa que a la desorientación y desconfianza del administrado.

Ante el conjunto de esta ploblemática se planteó la necesidad de un periodo de recopilación de información. Se trata de saber que es lo que hay y con que se cuenta. El tema se ha abordado contando con un convenio con el Instituto Geológico y Minero de España que fue firmado con fecha de 30 de Noviembre de 1979. El informe que aquí presentamos pretende cumplir con las bases del mencionado convenio, es decir, presentar una valoración de la problemática de la Geologia en Catalunya, una relación de las disponibilidades en cuanto a potencial humano y de equipo y, finalmente, un planteamiento de las lineas de actuación. Para la elaboración del informe se ha contado con las aportaciones de los siguientes colaboradores, a los que desde aquí agradecemos el interés con el que han desarrollado los respectivos temas:

1.- Recursos mineros en Catalunya . . .	M. VILADEVALL (Departamento de Prospección Geológica y Geofísica,Univ. Barna).
2.- Aridos y rocas industriales	T. TORAL (Dirección General de Carreteras , Generalitat de Catalunya).
3.- Recursos energéticos primarios. . .	E. ARAGONES (Compañia General de Sondeos).
4.- Energia Geotérmica	J.F. ALBERT (Compañia General de Sondeos).

5.- El agua en Catalunya . . . . . E. CUSTODIO y A. GALOFRE (Comisaria Aguas del Pirineo Oriental)

6.- La Geotecnia en Catalunya . . . . . E. ALONSO (E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Barcelona).

7.- La zona costera y plataforma continental de Catalunya . . . . . A. MALDONADO (Instituo Jaime Almera,C.S.I.C.)

8.- Evaluación del riesgo sísmico . . . . . L. SOLE SUGRANYES (Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.)

9.- Proyecto de Cartografia Geológica . . . C. PUIGDEFABREGAS (Servicio Geológico de la Generalitat).

10.- Proyecto de Cartografia Geomorfológica . J. CALVET, F. GALLART, N. CLOTET y D. de MAS (Departamento Geomorfologia y Tectónica,U.A.B

11.- Banco de Datos . . . . . R. JULIA y L. SOLE SUGRANYES (Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.).

12.- Empresas e Instituciones catalanas relacionadas con la Geologia

RECURSOS MINEROS EN CATALUNYA

M. VILADEVALL

(Departamento de Prospección Geológica
y Geofísica, Univ. de Barcelona)

I N D I C E

1.- Introducción

2.- Pasado de la Investigación y Explotación minera
- 2.1.- Introducción histórica
- 2.2.- Estado actual de la explotación minera y su evolución desde la segunda mitad del siglo.

3.- Situación actual

4.- Sistemas de Investigación
- 4.1.- Fases teóricas de la Investigación minera
  - 4.1.1.- Exploración
  - 4.1.2.- Prospección y estudio de las zonas geológicamente favorables a grandes rasgos y delimitadas durante la etapa anterior.
  - 4.1.3.- Reconocimiento de los Indicios. Objetivos.
  - 4.1.4.- Reconocimiento y valor del yacimiento
- 4.2.- Grandes temas de Investigación minera. Tipos aplicables en el ámbito de Catalunya.
  - 4.2.1.- Depósitos estratiformes s.l. en sedimentos de cobertera, sin relación visible con los Plutones
  - 4.2.2.- Depósitos estratiformes en las series Volcano-Sedimentarias de zonas móbiles (volcanismo Synoeogénico.
  - 4.2.3.- Yacimientos ligados a rocas graníticas ácidas y calco-alcalinas tardi-syn-orogénicas y/o al vulcanismo asociado.
  - 4.2.4.- Yacimiento de alteración y de acción superficial.
  - 4.2.5.- Yacimientos Aluvionares (placeres)
- 4.3.- Temas aplicables y fases de Investigación a corto y medio plazo.
  - 4.3.1.- Temas aplicables.

5.- Análisis del territorio mediante estudio y relación de las variables. Problemas y procesos que en él inciden.

6.- Alternativas.
- 6.1.- Variables geológicas

6.2.- Problemas que se plantean

6.3.- Procesos que se plantean

6.4.- Medios disponibles

6.5.- Medios de actuación

6.6.- Alternativas en Catalunya

6.7.- Capacidad de la Universidad/es en la realización de las Alternativas.

1.- Introducción

En este informe intentaremos en sentido amplio indicar el estado actual en Catalunya, de la mineria metálica (gangas) y carbón, sus posibilidades y prespectivas y a que nivel de organismos públicos deberia plantearse una politica racional de investigación minera.

2.- Pasado de la investigación y explotación minera

2.1.- Introducción histórica

No conocemos a fondo el pasado histórico de la mineria en Catalunya, pero si sabemos de explotaciones en épocas romanas en el Montnegre (cobre ?) y Priorato (Ag y Pb), probablemente no desconocian los de Pb de Montrás en el Baix Ampordá y los de Poblet en la conca de Barberá. En la edad media estos mismos yacimientos fueron retrabajados por musulmanes y cristianos adquiriendo el principal auge de la mineria metálica en los siglos XVIII, XIX y XX. Para el Fe en toda la franja Pirenaica (principalmente en Catalunya Nord),Pb-Zn en el Pirineo central, Priorato,Baix Empordá,Baix Llobregat, Conca de Barberá,etc. Para el cobre el Alt Ampordá, Maresme y Baix Camp; talcos de Alt Empordá,la Baritina en el Baix Empordá, conca de Barberá,Osona y Garrotxa. Los carbones, hullas y lignitos en toda la faja prepirenaica del Pirineo Central,Solsonés, Anoia,Segriá y Cerdanya. Sales potásicas en Bagés y Bergadá. Finalmente la fluorita en la Selva y Vallés Oriental.

Si consideramos la densidad de explotaciones y el volumen extraido asi como el valor obtenido a través del tiempo, principalmente de finales del siglo XIX a mediados del XX para la mineria metálica, vemos que Catalunya ha estado dentro de las primeras regiones del estado español en este concepto. De aquí habrá que descontar la mineria de carbón, principalmente lignito de alto rendimiento calorífico como los de Bergadá y la cuenca potásica del Bagés,Bergadá y Solsonés que por si solas mantienen el nivel del sector minero catalán entre los primeros del estado español.

En cuanto a la investigación minera, no poseemos indicios de que se hubiera realizado en un sentido moderno, tal como la evolución de recursos de diferentes tipos, no sólo a escala del estado español sino de Catalunya.

Conocemos diversos autores como Vidal, que se interesaron en las posibilidades mineras catalanas a finales del siglo pasado y principios de este, pero su valoración fue subjetiva ya que se limitaba a describir y detectar puntos - en donde se explotaba o se hubiese explotado algún tipo de recurso, muchas veces lo extrajo por comunicación oral de los autóctonos ya que estos lo conocian por tradición. Esto no implica que no posea ningún interés ya que los criterios históricos como más adelante veremos son de suma importancia para la explora - ción y prospección de recursos naturales.

Este autor por tanto nos ha dejado una valiosa recopilación de índices minerales de muy diverso tipo que sin ella en muchos casos no conoceriamos ya que las características geológicas de lugar no indican, a primera vista, la presencia de mineralizaciones.

Evidentemente éste y otros grandes mineralogistas, tal como correspondia a su época solo se dedicaban a la descripción de la especie mineral sin a veces mencionar su paragénesis ni su contexto geológico que constituye la clave de - la metalogenia moderna.

La primera representación sobre un mapa, en este caso geográfico, en el que se indican los indicios y explotaciones mineras es el que aún se puede observar en la Jefatura Provincial de Minas de Barcelona y que data de 1931.Este mapa se denomina Minero y Minero-Metalúrgico de Catalunya y es indicativo en cuanto a la repartición geográfica de diversos indicios minerales, que evidentemente en esta época influian en el desarrollo de algunas comarcas. No obstante adolece de la base geológica propicia para el ensayo de delimitación de posibles metalotectos. A su favor, hay que reseñar que en esta época la investigación minera en áreas vírgenes se realizaba aún mediante el campesino-pastor-farmacéutico-Jefatura de Minas o bien por las exploraciones de antiguas explotaciones - romanas o anteriores con un interés mas bien Arqueológico que minero.

En zonas cuya tradición minera (metálica) era muy grande tal como el caso del Priorato,la exploración se realizaba ya de forma sistemática pero casi siempre sin un conocimiento técnico-científico preciso.

En 1974 el IGME publica su primera edición de los "denominados" Mapas Meta-

logenéticos, a escala 1:200.000. Estos mapas utilizan por primera vez una base geológica difusa a la misma escala y hay un intento de indicar las zonas más favorables a la prospección, mediante la delimitación de Metalotectos.

La diferencia entre estos y el de 1931 es sólo la base geológica y el ensayo de metalotectos muchos de ellos erróneos o mal delimitados. Además en la leyenda y memoria que acompaña sólo se limita a explicar el organigrama de los mapas y a dar las coordenadas de las presuntas mineralizaciones. Estas coordenadas, como pequeña crítica, son en su mayoria erróneas asi como la mineralización, ya que antiguamente muchas concesiones metálicas se denunciaban como "hierro" en término general (prestándose en la actualidad a confusión) y las coordenadas se obtenian bien por métodos primitivos o se falseaban a propósito, de mod o que la conclusión que un geológo prospector puede sacar de estos, es que existen "mineralizaciones" en el Paleozoico (a veces diferenciado) en el Secundario, etc., pero desconocerá el tipo de formación o facies y la estructura que ocupa, ya que si se desconoce su morfologia, figurarán por lo general en dichos mapas como filonianas.

No nos incumbe el criticar dichos mapas ya que tanto los datos de Vidal, el mapa de 1931, como estos mapas metalogenéticos son una guia y un criterio no despreciable para una futura investigación racional de Catalunya.

Aparte de estos magnos estudios existen otros más restringidos como los efectuados por el IGME en el área del Priorato y Conca de Barberá y publicados por dicho Instituo, asi como otros de índole privado efectuados por sociedades mineras también en la zona del Priorato,Valle de Arán y en la actualidad en el Alt Penedés y en toda la faja que bordea la cadena prelitoral (uranio) y las que se realizan en el Bagés, etc., para sales potásicas y las de los lignitos como combustible (lignito y uranio) en diversas comarcas catalanas.

2.2.- Estado actual de la explotación minera y su evolución desde la segunda mitad de siglo.

No poseemos datos anteriores a 1944 salvo algunos de 1928 y 1934 sobre la producción minera catalana aunque creemos que escudriñando los archivos se podrian obtener algunos datos más, y sólo nos indicarian su evolución negativa hasta nuestros dias.

Todos los datos que aportamos han sido extraidos de "Estadística Minera de España" y han sido recapitulados por alumnos del Departamento de Prospección - Geológica y Geofísica de la Universidad de Barcelona:

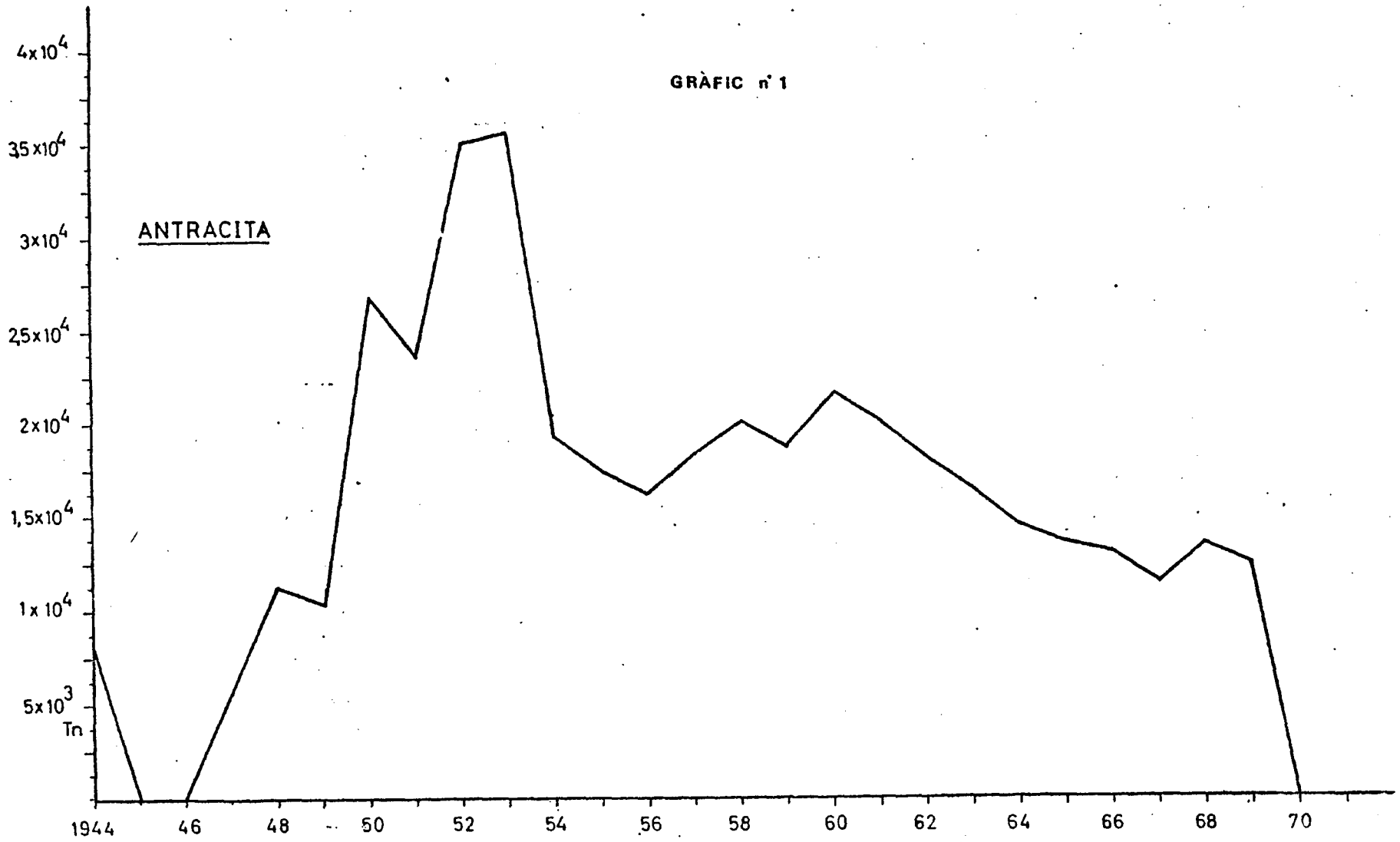
Carbones: La producción de Antracita (gráfica nº 1) desde los años cincuenta - hasta 1970 fue de alrededor de las 409.085 Tn. con unos recursos totales de - unos 3 millones de Tn.dados en 1966 (?). La producción de hulla (gráfica nº 2) en Girona y Lleida fue durante la misma época de unas 365.000 Tn. Las reservas de hullas no se conocen pero creemos que debido a que los yacimientos de Lleida (Pallars) y Girona (Ripollés) son de hullas antracíticas, habria que - pensar que sus recursos se situarian conjuntamente con los de antracita para dar los 3 millones estimados en 1946 , y excesivos para las características - de la cuenca para la antracita.

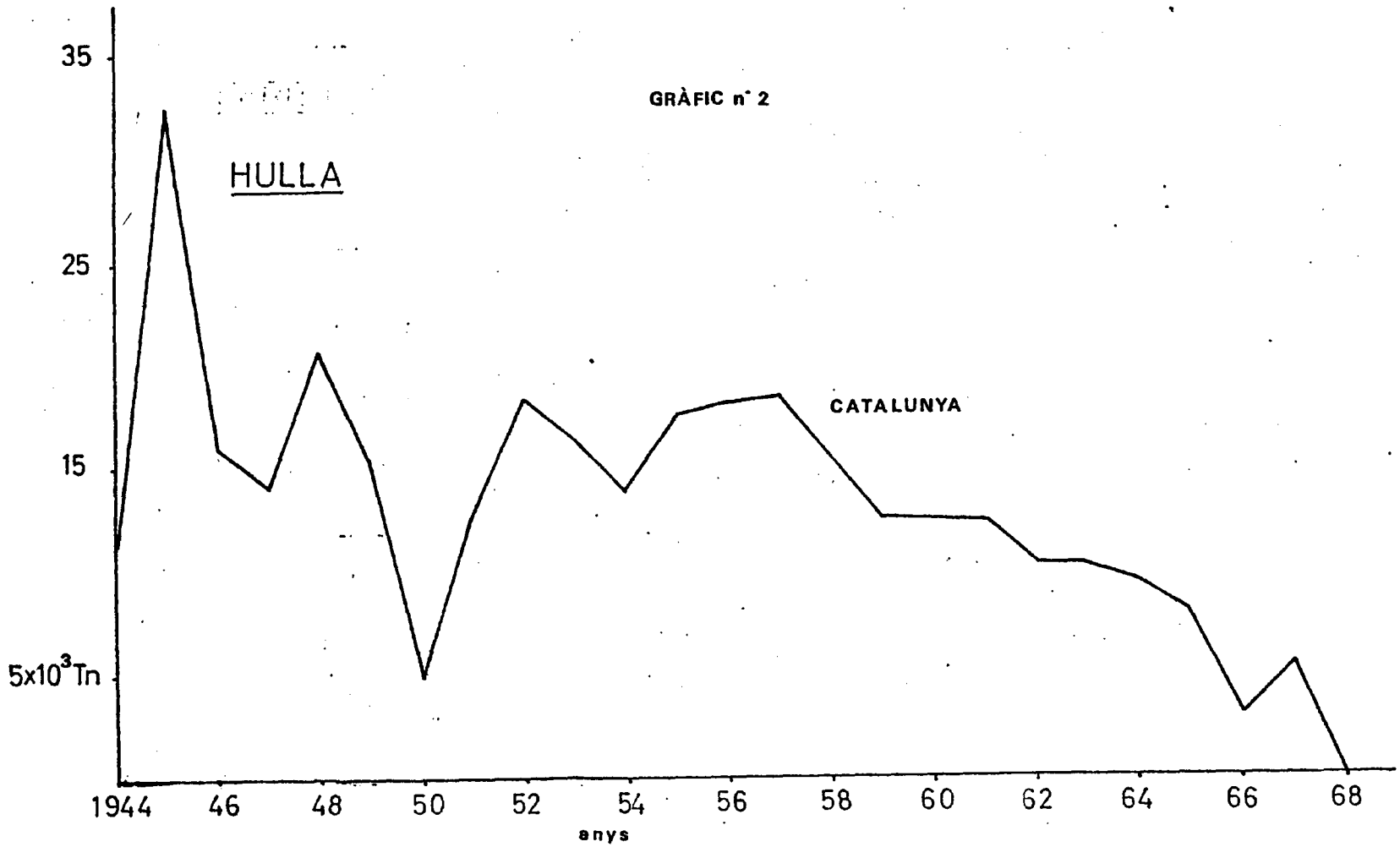
La producción de lignitos (gráfica nº 3) han sido y son, uno de los grandes recursos mineros de Catalunya, se contabiliza su producción en unos 20.477.782 Tn desde 1944-1978. Las principales cuencas son: las de Bergadá,Ribiera, Segriá,Solsonés,Anoia y Cerdeña. Los recursos totales de Catalunya, contando el sector de Mequinenza, parte de Catalunya serian de unas 389.900.000 Tn repartidos en 260.900.000 Tn en Mequinenza, 34.900.000 Tn en Calaf y 94.100.000 Tn.en Berga. (Datos del Ministerio de Industria.Estos recursos totales se repartirian según (gráfica nº 4) en :

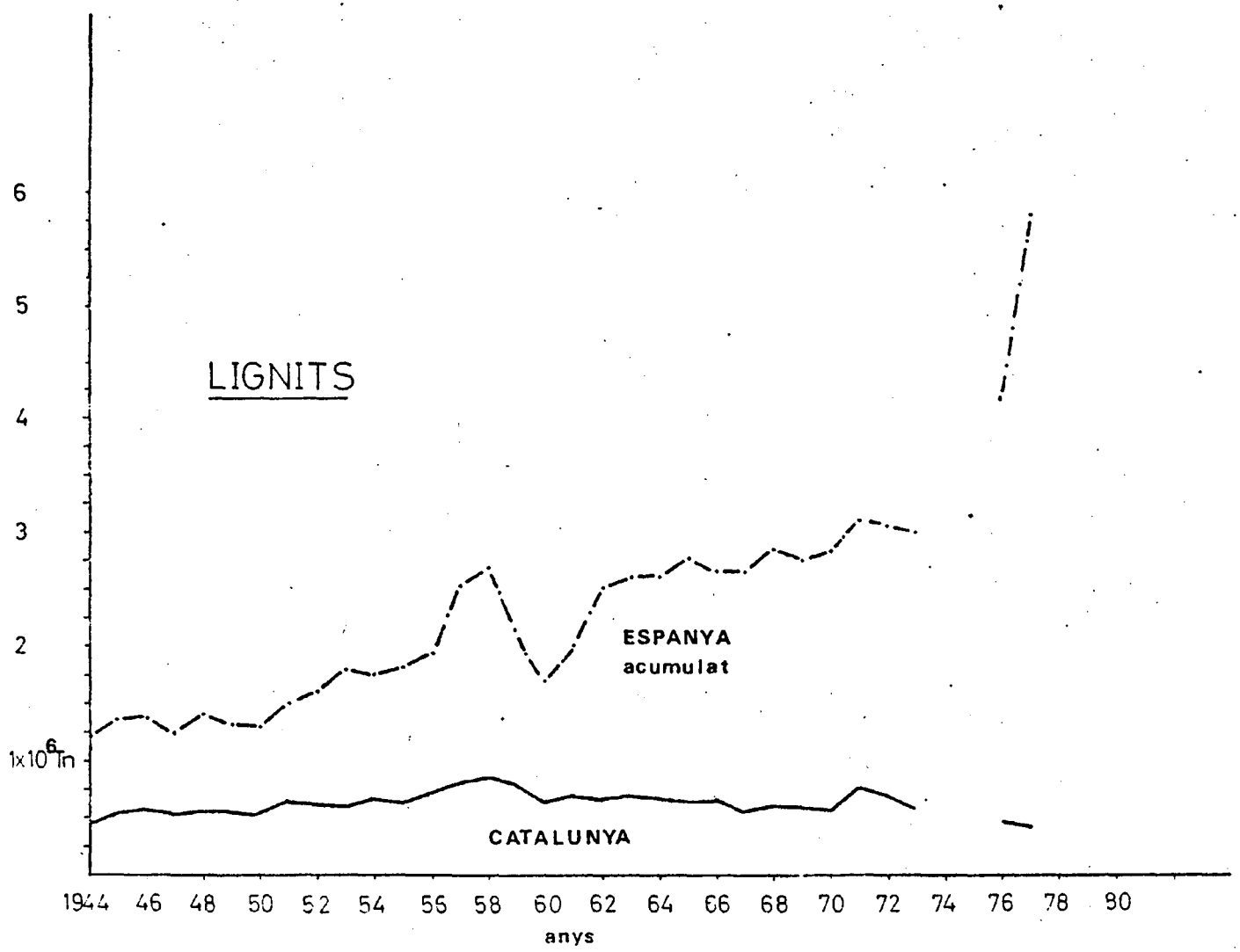
	MEQUINENZA	CALAF	BERGA
Reservas medidas:	18,4 Mtn	- - -	6,6 Mtn
Reservas indicadas:	60,6 Mtn	8,7 Mtn	21,9 Mtn
Recursos inferidos:	60,6 Mtn	9,7 Mtn	21,9 Mtn
Recursos hipotéticos:	121,3 Mtn	17,5 Mtn	43,7 Mtn

Los de mayor poder calorífico son los del Bergadá con 6.000 calorias y bajo contenido en cenizas, los de Mequinenza son de 4.500 calorias y como sub-producto se podria extraer el uranio (ley desconocida) y los de más bajo rendimiento calorífico (4.000 calorias) y 20% de cenizas serian los de Calaf pero con unos 100 gr/Tn de mineral de uranio.

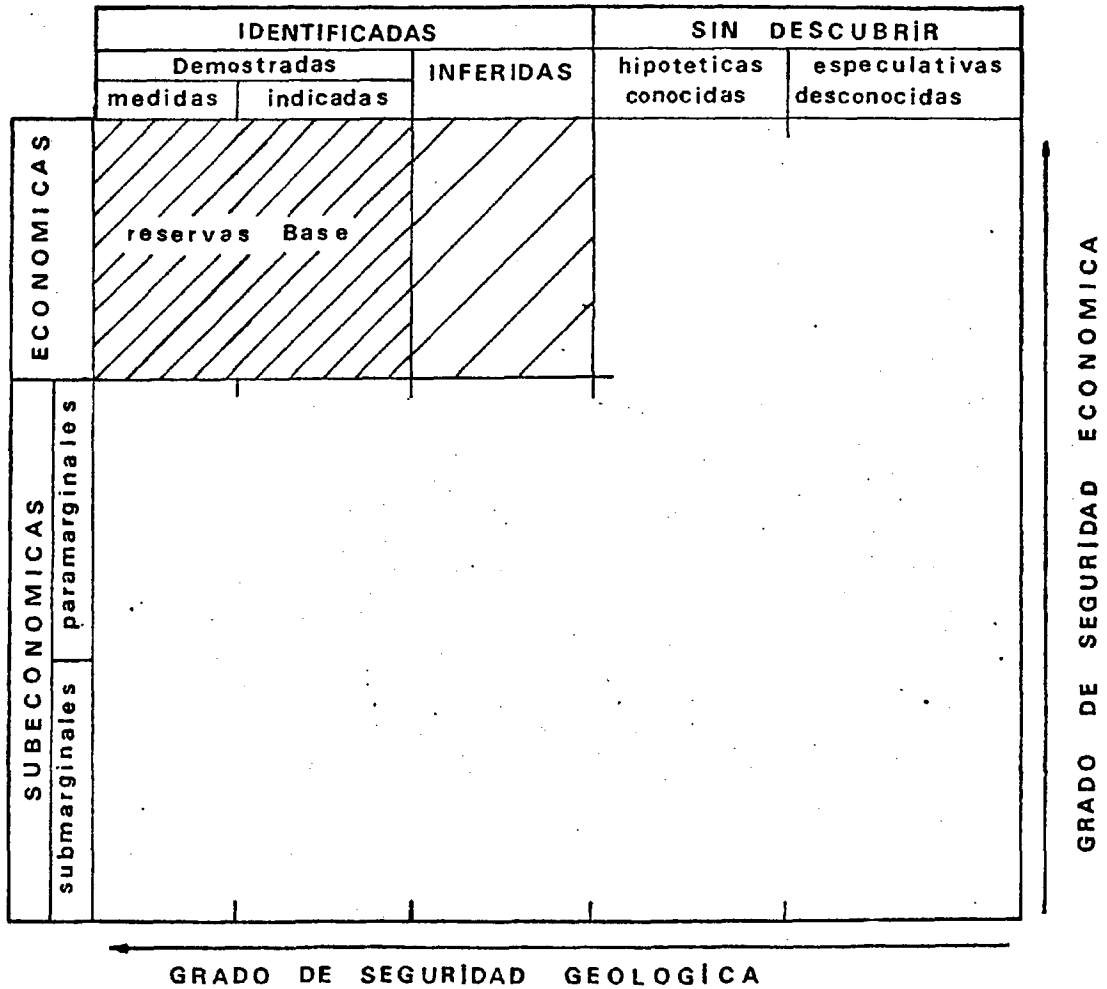
Potasas: La producción de Potasas (gráfica nº 5) ha sido desde 1944 a 1978 de unos 20.000.000 de Tn. con unas reservas para 10 a 15 años al ritmo actual de unos 2 millones de Tn. anuales lo que hacen unos recursos totales de 25 a 35 -


GRÀFIC nº 1
ANTRACITA
4x10^4
3,5x10^4
3x10^4
2,5x10^4
2x10^4
1,5x10^4
1x10^4
5x10^3
Tn
1944
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70


GRÀFIC n° 2
HULLA
CATALUNYA
35
25
15
5x10³Tn
1944
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
anys

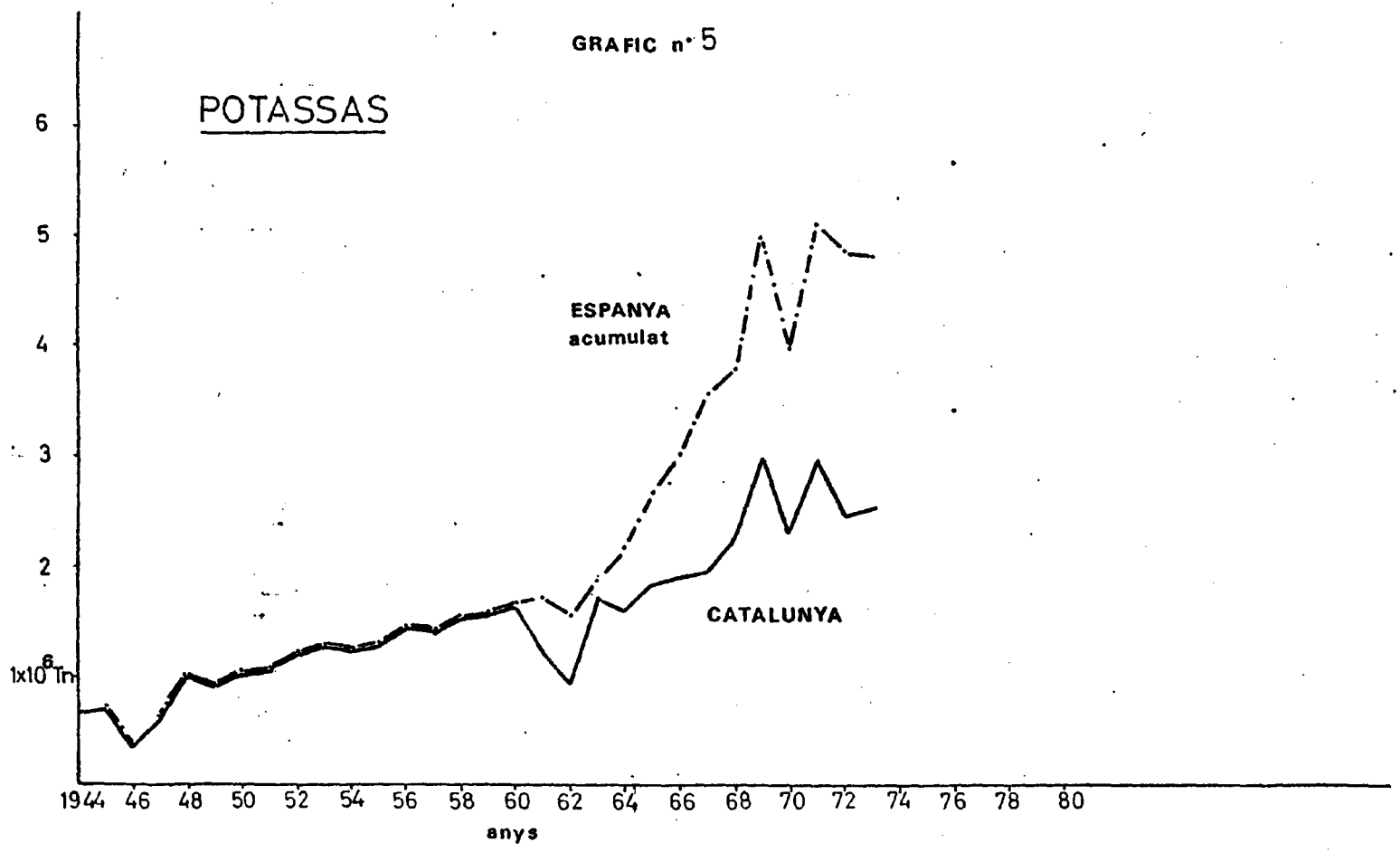

LIGNITS
6
5
4
3
2
1x10^6 Tn
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
1944 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80
anys

GRÀFIC n° 3



gràfic N°4

Según MacKelvy (1974)


GRAFIC nº 5
POTASSAS
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
6
5
4
3
2
1x10^6 Tn
1944
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
anys

millones de Tn. Estos recursos son probablemente reservas base ya que según datos orales son demostradas y en la actualidad económicas, no obstante, podrian pasar en un futuro (según competencia del sector) a marginarles o submarginarles.

Sin ningún lugar a dudas es el sector de mayor relevancia económica, bajo el punto de vista minero, de Catalunya y de los primeros del Estado Español.

Las sales potásicas se explotan principalmente en el Bagés aunque su extensión abarca parte del Solsonés y Bergadá.

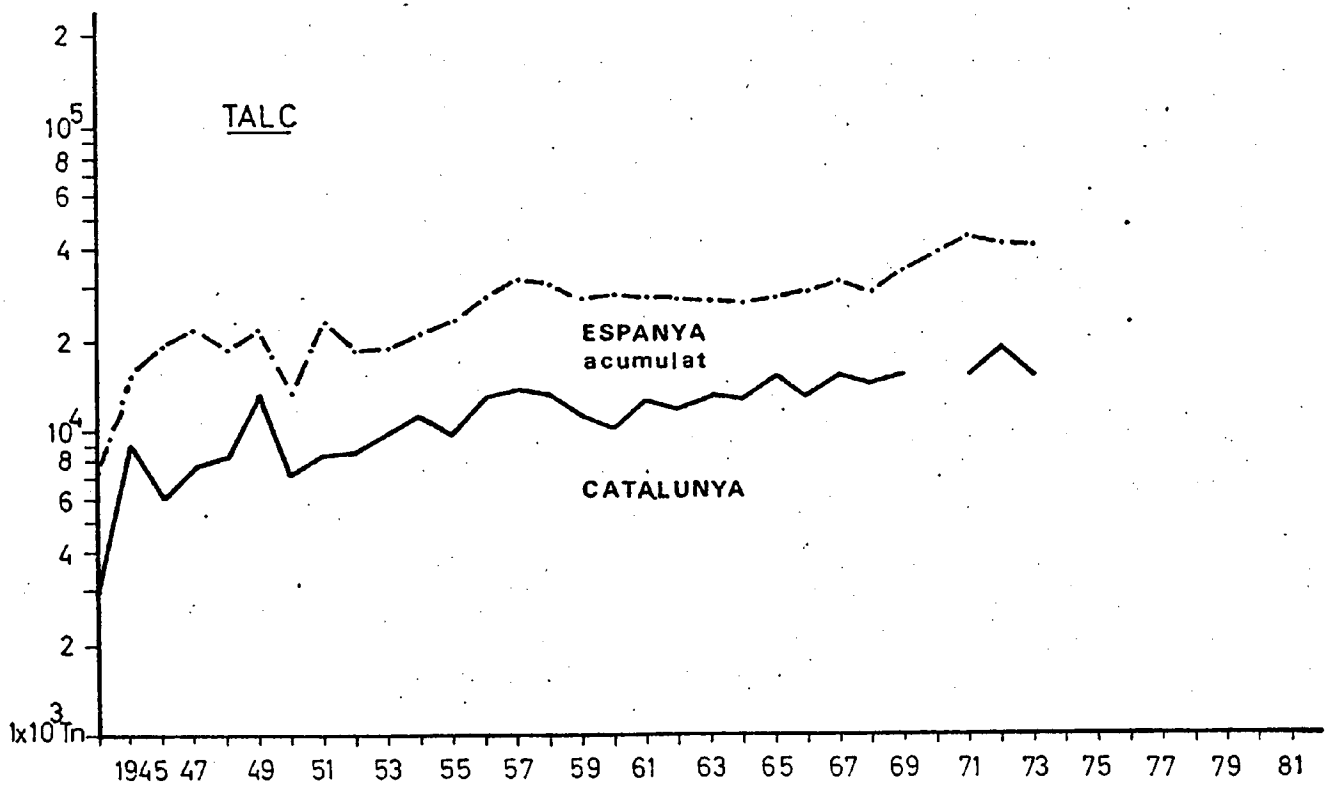
Talco (Estrétita): La producción de talco, fundamentalmente en el Alt Empordá, ha sido desde mucho tiempo en mineria clásica de Catalunya. La producción desde los años cuarenta ha sido en total de más de 400.000 Tn. con recursos totales de alrededor de las 500.000 Tn. (gráfica nº 6) y con un alza en el sector que parece que tenderá a disminuir en los próximos años ya que las explotaciones que en la actualidad existen, altamente mecanizadas, tenderán a reducir las reservas base en los próximos cinco años.

Las explotaciones más importantes son las de Bajol ya que las de Massanet de Carenys parecen estar ya agotadas.

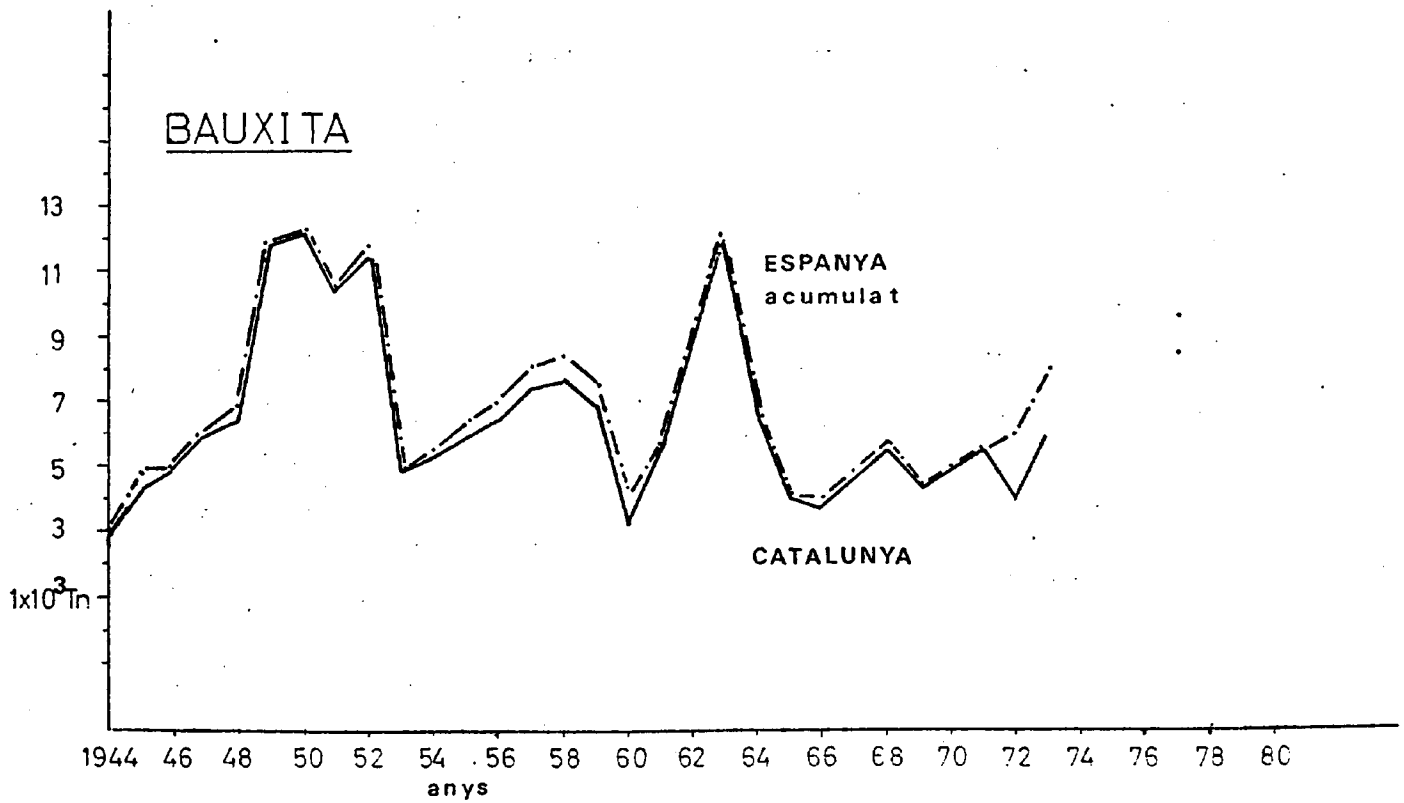
Bauxita : La producción total desde los años cuarenta ha sido de unas 225.000 Tn. al 50% de hidróxidos de aluminio. La producción se ha centrado en La Llacuna-Mediona (Alt Penedés) hasta 1954 y Lleida (La Noguera,Alt Urgell) con explotación actualmente y algunas explotaciones marginales (arenas alumínicas) en - Tarragona (Terra Alta). La producción catalana ha sido, salvo en la actualidad (gráfica nº 7), la totalidad de la producción del Estado español y en la actualidad sus recursos son difíciles de evaluar pero creemos que exceda de las 200. 000 Tn. a un 40% de ley.

Baritina : La producción total desde los años cuarenta (gráfica nº 8) ha sido de unas 112.541 Tn al 90%. Esta cifra puede ser mucho mayor ya que existen muchas explotaciones marginales y piratas de las que es muy dificil conocer su extracción real.

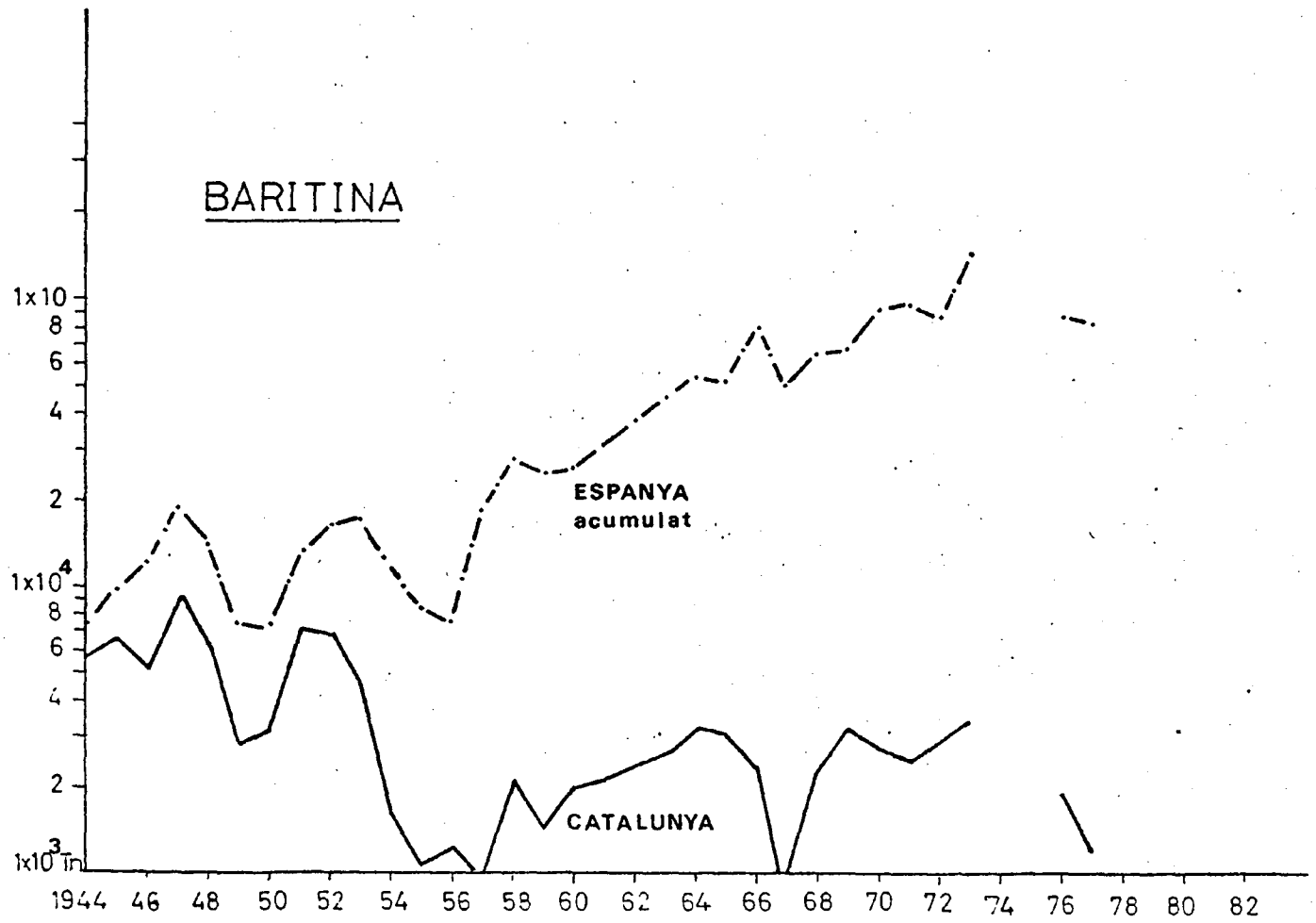
Las comarcas baríticas principales son : Conca de Barberá,Priorato,Baix-Camp,Vallés, Baix Empordá,Alt Empordá,Bergadá,Alt Urgell,La Selva y Gironés. Como se puede observar, la dispersión es muy grande y los recursos muy difíciles de calcular. Por los datos que conocemos y apreciaciones propias, estos


TALC
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
2
10^5
8
6
4
2
10^4
8
6
4
2
1x10^3 Tn
1945 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79 81

GRÀFIC nº 6


BAUXITA
13
11
9
7
5
3
1x10³Tn
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
1944 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80
anys

GRÀFIC nº 7


BARITINA
1x10
8
6
4
2
1x10^4
8
6
4
2
1x10^3 Tn
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
1944
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82

GRÀFIC nº 8

recursos superarán facilmente mas de cinco millones de toneladas al 90%.

La actividad en el sector ha estado en estos últimos años en franco descenso para posiblemente aumentar a corto plazo ya que se empieza a notar cierto - movimiento en el sector.

De todas maneras, desconocemos el porcentaje de baritina química del de sondeos y parece que en la próxima activación será mayoritariamente para el químico.

Fluorita (Espato fluor):La producción total de fluorita desde los años cuarenta fue según estadística minera (gráfica nº 9), de unas 750.000 Tn. con una ley difícil de determinar. No obstante, sabemos que los yacimientos de Osor (La Selva) produjeron allos sólo más de 1.800.000 Tn. de todo uno el 40% de media, lo que francamente no coincide con la estadística anterior.

El espato fluor se comercializa en dos variantes principalmente: Espato ácido (industria química) y metalúrgico. La producción catalana (Osor) ha sido principalmente del primero.

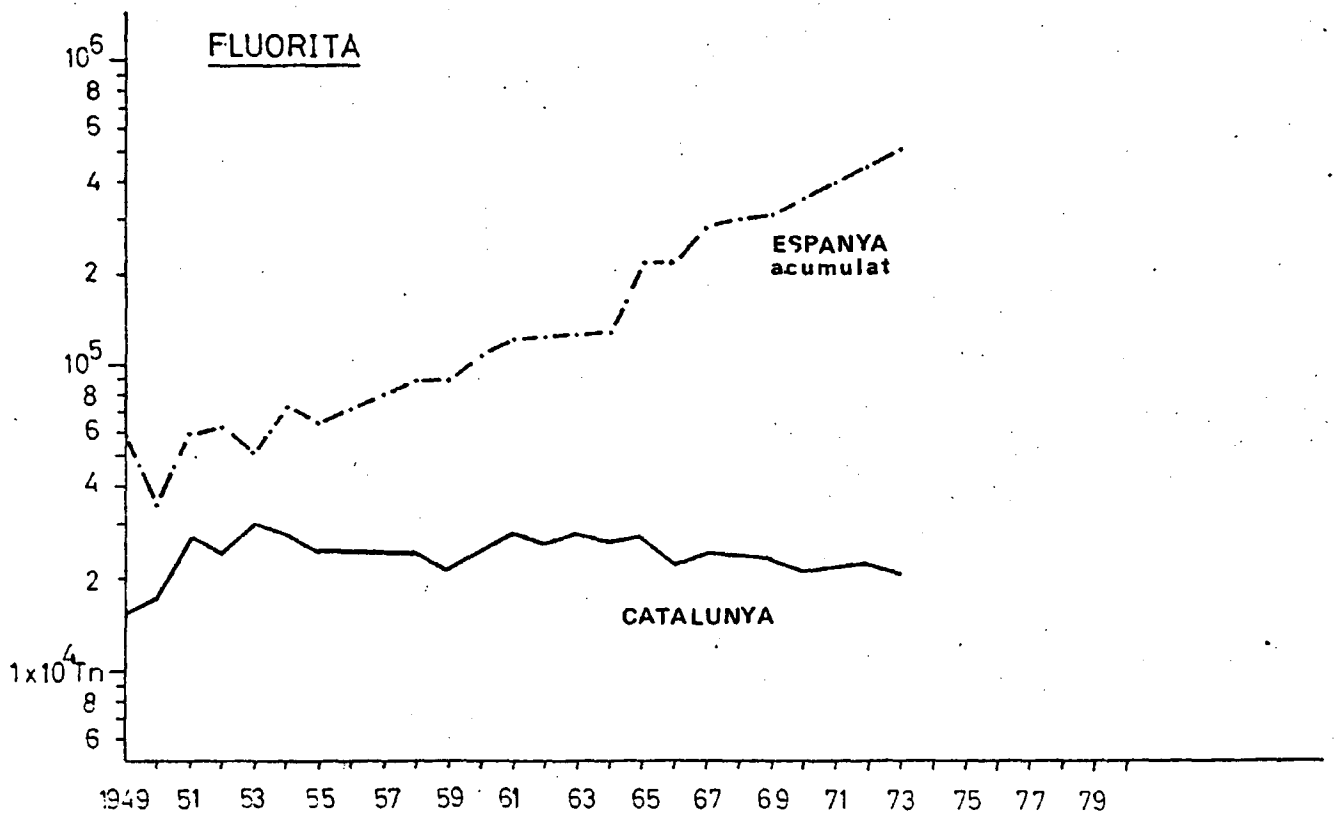
Los recursos totales se calculan en más de dos millones de toneladas de las cuales casi la mitad se ubicarian en la Selva y serian del tipo submarginal inferidas, las otras serian hipotéticas submarginales.

Otras zonas de interés para el fluor, además de la Selva, seria el vallés y quizá el Baix Empordá.

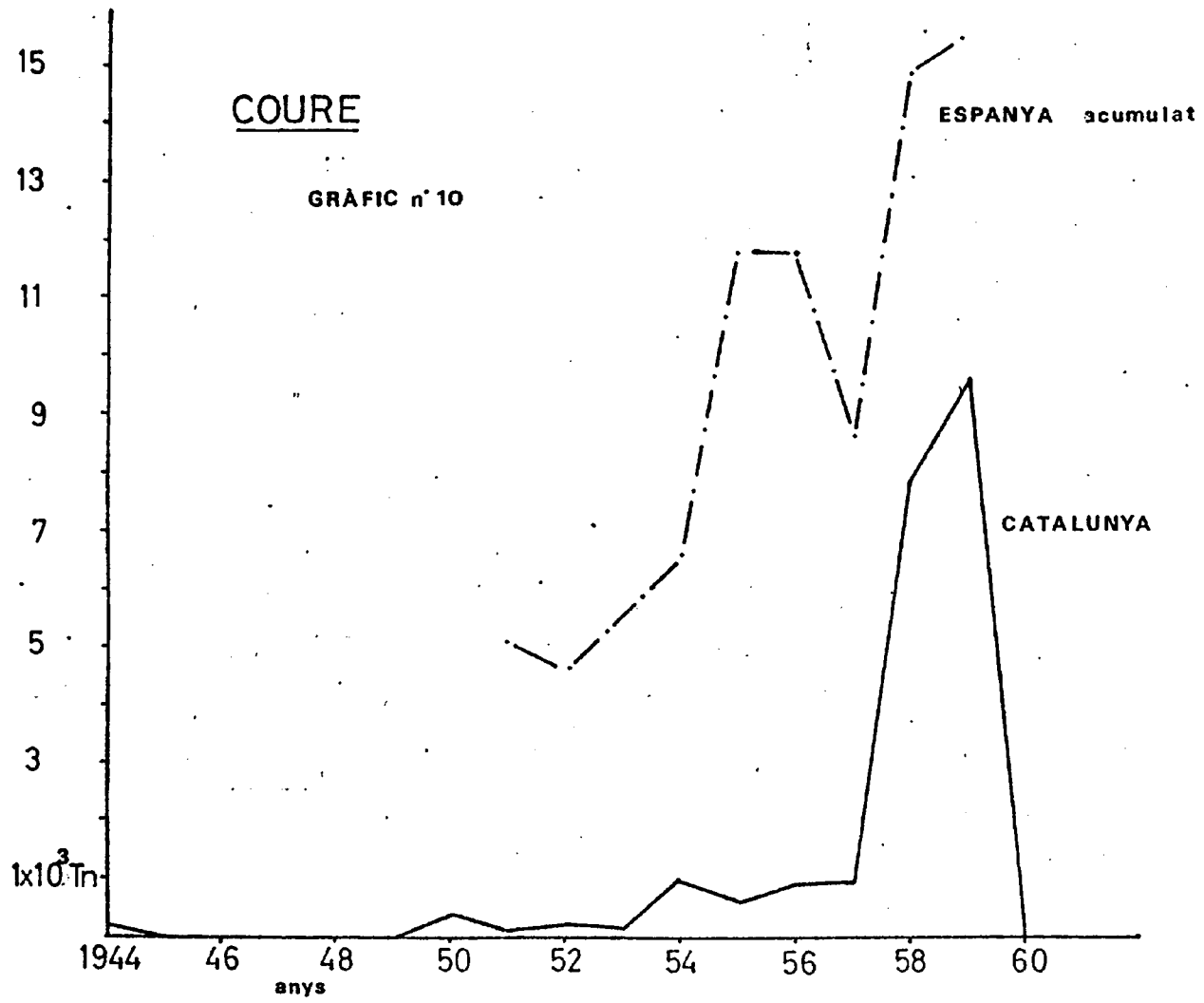
En la actualidad este sector está completamente parado debido al cierre de las explotaciones de Osor y las dificultades de la administración pública en la mina Gatos (Tagamanent,Montseny) y problemas de rentabilidad en San Marçal (Montseny) y Montcada i Reixach (Barcelonés).

Cobre : La producción de cobre desde los años cuarenta hasta 1959 (gráfica nº 10) no sobrepasa las 22.000 Tn. a muy baja ley. Los recursos son desconocidos y muy difíciles de apreciar y la producción relegada a las comarcas del Pallars Jussiá,Baix Camp y Alt Empordá.

Las prespectivas a corto plazo no son muy alagüeñas por la poca posibilidad de encontrar sulfuros complejos ricos en este mineral tal como veremos en próximos apartados.


FLUORITA
10^5
8
6
4
2
10^5
8
6
4
2
1x10^4 Tn
8
6
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
1949
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79

GRÀFIC n° 9


COURE
GRÀFIC n° 10
ESPANYA acumulat
CATALUNYA
15
13
11
9
7
5
3
1x10³Tn
1944
46
48
50
52
54
56
58
60
anys

mos apartados.

Plomo : La producción de Plomo a partir de 1944 fue de unas 166.000 Tn. siempre según estadística minera (gráfica nº 11) a lata ley. (60-70%) en explotacioces de Galena S.S. y un 50% en minerales complejos de Pb-Zn-F.

No obstante por la producción del Priorato (datos orales) y Osor creemos que ha sido muy superior a esta cifra llegando a ser de casi 500.000 Tn.

Las comarcas productoras fueron: El Priorat,Baix Camp,Baix Empordá,La Selva,Valle de Arán y Pallars Jussiá. Otras comarcas serian el Vallés y Baix Llobregat.

Los recusos totales de Catalunya sobrepasarian los veinte millones de Tn. al 4-7% siendo el mayor distrito el Priorat con unos 10 mtn. al 4-7% y el segundo el Valle de Arán con recursos inferiores.

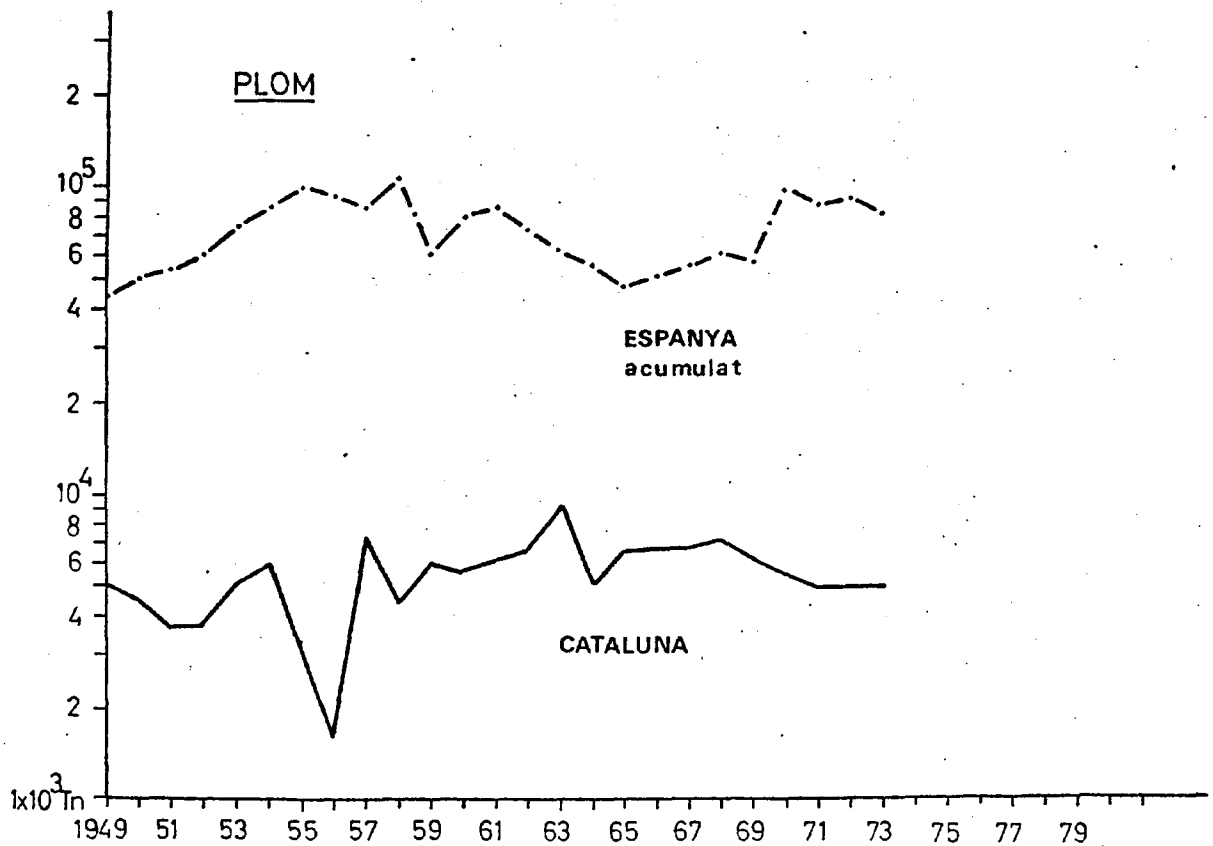
Estos recursos, en el caso del Priorat serian submarginales inferidos (gráfica 4) al igual que los del Valle de Arán y Alt Penedés. Los demás serian hipotéticos a Inferidos submarginales como los del Baix Llobregat.

En la actualidad la producción de plomo, debido al cierre de Osor,quedará reducida a casi la mitad.

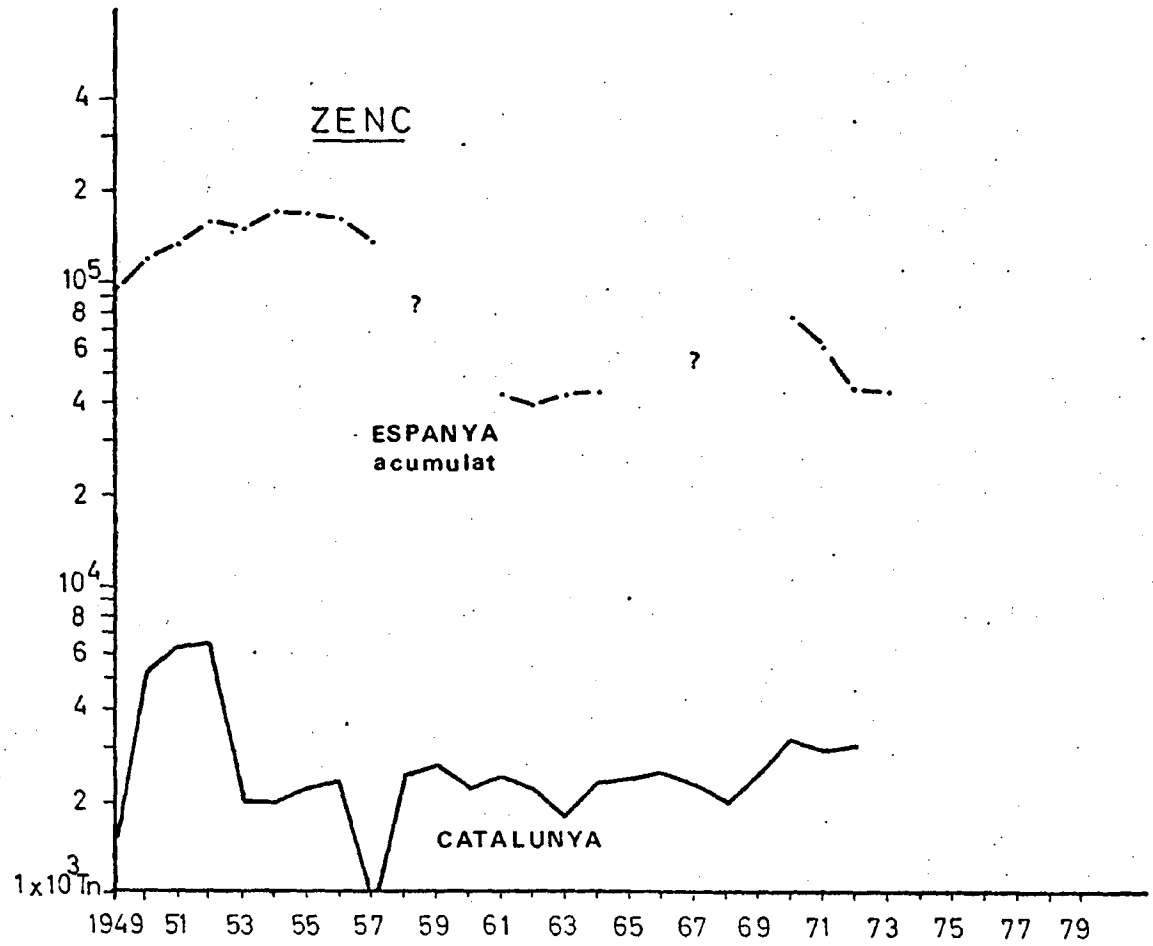
Cinc : La producción de Zn desde 1944 ha sido de más de 81.708 Tn. (gráfica nº 12). En la actualidad y al igual que para el Pb debido al cierre de Osor quedará reducida a la mitad.

En este último decenio la mayor parte del cinc, proveeria de minerales complejos: Pb-Zn-F-Ba (Cu) de las minas de Vilaller (Pallars Jussiá) y Osor (La Selva) mientras que en los años cuarenta-sesenta esta procedia principalmente del Valle de Arán.

Los recursos del sector son incalculables, no obstante las apreciaciones dadas (Reservas submarginales Inferidas (Hipotéticas) por diversas sociedades minerales las situan en más de 15 Mtn. al 15% en el Valle de Arán a las que se le podrian sumar otras 20 Mtn. (a leyes mas bajas) diseminadas en el Alt Penedés, Priorat,Baix Llobregat,La Selva,Baix Empordá,Alt Empordá,Vallés y Pallars Jussiá.


PLOM
2
10^5
8
6
4
2
10^4
8
6
4
2
$1x10^3$ Tn
ESPANYA
acumulat
CATALUNA
1949
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79

GRÀFIC nº 11


ZENC
ESPANYA
acumulat
CATALUNYA
4
2
10^5
8
6
4
2
10^4
8
6
4
2
1x10^3 Tn
1949 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79
?
?

GRÀFIC n·12

Es un sector que tiene grandes posibilidades y prespectivas que comentaremos en próximos apartados.

Hierro : No se conoce producción de menas de hierro en Catalunya durante los últimos cincuenta años.

Las últimas explotaciones, a gran escala, fueron las de Malgrat (Maresme) y Celrá. Todas ellas a principios de siglo y la producción fue de unas 100.000 Tn. al 55% en Malgrat y creemos que bastante superiores en Alzá, una ley similar.

De todas formas estas explotaciones no presentan debido al bajo tonelaje, ningún interés en la actualidad. Los recursos difíciles de calcular pero sin ninguna prespectiva en la actualidad.

Manganeso:La producción total de manganeso es de unas 29.152 Tn. y su explotación finalizó en 1969. Las principales comarcas productoras son la Cerdanya,Bergadá y el Priorat. Los recursos son difíciles de evaluar por lo disperso de los yacimientos aunque facilmente superarán lo extraido.

Uranio : No se conocen datos sobre producción en Catalunya aunque si parece que han existido ensayos en Calaf y en el Pallars Jussiá. Los recursos son desconocidos pero podrian estimarse en unas 20.000 Tn. o más de 30-40 $. Sobre este sector hablaremos ampliamente más adelante.

3.- Situación actual

Consideramos la situación actual de la mineria catalana lo acontecido en estos cinco años últimos y que no queda reflejado en las estadísticas presentado en el apartado(2.2.)

Carbones.- Por los datos que poseemos sólo el sector de lignitos se ha reactivado con el inicio de nuevas explotaciones en el Bergedá, recalificación de los grandes yacimientos del Berga, Cerdanya, y Mequinenza, debido a la crisis energética y parece que en la actualidad existe cierto movimiento en Calaf, aunque mas bien parece dirigido al sector de las menas radiocativas.

No poseemos datos de que organismos oficiales y privados iniciasen una investigación minera agran escala para intentar aumentar la producción de este -

sector en la década de los 80-90.

En cuanto a las hullas antracíticas s.l. se da a este sector como practicamente sin interés por las dificultades en reactivarlo.

Minerales Complejos: Plomo-Cinc-Fluor y Pb-Zn

A estos primeros corresponde los yacimientos de Osor (La Selva) que en 1976 produjo: 1.867 Tn de Pb (1.686 Tn de concentrado); 2.605 Tn de Zn (1563 de concentrado) y 25.048 Tn de Fluorita (24.472 Tn de concentrado ácido). Osor,producia 1/4 de la producción total del Estado español en este tipo de minerales complejos. En la actualidad esta explotación se halla cerrada (cuarto trimestre de 1979) con lo que la producción de Pb-Zn ha quedado sensiblemente disminuida y la de espato ácido desaparecida.

A los segundos (Pb-Zn) corresponde los yacimientos de Vilaller (Pallars Jussiá) con una producción en 1976 de 2.380 Tn de Plomo (1.713 Tn de concentrado); 1.220 Tn de Zn (622 Tn de concentrado) y unos 715 Kg de Ag.

Los yacimientos de Zn del Valle de Arán fueron cerrados en la década de los sesenta (a nuestra opinión por falta de planificación e infraestructura) y los de Pb del Priorat, también, practicamente al final de la década de los sesenta ya que en 1976 sólo quedaba la mina Mineralogia con una producción de unas 96 Tn de Pb (64 Tn de concentrado). Los yacimientos de galena de Vallirana (Baix - Llobregat) cerraron de una forma un tanto dudosa en 1973 con una producción de 197 Tn de Pb (118 Tn de concentrado). El problema de ambas minas ha sido el de su baja rentabilidad debido a la presencia de agua y en la primera principalmente a la profundidad de desarrollo de su explotación

La investigación realizada sobre el sector de minerales complejos y principalmente de Pb-Zn en Catalunya durante la década de los setenta, principalmente desde 1975 hasta la actualidad, ha sido muy activa ya que ha intervenido varias sociedades mineras.

Asi tenemos que para el F-Pb-Zn, la sociedad MINERSA (sociedad que explota los yacimientos de Osor) ha llevado un amplio programa de exploración en la zona

de la Selva para poder aumentar sus reservas pero parece ser que sus resultados fueron negativos ya que practicamente en 1976 lo abandonaron.

La sociedad Minero Metalúrgica Pañarroya España, también realizó estudios (más de dos años) en la zona del Priorat y Baix Camp, conducentes a evaluar las reservas de Plomo de dichas comarcas, llegando a unos resultados negativos, no por su falta de reservas (10.000.000 de Tn al 4-7% de Pb) sino por lo disperso de las mineralizaciones (generalmente filonianas) y por las bajas leyes en plata ya que este metal, por si sólo y a su precio actual,podria revalorizar cualquier yacimiento siempre y cuando las condiciones de explotación asi lo permitan.

Esta misma sociedad ha estado realizando estudios en los yacimientos de Zn (Pb) del Valle de Arán, concretamente en Liat. Los estudios realizados no - handado el interés apetecido, por falta de tonelaje adecuado ya que la ley es interesante y por la infraestructura necesaria para la explotación de unos yacimientos a más de 2.000 m de altura. No obstante según técnicos de esta sociedad los recursos que se calculan en el Valle de Arán serian de 15-20 Mtn de Zn al 15%. En este sector en la actualidad está trabajando otra sociedad minera Chaparral, Felps Dodge y Exminesa. No obstante no poseemos datos sobre sus estudios.

Esta sociedad S.M.M.P.E. nos encargó a este Departamento una exploración en toda la zona costero catalana en 1976 que tampoco dió los resultados apetecidos (en principio por falta de créditos de la propia sociedad)

Otro estudio que se está llevando a cabo en la actualidad, es sobre la posibilidad de Zn en los terrenos calcáreos triásicos de la zona de Pontons (Alt Penedés),Vallirana y Begas (Baix Llobregat), por la sociedad Rio Tinto Minera. Las investigaciones no han finalizado y los resultados eran esperanzadores ya que las leyes así lo permitian, no obstante una vez realizados los sondeos sabremos sus posibilidades.

Bauxita .- Este mineral, tradicional deciamos, de la mineria catalana,ha sido objeto de investigación hace algunos años por miembros de la Universidad de Barcelona. Desconocemos en este momento la Sociedad pero si parece que -

los resultados, por comunicación oral de los participantes no fueron positivos. Este problema lo discutiremos en el apartado 5.

Fluor-Bario-Estroncio (Gangas): Para el fluor, además de los ya comentados en minerales complejos, hay que reseñar que se han hecho algunas exploraciones siempre a nivel de afloramiento mineralizado conocido, en el Tagament (Montseny) y Espirelvas (La Selva), por parte de pequeñas sociedades locales y algunas multinacionales como BARITINA S.A. (Kali-chemie) en el Tagament. En la actualidad y concretamente en el Tagament,las explotaciones e investigaciones se hallan en punto - muerto debido a las discrepancias existentes entre la Diputación y Baritinas S.A.

Esta misma sociedad está llevando a cabo trabajos de investigación en la zona de Poblet (Conca de Barberá) para el Bario, a fin de reexplotar antiguas explotaciones y el estado de investigación (llevado en gran parte por la Universidad de Barcelona) presume una pronta explotación en la zona. Esto, creemos es de suma importancia ya que quizá sea la primera vez que una explotación de Baritina se lleve a cabo mediante métodos racionales y modernos y no como hasta ahora y desgraciadamente también en el futuro (si no se modifica), en forma de explotación de rapiña, estacional y sin ningún sistema de seguridad, que aparte de beneficios un tanto limitados, lo único que se conseguia es el de destruir el yacimiento sin posibilidad futura de reactivación.

Otro elemento en el que hay alguna sociedad minera interesada, es el Estroncio (en forma de Celestina). Los yacimientos conocidos en la actualidad son los de la conca de Vic (osona) explotados hace tiempo (?) y de forma muy marginal.Para este tipo de elementos habrá que esperar a un futuro próximo para ver el desarrollo en el mercado y estudiar las posibilidades catalanas.

Hierro y Manganeso.- Este sector se halla completamente estancado y no se han realizado investigaciones, que nosotros sepamos, desde el último decenio, de todas formas y tal como indicábamos en el apartado (2.2.) no parece ser de gran interés ya que los recursos especulativos, como veremos en el apartado 5 son casi nulos.

Talco (Estartita): Como ya hemos anunciado en el apartado (2.2.) las explotaciones son exclusivas de la zona del Alt Empordá, y han sido objeto de numerosos estudios por sociedades francesas y organismos públicos franceses (B.R.G.M. y Universidad). Por parte española los estudios realizados son casi nulos o de baja calidad.

La sociedad francesa, Talcs de Luzenac, es la que posee la mayor parte de las concesiones de la Bajol (Alt Empordá) y de las Salines (Massanet de Cabrenys (Alt Empordá). Esta empresa está llevando a cabo una exploración sistemática de la zona con lo que creemos que las reservas y recursos quedarán sensiblemente reducidos a corto plazo.

Desconocemos si durante estos años se han realizado prospecciones en vista a ubicar posibles zonas enriquecidas en otros puntos del Alt Empordá y Garrotxa.

Cobre : Como indicábamos en apartado anterior, este metal es uno de los más apreciados para la industria. La producción actual catalana es practicamente nula y las prespectivas malas.

Durante esta década se han realizado prospecciones (geoquimica-aluvionar) en el macizo del Montnegre (maresme) por la multinacional (Felps Dodge). Los resultados parece que han sido poco esperanzadores ya que no han realizado más etapas de prospección.

Esta misma sociedad, Exminesa,Chaparral y S.M,M.P.E. también lo han estudiado en sus prospecciones pirenaicas, con resultado aunque desconocido, presumiblemente malos.

No obstante existe un ambicioso proyecto por parte de una de estas sociedades sobre el estudio de los granitos costeros catalanes y del cual hablaremos en el apartado 5.

Otras menas: Plata-Oro-Antimonio-Arsénico-Bismuto-Wolframio-Estaño.

Sobre la plata ya hemos comentado algo en el apartado de minerales complejos y hay que hacer constar que solo S.M.M.P.E., que nosotros sepamos, se ha interesado por este metal. Principalmente se beneficia de las menas de plomo y por lo que conocemos, las menas catalanas son inicialmente pobres en este metal. Existen además indicios de plata nativa (Priorat) que han sido objeto de estudio pero debido a su poco tonelaje, abandonadas.

El oro, aparte del espantoso "bluff" de los yacimientos de Viella,estudia-

dos recientemente por la Universidad y que fue debido a su aparatoso error de apreciación analítica, no conocemos explotaciones ni investigaciones recientes sobre este mineral aparte del realizado en el Pirineo Central por las sociedades anteriormente citadas ya que generalmente cuando se prospecta una región o área esta se realiza sistematicamente para todos los metales importantes.

El Antimonio-Arsénico, ubicado principalmente en el Vall de Ribes (Ripollés) no ha sido objeto de explotación ni exploración por parte de ningún grupo minero salvo por Liucette (Francesa) que encargó a esta Universidad un pequeño informe sobre la posibilidad en esta zona. Al igual que el As-Sb el bismuto, tampoco ha sido objeto de estudio en estos últimos años salvo por la prospección sistemática de las sociedades anteriormente mencionadas.

El Wolframio (Tungsteno) y Estaño, principalmente el primero ya que definitivamente parece ser que no hay posibilidades para el segundo, ha sido objeto de prospección. El W fue objeto de explotación en el área de Costabona (Ripollés) durante la década de los cincuenta, principios de los sesenta por parte de sociedades francesas. En la actualidad las explotaciones se hallan abandonadas y los recursos parecen recaer principalmente en el sector francés. No obstante una prospección sistemática de este metal (buen precio en el mercado y gran demanda), se ha estado y se está realizando actualmente en el Pirineo Central por Chaparral y creemos que Exminesa y Felps Dodge también. Hay que tener en cuenta que en la vertiente francesa están los yacimientos de Salou de rango europeo y principal yacimiento de Wolfram de Francia. Sobre este tema ya trataremos más adelante.

Potasas: Este es el sector de mayor producción actual y como ya hemos comentado en el capítulo anterior sus reservas son importantes y la sociedad concesionaria Unión Española de Explosivos Rio Tinto (UERT) esta llevando a cabo constantes trabajos de investigación y evaluación de reservas. El apartado sobre las potasas no volveremos a tratarlo en este informe ya que consideramos que su explotación, beneficio y evaluación de reservas, se halla perfectamente estudiado por la sociedad concesionaria.

Menas radioactivas (Uranio): Como ya mencionábamos en el apartado anterior desconocemos si han existido explotaciones de Uranio, pero si sabemos que han existido ensayos de producción como en la mina "Eureka" de "Pla de Mont-ros (Pallars Jussiá)

y en los lignitos de Calaf (Segriá) (datos obtenidos a través de la Junta de Energia Nuclear (J.E.N.)). Estos ensayos se realizaron en la década de los sesenta, principios de los setenta y en la actualidad parece que ya no se realizan ensayos de este tipo.

La investigación de menas radioactivas ha sido llevada a cabo por la J.E.N. primero y en la actualidad por Promotora de Recursos Naturales -Chevron. La J. E.N. se limitó inicialmente a buscar las zonas con estructuras y terrenos favorables para posteriormente dejar la prospección sistemática a estas sociedades.

Las zonas inicialmente halladas tales como Boadella (Alt Empordá),Pla de Mont-ros (Jussiá),Calaf (Segriá),Tibidabo (Barcelonés),Poblet (conca de Barberá),Malgrat (Maresme), etc, han sido abandonadas momentáneamente debido a que si bien las leyes parecen ser interesantes, el volumen de mineral parece ser bajo (a excepción de Calaf que es a la inversa). Por lo tanto a la zona que se dedicará interés prioritario, por su gran tonelaje (en el sentido de menas radioactivas) y baja ley (lo que nos hace mejor explotables con un tratamiento poco sofisticado), son las zonas generalmente limítrofes con las unidades costeras y pirenáicas (Osona,Ripollés,Selva,Gironés,Alt Empordá,Bagués,Conca de Barberá,etc.

De todas maneras, aunque existan muchas zonas interesantes para la prospección de Uranio, esto no significa que todas tengan algún valor, ya que en muchas de ellas, no solamente la ley es muy baja sino que el tonelaje también. Además parece que existen problemas tecnológicos (que no existirán en un futuro próximo) para la recuperación de las cenizas de los lignitos. Con lo que del 50,6% del territorio catalán dado para concesiones de Uranio, las zonas que presumiblemente darán un resultado apetecible no creemos que sobrepasen el 1% y las zonas de explotación evidentemente mucho mas inferior.

4.- Sistemas de Investigación a corto y medio plazo.-

4.1.- Fases teóricas de la Investigación Minera

4.1.1.- Exploración: Consistirá en el recorrido y reconocimiento de una región geologicamente desconocida, con itinerarios de malla ancha, generalmente de 5Km

y a escalas 1:200.000 e inferior para seleccionar factores favorables que caracterizan posibles blancos.

Los criterios a utilizar son generalmente históricos y si la base geológica existe : litológicos, estructurales y a grandes rasgos magmáticos. Métodos indirectos a utilizar serian: fotografia aérea de Satélite y Radar en Blanco y Negro y Color. Los elementos humanos a utilizar serian Metalogenistas,Fotogeológos,Economistas y en menor medida Geofísicos y Geoquímicos. El espacio a recorrer entre 5.000 y 100.000 Km^2; el Tiempo necesario: algunas semanas y la inversión de unas 300 pts. (1974 Km^2).

4.1.2.- Prospección o estudio de las zonas geologicamente favorables a grandes rasgos y delimitados durante la etapa anterior. Dentro de la prospección distinguiremos dos sub-etapas:

A.- Prospección estratética: delimitación de unidades con lo que tendremos una reducción importante de la superficie inicial. Objetivo principal: Localización de los sectores con indicios y anomalias para en ella concentrar los medios disponibles, aproximarse a un ensayo sobre el tipo de yacimiento/s y elegir el método de prospección técnica.
Métodos Indirectos a utilizar: Prospección aluvionar,litológica y suelos (mallas inferiores a 1 Km^2), hidrogeoquímica (F-Pb-Zn-Cd), Geofísica Aerotransportada(según que caso terrestre: Gravimetria) tal como magnetismo y radiometria (prospección directa). Fotogeologia en color y falso color, en infrarojos,etc.
Los elementos humanos a utilizar: Geofísico,Geoquímico,Prospector,Economistas,Minerólogo,Químicos analistas,Fotogeólogos y Sedimentólogo.
El espacio a recorrer: Entre 50 y 500 Km^2 (mapas a escala 1:100.000 a 1:50.000.
El tiempo necesario: de unas 3 ó 4 semanas a un par o tres de meses.
La inversión necesaria seria del orden de 4.100 pts/Km^2 (1974).

B.- Prospección Táctica: Objetivos: definición de los blancos,delimitación de unidades, clasificación de blancos por orden de interés y para su reconocimiento profundo. Primera clasificación del tipo de yacimiento y leyes (aproximadamente): Reservas Inferidas. Mapa Geológico de Detalle.

Métodos directos e indirectos a utilizar: Criterios Paleológicos Magmáticos,Sedi-

mentológicos, Paleogeográficos, Geomorfológicos,Estructurales y Geoquímicos. Magnetismo (directo e indirecto) miss a la masse (directo o indirecto),Calicatas, Geoquímica, (malla estrecha),sondeos mecánicos (a rotación) y pequeños pozos. Pre-estudio económico de orientación y primer intento Geostadístico.
Los elementos humanos a utilizar: Geólogos Mineros,Prospectores,Químicos,Analistas,Economistas,Metalogenistas,Sondistas,Geofísicos,Geoquímicos,Sedimentólogos,Tectónicos,Mineralogos,Petrólogos y Geoestadísticos.
El espacio a recorrer:Obtención de mapas a escala 1:20.000 a 1:5.000 y de 5 a Km^2.
Tiempo a emplear:de 6 a 12 meses
Inversiones: alrededor de 675.000 pts/Km^2 (1974)

4.1.3.- Reconocimientos de los indicios. Objetivos:Delimitación de las anomalias definidas mediante métodos directos. Definición del entorno del yacimiento con la malla de reconocimiento definida por la geoestadística. Forma,volumen,profundidad del yacimiento. Primeros conocimientos reales de la relación ley/tonelaje. Primera aproximación económica.
Métodos directos a utilizar: Levantamiento topográfico y mapa geológico de detalle del objetivo. Sondeos (rotación) con desmuestre (adaptación y control geoestadístico), su interpretación geológica de síntesis, mediante estudios Paleográficos, Mineralógicos, Geoquímicos, (estudio químico del encajante y separación de las anomalias locales),Geofísica (operaciones geofísicas en los sondeos (diagrafias de todo tipo) y ensayos de evaluación.

Los elementos humanos: Geólogos mineros, Prospectores,Sondistas,Geoestadísticos, Químicos (analistas), Ingenieros Economistas y Juristas, Geofísicos, Metalogenistas y Geólogos especialistas en general.
Espacio y tiempo: mapas a escala 1:5.000 a 1:500 en superficie de 0,5 a 3 Km^2. Tiempo de duración de un año o más.
Inversiones: del orden de 30 a 40.000.000 por blanco o grupos de yacimientos.

4.1.4.- Reconocimiento y valoración del yacimiento:
Objetivos: Cálculo de reservas base. Conocimiento real de la relación Ley/Tonelaje, puesta a punto del tratamiento o beneficio (fábrica piloto). Elección del método de explotación y estudio de su rentabilidad.
Técnicas de estudio: Sondeos sistemáticos y trabajos mineros preparatorios a una posible explotación. Demuestre geoestadístico.Ensayo industrial del tratamiento y beneficio.Estudio de posibilidades.

Elementos humanos a utilizar: Geólogo minero, Prospectores,Sondistas,Geoestadísticos,Ingenieros de Minas,Economistas, Minerólogos,Juristas,Químicos y Geológos estructurales.
Espacio y tiempo: superficies Hipotéticas, mapas a escala 1:1000 a 1:200.
Tiempo:de algunos meses a 2-5 años
Inversiones:Muchos millones de pesetas, según yacimiento.

4.2.- Grandes temas de investigación minera.Tipos aplicables en el ámbito de Catalunya.-

4.2.1.- Depósitos Estratiformes s.l. en sedimentos de covertera,sin relación visible con los Plutones.

Estos depósitos son particularmente importantes para el uranio y fosfatos (70 a 90% de los recursos mundiales conocidos),El Manganeso (50%),el Cobre,el Plomo, Cinc, Hierro, Cobalto y Fluorita (del 20 al 30%) el Caolin (40%) y la totalidad de las reservas de potasas.

Los criterios de prospección utilizados para la ubicación y estudio de estos yacimientos son sedimentológicos, paleogeográficos (geomorfológicos,paleoclimáticos), estructurales y geoquímicos. Las técnicas empleadas a nivel estratégico son el magnetismo,gravimetria,geoquímica y radiometria. A nivel táctico técnicas parecidas.

En Catalunya, la mayor parte de las mineralizaciones de Uranio (del subtipo presumiblemente "Peneconcordantes" y de forma marginal "Roll") pertenecerian a este tipo.

Así mismo las de Pb-Zn-Ba peneconcordantes del Triásico Muschelkalk del Baix Llobregat y Alt Penedés, los indicios de cobre y baritina en el Bundsanstein de la conca de Barberá,Priorato,Vallés y Pallars Jussiá (sólo en Pallars Jussiá y Vallés existen momentáneamente indicios de Cu). Las mineralizaciones (aparentemente muy marginales de Manganeso del Priorat), también pertenecerian a este tipo aunque podrian solaparse con otro tipo que veremos más adelante.

4.2.2.- Depósitos estratiformes en las series Volcano-sedimentarias de zonas móbiles (Volcanismo Synoeogénico).

En este grupo se pueden distinguir por una parte las masas piritosas con sulfuros complejos de Pb-Zn-Ag (más del 50% de las reservas mundiales) y más accesoriamente el Cu-W-As-Sb, etc., y por otra parte las capas de óxidos de hierro y de manganeso del subtipo (banded Iron Formation) que representan más del 70% de las reservas de Fe y el 40% de las de Mn.

Los criterios de prospección se hallan ligados al estudio de las formaciones volcánicas (criterios magmáticos, estructurales, geoquímicos y paleogeográficos). Las técnicas de prospección se apoyan a nivel estratégico sobre la geoquímica y el Magnetismo y a nivel táctico, sobre la gravimetria eléctrica y - magnetismo.

A este tipo de mineralizaciones correspondrian las de Pb-Zn del Ordovícico, Silúrico-Devónico del Valle de Arán, algunos indicios de La Selva,Baix Empordá, Baix Llobregat, Maresme, Conca de Barberá y Priorat (Baix Camp). Dentro de este conjunto incluimos inicialmente las pizarras negras grafitosas del Silúrico-Devónico del Maresme, VAll d'Arán,Vallés, Baix Llobregat y Conca de Barberá,ricos en indicios de Uranio, probablemente (tema en estudio) en Mo,Ge,As,Bi,Sb,W y Pb-Zn-Cu, que son soporte de los yacimientos de óxidos de Fe del Maresme - (Malgrat),Gironés (Celrá) y Baix Llobregat (Gavá) y que podrian incluirse en - el tipo anterior.

4.2.3.- Yacimientos ligados a rocas graníticas ácidas y Calco-alcalinas tardi-syn-Orogénicas y/o al vulcanismo asociado.

Este tipo puede subdividirse en diversos subtipos de los cuales solo reflejaremos los que pueden presentar cierto interés en el ámbito catalán.

A.- Los yacimientos ligados a granitoides calco-alcalinos tardi-orogénicos,particularmente ricos en cobre (más del 50% de los recursos mundiales (Porphyry Copper) y molibdeno (90% de las reservas mundiales).

B.- Los yacimientos Peribatolíticos syn-tardi-orogénicos, particularmente ricos en Sn,W,Li,Be,U.,Tantalo y Pb-Zn,Sb,As(Au),Bi. Dentro de estos sólo hablaremos de las pegmatitas de los skarns y de los yacimientos hidrotermales s.l.

Los criterios de prospección son muy variables para cada subtipo. Así para

los Porphyry Copper criterios estructurales, principalmente tectónica de placas, magmáticos y geoquímicos. Para los Peribatolíticos usaremos principalmente criterios magmáticos y paleogeográficos asi como geoquímicos y estructurales.

Las técnicas de prospección a nivel estratétigo serian: la prospección aluvionar (W,Sn,An),geoquímica s.l. (Pb-Zn,Cd,Cu) magnetismo, teledetección y espectometria (isótopos del Potasio para el Porphyry Copper). A nivel táctico el magnetismo,geoquímica,gravimetria y polarización provocada.

De los tipo A no se conocen mineralizaciones en Catalunya pero si que existen suficientes anomalias de Mo y Cu asociados a fases tardi-magmáticas que han hecho pensar a algunas sociedades la posibilidad de Porphyry Copper a 2 ó 3.000 m de "Profundidad" en la cadena litoral catalana.

De los del tipo B, tenemos numerosos ejemplos: Pegmatitas, se reconocen en el Cabo de Creus (Alt Empordá) y Vall d'Arán. Parece ser que presentan anomalias en U. y Li lo que hace su prospección interesante.

Skarns, se reconocen a lo largo del Pirineo y unidad Costero-Catalana en zonas de contado cobertera paleozoica-granitos tardi-hercínicos. Las mineralizaciones son principalmente de Magnetita y Calcopirita (scheelita)en el Maresme (Montnegre),Vallés (Montseny), de Arsenopirita, schulita (W) Magnetita y Blenda en el Vall d'Arán (Bonabé) y Scheelita-Magnetita en el Ripollés (Costabona).

Flones Hidrotermales s.l.: todos los flones de cobre del Montseny (Vallés), Alt Empordá,Baix Camp,Pallars Jussiá,Los de Arsénico y Antimonio (Oro) del Vall d'Arán, Pallars Sobira,Cerdanya,Ripollés,Garrotxa,Alt Empordá y Priorat y los yacimientos de Talco del Alt Empordá, aunque su mecanismo no sea realmente el mismo.

4.2.4.- Yacimiento de Alteración y de acción superficial.

Dentro del primer subgrupo tendriamos como fundamentales los de Aluminio (90% de los recursos mundiales), a excepción de las arcillas.

Los criterios de prospección, se hallan ligados a criterios paleogeográficos,paleoclimáticos,geoquímicos,geomorfológicos (estructurales) y litológicos.

Las técnicas de prospección serian principalmente: geoquímica de suelos,gravimétricos y de resistividad.

En Catalunya se encuentran los principales yacimientos del estado español, y se ubican principalmente en el Alt Penedés,Noguera, Alt Urgell y en la Terra Alta. Se sitúan principalmente en el techo del Triásico, en el Jurásico y en el Cretácico superior.

Dentro del segundo subgrupo pero con características similares al anterior tendriamos los yacimientos PERDESCENSUM. Estos serian yacimientos generalmente filonianos o Cársticos con lo que entrariamos en el subgrupo anterior,de baja temperatura y formados principalmente por Pb-Zn. Como los del Priorat (a nivel de hipótesis), los de F-Pb-Zn (Ba) de Osor (Selva),Matagalla,Tagament (Vallés) Montcada y Reixach (Barcelonés),Berta (Vallés), etc,Ba (Pb-F), como los de Poblet y Sierra de Prades (Conca de Barberá y Baix Camp),Priorat,Alt Empordá y Baix Empordá (Monrás) Cerdaña y Alt Urgell. Los de Vilaller (Alta Ribagorça) tambien podrian ser de este subtipo.

Los criterios de Prospección principales son: criterios litológicos(paleozócalos),estructurales, geoquímicos, geomorfológicos y paleogeográficos.

Las técnicas de prospección son fundamentalmente hidrogeoquímicas y geoquímica de sedimentos ya que otros métodos no son, en principio, la fotogrametria.

4.2.5.- Yacimientos Aluvionares (placeres)

Este tipo de yacimientos muy importantes para el Estado y Circonio (70% de los recursos) y otros minerales pesados, el que nos podria interesar en Catalunya seria para el Oro.

Los criterios de prospección son principalmente los litológicos, geomorfológicos (estructurales) y paleogeográficos.

Las técnicas principales son la de prospección a la batea y geoquímicos.

El Oro aluvionar en Catalunya es desconocido ya que no se encuentra citado, no obstante y tal como veremos en el próximo apartado podriamos encontrarlo a

lo largo del Pirineo Central y Oriental.

4.3.- Temas aplicables y fases de investigación a corto y medio plazo.-

A.- El estado español (y en tal caso Catalunya) se encuentra dentro de la zona de libre mercado (Politico-Económico).

B.- Desconocemos cual es la política "práctica" del estado español y de la Generalitat sobre recursos naturales no renovables a excepción de los energéticos.

C.- Conocemos las necesidades de la Industria, primaria (globalmente) del Estado español, pero desconocemos las de la catalana.

D.- Según José Sierra Lopez (Economia Industrial,1978), la política teórica del Estado español es la de combatir la dependencia exterior y a mitigar la vulnerabilidad a corto plazo, mediante la puesta en marcha de "Stocks Estratégico"; y a medio y largo plazo, la concentración mundial de la oferta en pocos paises(A),con el fomento de la participación en paises más favorecidos bajo el punto de vista minero y asi asegurar parte de las necesidades de la industria del Estado español.

Parece ser y según el mismo autor, que mediante inversiones de más de 54.000 millones de pesetas se podrá paliar y cumplir las medidas a corto plazo (1980-85), disminuyendo la dependencia a un 50% en Hierro,Cobre,Hulla Coquizable, Aluminio, Fosfatos, Asbutos, Niquel, Cromo y Titano y mejorando para el - Plomo, Estaño y Cinc (excedentario) y suponemos que para el Wolframio.

A partir de estos puntos, se podria trazar una politica de investigación minera para Catalunya, actuando a corto y medio plazo para elementos posibles en el territorio de Catalunya,tales como: Aluminio,Wolframio,Plomo,Bario,Fluor (mineral estratégico pero sustituible como metalúrgico en el futuro),Uranio (si socialmente es posible) y lignitos (ya que como veremos las hullas antracíticas no parecen a corto plazo interesantes).

Si consideramos que a corto y medio plazo, el Cinc será excedentario en el Estado español (Según José Sierra), con lo que entraremos en el "club" de los grandes productores, creemos que es de gran importancia su investigación en toel ambiente catalán, ya que presenta grandes prespectivas.

Esta politica, conllevaria para el territorio catalán a medio y corto plazo, el conocimiento de reservas Inferidas (Gráfica 4) de estos metales.

4.3.1.- Temas aplicables

A.- Estudio de los yacimientos vulcano-sedimentarios para Pb-Zn-W(Cu)-As(Au) a lo largo de los terrenos Paleozoicos (desde el Cambro-Ordovícico hasta el Paleozoico Superior,incluido el Carbonífero).-

-Interés: La posibilidad de utilizar como guias de prospección los yacimientos hidrotermales de (As(Au),Sb,Pb-Zn,Cy y Mo), los yacimientos en skarn y Pegmatita ya que estas (hipótesis en estudio) nos pueden conducir a la ubicación de fuertes anomalias (posibilidad de yacimiento) originadas por formaciones vulcano-sedimentarias.

Se trataria aquí de preconcentraciones o protoyacimientos de origen vulcano-sedimentario, sedimentario y/o vulcanogético, que al ser intuidos por granitos tardi-hercinianos o simplemente sin orogénicos, con bajo poder de asimilación, expedirian en forma de fluidos hidrotermales mineralizados laterales alrededor de dichos plutones, una serie de metales tales como los anteriormente mencionados. Existen ejemplos como en la Montaña Negra (Francia) y en el mismo Valle de Arán. Este aspecto lo volveremos a tratar en el apartado (5).

-Objetivo: Las posibilidades, principalmente en Zn,Pb,W y quizá Cu que estas formaciones presentan a lo largo del Pirineo y unidad costero catalana. La prueba es la existencia de numerosos indicios asociados a este tipo de formaciones y el interés despertado por las Sociedades mineras anteriormente mencionadas y el B.R.G.M. francés.

-Fases de investigación.Posibilidades: La exploración es una etapa ya desarrollada y casi completa,sólo por la falta de una buena Cartografia Geológica a 1:200.000. Los criterios históricos y geológicos a grandes rasgos son conocidos por esta Universidad y por un sinfín de sociedades Mineras.

La prospección Estratétiga, estaria en fase incipiente por parte de esta Universidad, no obstante se tienen numerosos datos obtenidos a través de trabajos de Tesis Doctorales tanto francesas como españolas,aunque sólo representan estudios con caracter muy particular y no se plantean la posibilidad metalogenética y económica de estos sectores.

En la actualidad y a través de una Acción Integrada con l'E.N.S.G. de Nancy se ha escogido una zona piloto como es la de la cabecera del Noguera Pallaresa (Valle de Arán) para la prospección geoquímica y metalotéctica de metales tales como el Zn,Pb,W ,Cu,(Au,As,Sb) y F, la zona del Montnegre y si los créditos son suficientes :La Selva.

Las posibilidades de la Universidad,con créditos suficientes, es la de su potencial humano,geoquímico-analítico, geofísica terrestre (Gravimetria y radiomatria). Existen además Sociedades Mineras que creemos se hallan en esta fase.

La prospección táctica s.s. no existe en la actualidad por parte de ningún organismo público ni privado, que nosotros sepamos, ya que la investigación realizada por Peñarroya España finalizó hace algunos años (2 años) y las otras sociedades si bien han realizado algunos sondeos no conocemos sus resultados ni si piensan continuar dentro de esta fase.

B.- Estudio de los yacimientos estratiformes s.s. sin relación visible con rocas magmáticas para el Pb-Zn-Ba (F) principalmente en el Triásico y Cretácico Inferior y Uranio en el Mesozoico-Cenozoico.

-Interés: Estudio Paleogeográfico del Triásico y Cretácico (Pb-Zn) y del Secundario-Terciario (Uranio).

Para el Pb-Zn y concretamente el Triásico Muschelkalk tenemos diversos indicios en Pontons,Vallirana y Begas asociadas a las calizas dolomítizadas del - Muschelcalk inferior. Un ejemplo similar lo tendriamos en uno de los mayores distritos en el mundo de Zn, como es el de Alta Silesi-Cracovia (Polonia)

Si partimos de fondos geoquímicos altos en Pb y Zn, tanto de los granitos como cobertera Paleozoica, un estudio paleogeográfico de esta zona nos puede ser de excelente guia para la ubicación de otros yacimientos que incluso pueden estar relacionados con otros tipos de cuencas.

Para el Uranio , además de las anomalias en el Triásico Bundsansteins y en el Barmunierne y Cenozoico general, siempre puntuales, hay que tener en cuenta que en unos recientes estudios realizados por la Universidad sobre la cobertera Paleozoica de la Unidad Costero Catalana, hemos constatado fondos radioactivos

de 1.500 a 2.500 "chocs por los segundos" mientras que los sedimentos cenozoicos, por lo general, presentan valores medios de 80 chocs por 10 segundos.

Esto nos hace pensar que si bien los granitos no contienen más de 3 a 4 ppm de uranio (análisis realizados en el C.R.R. de Nancy) el fondo general y en particular los esquisitos negros Silúricos (preconcentraciones de ó más ppm de uranio) serian la fuente de los yacimientos cenozoicos que bordean principalmente la vertiente de la Unidad Costero Catalana.

Los tipos de yacimientos Uraníferos, sin tener en cuenta los hidrotermales episieníticos como los que cabe suponer serian los de Boadella (Alt Empordá), los de la vertiente de la depresión del Ebro y probablemente los de la depresión del Vallés y de la zona del Ampurdá,serian del tipo: "Sans tone-type/peneconcordantes (Dahalkamp, 1978)", que admás pueden presentar vanadio (economico),Mo,Se,Cu, desarrollado en zonas de transición (condiciones físico-químicas y litológicas apropiadas) y los de tipo Sands tone-type (Roll-front).

-Objetivos: Las posibilidades en Pb-Zn (Ba-F), para los primeros,a lo largo de la Unidad Costero-Catalana y quizás prepirenaica y en Uranio,Vanadio y como subproducto (?) Mo y Cu para los segundos.

-Fases de investigación y posibilidades: La exploración al igual que en (a) se hallaria aunque menos, casi desarrollada, pero con la falta de una cartografia base de 1:200.000

-La Prospección Estratigráfica: Sobre el Pb-Zn, la Universidad de Barcelona junto con Rio Tinto Minera,está desarrollando una serie de estudios puntuales (Pontons,Alt Penedés) y Vallirana-Begas (Baix Llobregat) conducentes a un mejor conocimiento de este sector. En la actualidad se han estudiado el ámbito de las mineralizaciones mediante trabajos geológicos de Cartografia y Geoquímicos (conocimiento de leyes), pero no se ha podido realizar una prospección sistemática en el entorno de los índices. Las causas se atribuyen a la falta de créditos y a una deficiente cartografia geológica a 1:50.000.

No obstante las posibilidades de estas mineralizaciones son optimistas y esperamos en un futuro próximo terminar con esta fase para poder entrar en otras más avanzadas.

El potencial que ofrece la Universidad al igual que en el apartado (a), es importante: humano,geoquímica y geofísica terrestre.

Sobre el Uranio, la Universidad aparte de estudios marginales (Tesis Doctorales) que inicialmente no se realizaron, a nuestro entender, por la prospección de Uranio, no ha realizado ningún estudio, salvo un pequeño rastreo por los terrenos Paleozoicos de la cadena costera, con el fin de detectar anomalias para determinar el origen de las presuntas concentraciones, de la vertiente de la Depresión del Ebro. Por lo tanto, es una fase a desarrollar (si socialmente es posible) ya que cuenta al igual que para los otros temas de la capacidad suficiente para realizarlo (radiometria terrestre, geoquímica,etc.).

Hace algunos años,esta Universidad intentó repetidamente entrar en contacto con la J.E.N. para realizar prospección a nivel estratégico del ámbito catalán, pero nunca se obtuvo respuesta salvo en casos aislados, como anteriormente se ha mencionado, ya que fue la J.E.N. que se interesó por trabajos de Tesis, realizados en el ámbito continental del Triásico y en los medios de Transición del Cenozoico.

Han existido contactos por parte de Chevron con esta Universidad en los últimos meses, pero a raiz de los acontecimientos por todos conocidos, nos hemos negado a colaborar.

En cuanto las fases de Investigación realizadas por Promotora y Chevron, son un tanto especulativos, pero creemos que la fase Estratigráfica se halla casi totalmente terminada y con resultados,al parecer, positivos. La intención de estas sociedades es la de pasar a corto plazo a una fase táctica (reconocimiento de Indices), pero desconocemos los blancos por ellos elegidos.

No nos pronunciaremos sobre el interés de estas prospecciones, ya que bajo el punto "socio-político" no son interesantes pero si bajo el punto de vista económico.

C.- Estudio de los yacimientos ligados a rocas graníticas ácidas y calco-alcalinas y/o al vulcanismo asociado para As (Au), Sb,W,Bi,Pb-Zn y U.

-Interés: dificilmente se encuentran yacimientos con una relación ley-to-

nelaje apropiado para su explotación. Hay que tener en cuenta que los yacimientos filonianos (hidrotermales), son generalmente desechados (a corto y medio - palzo),por su baja rentabilidad. Esto no implica que se conozcan sus reservas inferidas a corto plazo. No obstante creemos que su interés se halla cifrado en el apartado (4.3.1.a) y la estrategia para este tipo de yacimiento no estaria en su explotación sino como guias de prospección.

-Objetivo: seria evidentemente la posibilidad en Au,As,Sb,W y posiblemente en U y Plomo-Zinc. La zona a prospectar es la faja del Paleozoico Pirenaico y Costero Catalán.

-Fases de investigación y Posibilidades: Al igual que para los apartados (a) y (b) la exploración, seria una fase ya desarrollada pero con una baja infraestructura por la falta de una cartografia geológica a escala 1:200.000

La prospección estratégica, se solaparia con la del apartado (a) y estaria en fase incipiente, aunque para la zona del Ripollés, existe una infraestructura creada a partir de los trabajos realizados por esta Universidad y por los franceses.

Las posibilidades de la Universidad, siempre son créditos adecuados, es importante siempre y cuando se solapen con (a).

La prospección Estratétiga por parte de Sociedades Mineras Públicas y/o es en la actualidad practicamente nula.

La prospección Táctica, se limitaria unicamente al sector del Ripollés,con los trabajos anteriormente mencionados, pero si bien se conocen las mineralizaciones (bajo el punto de vista mineralógico y parcialmente metalogenético), no se ha realizado ningún tipo de prospección directa o indirecta que nos de alguna idea sobre los recursos de esta zona.

D.-Estudio de los yacimientos de Alteración y de Acción superficial para el Aluminio, Fluor,Plomo,Zinc,Bario,Plomo-Cinc y Bario.

-Interés: Estudio paleogeográfico (paleoclimático) del Cretácico Inferior y Paleoceno para el Aluminio y del Triásico y Paleoceno para el Pb-Zn,F-Pb-Zn-Ba y Ba-Pb.

y Ba-Pb.

Los minerales lateríticos bauxitíferos, se hallan dispersos en bolsadas en el Jurásico-Cretácico Inferior y en el Cretácico Superior del Alt Penedés-Anoia (La Llacuna y Mediona) y en la zona de la Noguera-Alt Urgell y Pallars. Existen otras mineralizaciones de aspecto estratiformes (arcillas y arcosas alumínicas) atribuidas al Cretácico Inferior de Terra Alta. Su origen es un tanto dudoso pero parecen estar ligadas a épocas Biostáticas (ERHART, 1956) y posteriormente removilizados estos depósitos residuales (Rhesistasia) a depósitos Cársticos o dolinas. Esta época Biostática coincidiria con un clima alitizante que afectaria a las zonas emergidas del Crétacico Inferior y Superior de Europa y cuyos límites pasarian por la parte Sur de la Depresión del Ebro. (SAMAMA,1971).

El problema que se plantea en Catalunya, es el del área fuente del Aluminio, ya que el de la zona de Baux (Francia) parece estar ligada a granitos alumínicos ácidos muy próximos, cosa que no acontece en Catalunya. De todas formas es un problema Paleogeográfico y Paleoclimático que por si sólo, es de gran interés.

Las mineralizaciones al igual que las estratiformes de Ba-Cu, estarían ligadas al desmantelamiento y reprecipitación, bien en cuencas bien en cajas de fallas abiertas, de oligoelemento que presentan un elevado fondo geoquímico en los macizos Hercinianos catalanes.

Asi tenemos que en un clima de Monosialitización (clima subtropical húmedo) y Alitización (tropical),el Zn y el Pb son eliminados de la roca madre,transportados en suspensión y redepositados en zonas favorables. En un clima Bisialitizante (templado), quien es eliminado es el U y Cu con procesos finales similares a los anteriores. Durante estas etapas unos y otros elementos quedarán como residuales, con lo que se existe una etapa Rexistásica posterior serán tambien transportados (SAMAMA,1974).

Ejemplos prácticos de este tipo de yacimientos los tenemos en l'Argentiere (M.Central francés) y en el Montseny (Vallés) ya que en la zona de peniplanitización afectada presumiblemente por climas de este tipo durante el Permotrias, Triásico, Garunniense,Etc., se observa una anomia negativa con respecto al fondo general, de Pb,Zn y Cu (CASAS,comunicación oral).Desconocemos el comportamiento

del F y Ba.

Este gran volumen de elementos lixívidos pudiera bien encontrarse en las fracturas circundantes, dando lugar a los típicos yacimientos PERDESDENSUM. (hipótesis en estudio) en amplias zonas de Catalunya.

-Objetivos: Las posibilidades en Bauxitas en un amplio sector de Catalunya y en Pb-Zn, F y Ba, principalmente los dos últimos en las Unidades Costeras y Pirenaicas.

-Fases de investigación y Posibilidades: La exploración al igual que en los otros apartados y con las mismas características, se encuentra bien desarrollada.

La prospección estratética: Se han realizado numerosos estudios para las Bauxitas en los últimos cincuenta años con datos de recursos más o menos aproximados y todos los autores, incluso recientemente BARDOSSI (comunicación oral) nos indicó las grandes posibilidades catalanas, coinciden en el interés de este sector, salvo estudios recientes sobre el terreno, realizado por un equipo de Geólogos de la Universidad, que lo daban como negativo.

Nosotros creemos que no se ha desarrollado lo suficientemente esta investigación y que seria necesario incidir abiertamente en este sector aunque sea a medio plazo, para crear una infraestructura en alguno de los sectores,actualmente en explotación, asi como la revisión de los trabajos realizados anteriormente.

Que nosotros sepamos, no existe ningún equipo trabajando en la prospección de este sector y las posibilidades de organizarlo estaria en función de créditos adecuados para realizarlos a medio plazo.

Para el Pb-Zn,Ba-F, existe en la actualidad una prospección estratética bien desarrollada, ya que conocemos las estructuras de estos filones (Tesinas y Tesis en realización) y sus posibles guias para una fase Táctica. Esta fase estratética ha estado coordinada inicialmente con la Universidad de Paris VI mediante una Acción Integrada, con lo que la posibilidad del factor humano es latente aunque no la de los créditos.

Seria además muy necesario una revisión y en las zonas que no existe, la confección del Mapa Geológico a escala 1:50.000 para asi mejorar los criterios de prospección al pasar a la fase táctica.

Sólo en prospección de Bario, existen Sociedades Mineras interesadas (BARITA,S.A.) aunque por el momento sólo reconocen los yacimientos ya existentes, tales como los de Poblet (Conca de Barberá).

E.- Estudio de los yacimientos Aluvionares (Placeres)

-Interés: El estudio paleogeográfico-morfológico de las llanuras aluviales cercanas a los yacimientos de Arsénico con contenido en Au. del Pirineo Central y Oriental.

-Objetivos:El Oro y en menor proporción el Wolframio.

-Fases de investigación y Posibilidades: La exploración, practicamente no existe ya que desconocemos indicios en los aluviones de los rios Pirenaicos pero creemos que una exploración a la batea a muy corto plazo seria imprescindible.

Desconocemos si se han realizado prospecciones de este tipo, pero creemos que las Sociedades Mineras que han trabajado en el Pirineo, se habrán interesado por este metal en sus prospecciones geoquímicas. Sus resultados, si los hay, los desconocemos.

La infraestructura de dicha exploración y prospección estratégica será posible, cuando existan mapas 1:50.000 geológicos y a escalas más reducidas topográficas, asi como cuando las fases estratégicas y tácticas de (a) se hayan desarrollado.

F.- Estudio de los carbones

-Interés: Conocimiento de las facies y paleogeografia de las cuencas en donde se desarrollan los lignitos, asi como las estructuras que presentan los macizos paleozoicos del prepirineo en donde se ubican las hullas antracíticas con el fin de hacer una valoración real de los recursos.

-Objetivos: Combustibles de alto y mediano poder energético asi como sus posibilidades en Uranio.

-Fases de Investigación y Posibilidades: A nivel de exploración bien desarrolladas pero con la falta imperiosa de un mapa 1:200.000 que delimite las cuencas productoras.

La prospección estratégica creemos que se halla bien desarrollada en la cuanca del Bergadá, pero con grandes lagunas en las otras cuencas de lignitos, asi como en las hullas antracíticas. El problema que se plantea es que si no existen cartografias geológicas a escala 1:50.000 es dificil preveer las zonas de máximo interés para pasar posteriormente a una prospección táctica.

Las posibilidades de la Univerisdad las desconocemos, ya que no existen especialistas en este tema aunque seria posible crear una infraestructura a corto plazo, (créditos imprescindibles). En cuanto a Sociedades Mineras, la Prospección táctica, reconocimiento de índices y del/los yacimientos, aunque de forma bastante precaria, corre casi siempre a cargo de las Sociedades Concesionarias de las actuales concesiones.

5.- Análisis del territorio mediante estudio y relación de las variables, problemas y procesos que en él inciden.

En este apartado, reflejaremos en mapas a escala 1:50.000,las posibilidades geológicas ligadas a las variables geológicas y problemas de infraestructura de investigación minera (apartado 4). Los procesos que en él inciden, no se reflejarán ya que son de índole socio-politica y medio ambiental.

-MAPA Nº 1 (CINC-PLOMO)

Los índices de mayor posibilidad para el CINC, se situan en la vertiente NW (Vall d'Arán,Pallars Jussiá), en La Selva y en el Alt Penedés y Baix Llobregat.

En las dos primeras zonas,las variables y problemas que en ellas inciden, se reflejan en (4.3.1.a). En la zona del Alt Penedés y Baix Llobregat, se reflejan en (4.3.1.b).

Los índices de mediana y poca posibilidad se deben, inicialmente a la debil infraestructura de la prospección Estratégica y Táctica en estas zonas enteriomente mencionadas.

Los índices de mayor posibilidad para el PLOMO se situan tambien en el NW, en el Priorato y con posibilidad Media en el Baix Llobregat - Alt Penedés. Las variables geológicas que en ellos inciden hacen disminuir sus posibilidades (4. 3.1.a.b.c.)

Las posibilidades medias y bajas, corresponden generalmente a variables geológicas débiles y mala infraestructura, debido a la falta de una prospección estratégica.

MAPA Nº 2 EL FLUOR Y EL BARIO

Inicialmente, tal como mencionamos en (4.3.1.d), estos elementos se encuentran en estructuras filonianas. Estas estructuras se desarrollan por lo general en el zócalo Hercínico y en algunos casos en la cobertera Mesozoica (Triásica).

Las zonas de mayor posibilidad para el FLUOR, son variables geológicas complejas y problemas de prospección Táctica-Valoración de los yacimientos elevados, serian las comarcas del Vallés (Montseny) y La Selva (Guilleries). En el Montseny influyen además, procesos de índole ambiental (Paisajísticos).

Las de mediana a baja posibilidad, están influenciadas por la infraestructura Estratégico-táctica que en la actualidad están en fase de desarrollo. Otra variable geológica y problemática estratégica, son las que presentan las zonas del Baix Llobregat, Alt Penedés y Conca de Barberá en donde se conocen indicios geoquímicos (variable geológica interesante), pero sin prospección estratégica inicial.

Las zonas de mayor posibilidad para el BARIO, son zonas circundantes a las del Fluor a excepción del Priorat y Conca de Barberá. Las variables geológicas (4.3.1.d.) son similares a las del Fluor y los problemas estratégico y táctico favorables para las zonas del Priorat-Conca de Barberá y menos favorables para el Montseny-Guilleries-Gavanes por falta de prospección táctica.

Las otras zonas tales como la Prepirenaica,Alt Penedés y Baix Llobregat, presentarian zonas con variables geológicas (4.3.1.b.) interesantes, pero con una prospección estratégica deficiente. El Maresme, variables geológicas y problemas de investigación de bajos a nulos.

MAPA Nº 3 HIERRO Y MANGANESO

Las posibilidades para estos dos metales, son de medio a bajas en variables geológicas (4.3.1.a,b,c y d). Los problemas que plantean en la Prospección Estratégica son elevados, por la falta de posibilidades (variable geológica), de hallar yacimientos de más de 2 Mtn. (para el Fe) que los haga interesantes a una prospección táctica a medio y largo plazo.

Lo mismo sucede con el MANGANESO ya que en la prospección estratégica (incipiente) ha demostrado la imposibilidad a corto y medio plazo de una prospección táctica.

Las zonas con posibilidades (?) para el HIERRO, son los esquisitos negros del Silúrico-Devónico (Maresme, Gironés,Baiz Empordá y Pirineo Oriental) y los filones (siderita-hematiles) de la Vall Farrera (Pallars Sobira) (4.3.1.c.).

Las zonas con posibilidades para el MANGANESO, son las bolsadas (presumiblemente 4.3.1.d.) de la Cerdaña y Bergadá en las calizas debónicas y los niveles estratiformes del Carbonífero del Priorat (4.3.1.a ó b).

MAPA Nº 4 TUNGSTENO,ORO,ARSENICO Y ANTIMONIO

Las posibilidades para el TUNGSTENO, en variables geológicas,son muy interesantes en los niveles del Caradoc y Silúrico Devónico y quizás Cambro-Ordovícico Inferior (Canaveilles) del Pirineo Central y Oriental,La Selva,Baix Empordá, Maresme, Vallés y posiblemente Priorat.

La mayor posibilidad se ubica en el Vall d'Arán y Ripollés donde la prospección estratégica en marcha (4.3.1.a) lo indica como zona favorable.

Las otras zonas, con variables geológicas similares, la prospección estratégica es nula lo que hace en la actualidad, una posibilidad general baja.

Para el ORO, asociado al ARSENICO y para el ANTIMONIO, las posibilidades son de medio a bajas, debido a que las variables geológicas no son del todo conocidas (4.3.1. a,c y e) influenciadas inicialmente por la falta de una prospección estratégica (ORO) y táctica (As y Sb).

Las zonas con posibilidades son similares (salvo gran parte del Hercínico costero) a las del Tungstens.

MAPA Nº 5 EL COBRE

Las posibilidades para este metal a corto y medio plazo son bajas. Las causas son principalmente por el desconocimiento de las variables geológicas que pueden dar lugar a zonas favorables a la prospección estratégica. Cuando se conocen estas variables, caso de yacimientos filonianos en zonas graníticas (Baix Camp y Alt Empordá) estos no ofrecen interés para un desarrollo de una prospección táctica debido a su propia estructura y presumiblemente su bajo tonelaje. Este caso seria similar para filones de la cobertura paleozoica en donde estos son más abundantes.

El único interés estratégico y en su caso táctico seria para la delimitación (4.3.1. a) de zonas estratiformes con relación ley/tonelaje interesante.

Las zonas coloreadas que presenta este mapa, son posibilidades,siempre bajas, de estratiforme (estraloligadas) a la facies del Permotrías-Bundsanstain, en donde conocemos indicios: Vallés (Montseny),Alt Empordá (Boadella),Pallars Jussiá y en la isla de Menorca.

La zona que se planteó como interesante a realizar una prospección estratégica y táctica pero a largo plazo, seria en los Granitoides Costero Catalanes, por sus constantes indicios en Molibdeno. Esto hizo pensar a cierta Sociedad Minera, en la posibilidad de un Porphyry Copper en profundidad, cosa que nosotros consideramos posible, por el tipo de estructura que estos granitos ocupan.

No obstante la existencia de estos Porphyrys Copper se hallaria a gran profundidad con lo que su explotación, deberia ser muy sofisticada y con un gran desembolso económico.

MAPA Nº 6 LOS CARBONES

En este mapa hemos diferenciado las hullas antracíticas de los lignitos, y estos de los de gran poder calorífico de los de bajo poder calorífico.

Sobre las primeras, se tienen algunos datos con lo que la prospección estratégica está bastante desarrollada: cuencas limnicas estefanienses situadas por debajo de una potente serie vulcano-sedimentaria,actualmente en estudio - por la Universidad. Las posibilidades son bajas por los problemas de reexplotación que presentan y por los recursos que presentan que creemos son muy inferiores a los dados oficialmente. No obstante quizás a medio-largo plazo y por la crisis energética, sus posibilidades aumenten.

Las posibilidades de lignitos de alto poder calorífico (Bergadá) son estimables ya que la fase estratégica y creemos que también la táctica, se halla bien desarrollada. Las variables geológicas, aunque no las conozcamos por entero; parecen estar bien delimitadas, con lo que creemos que las posibilidades en este sector sólo se hallan sometidas a problemas (económicos) y a procesos (ambientales).

MAPA Nº 7 EL URANIO

Las posibilidades de URANIO en el ámbito catalán, no estan sujetas en la - actualidad por variables geológicas y problemas de prospección y/o económicos, sino a procesos socio-políticos tales como presumible deterioro del Medio Ambiente, emanaciones readioactivas, contaminación radioactiva de aguas superficiales y subalveas y el deterioro del entorno paisajístico,agrícola,ganadero, etc.

Estos procesos, hay que recalcar, suceden para cualquier otro tipo de explotación a baja ley y elevado tonelaje, a excepción de los radioactivos.

Las variables geológicas son interesantes ya que si bien los granitos costeros poseen fondos normales (3-4 ppm de Uranio), el zócalo paleozoico posee un fondo algo superior a lo normal (4.3.1.1.); las rocas almacén,Triásico,Garumniense y oligo-Mioceno s.l. presentan características paleogeográficas,litológicas y geoquímicas interesantes con lo que la concadenación de todos estos facto-

res han dado lugar a una posibilidad geológica importante.

Los problemas de investigación se hallan solventados ya que en la actualidad probablemente nos encontramos dentro de una fase táctica.

Las zonas más interesantes, son los bordes de los macizos hercínicos,con niveles arenosos de facies continentales y de transición tales como la base del Triásico (Osona,Baix Llobregat,Conca de Barberá,Penedés y la faja prepirenáica, el Garumniense de Osona, La Selva y Alt Penedés), ambas representadas por el morado oscuro. Con posibilidades más débiles serian las margas continentales con areniscas (punteado) que bordean casi toda la cadena costero, margas lacustres en donde se ubican los lignitos de Calaf (variable geológica positiva y problemas con la recuperación) (rayas moradas), que bordean toda la cadena costera y margas con bancos de areniscas, probablemente de transición en Osona,Garrotxa y Ripollés.

Otras zonas con posibilidades geológicas interesantes (variables adecuadas) son las zonas de exquisitos negros del Silúrico (Barcelonés,Maresme,Conca de Barberá,etc), pero con problemas de índole táctico (relación ley/tonelaje bajas),representadas en el mapa por el morado claro. El mismo color , representa las zonas graníticas (fondos muy elevados : 4.000 a 8.000 chocs por 10 segundos) con yacimientos de origen Episienítico (Alt Empordá).

Las zonas de más baja posibilidad son los granitos, ya que si bien pueden contener yacimientos episieníticos, estos son de difícil y costosa explotación, siempre y cuando las leyes no sean elevadas. La excepción estaria en los yacimientos franceses, pero su área fuerte:granitos de dos micas, posean de 12 a 15 ppm de Uranio.

6.- Alternativas.-

6.1.- Variables geológicas: Los elementos metálicos,gangas,sales y carbones que mejores variables geológicas presentan, asi como su concadenación para una Investigación Minera (fases estratégica,táctica y reconocimiento de indicios), son por orden de más interés:

-Las SALES POTASICAS, en la zona de la Depresión del Ebro (Bagues,Solsonés y Bergadá) con una Prospección Táctica (reconocimiento de Indicios) y reconocimiento-Valoración de los yacimientos (no explotados o en explotación).

-Los LIGNITOS s.s., en la zona de la Depresión del Ebro, Fosa de la Cerdanya, Vallés y en el Prepirineo central con una prospección táctica (reconocimiento de Indicios) y Reconocimiento-Valoración de yacimientos para los de alto poder energético y Prospección Estratégica-Táctica (puntualmente reconocimiento de Indicios y Valoración) para los de bajo poder energético.

-El CINC (Plomo), a lo largo del Pirineo Central-Oriental y en la Cadena Costero Catalana, con fase de prospección táctica-reconocimiento de Indicios pa-el Pirineo Oriental (Vall d'Arán), estratégica en el Pirineo Oriental,Táctica-Reconocimiento de Indicios (Alt Penedés-Baix Llobregat) y táctica en el Priorat.

-El URANIO, a lo largo del borde de la Depresión del Ebro con la parte Septentrional y central de la Cadena Costero-Catalana y en el borde del Prepirineo con la Depresión del Ebro, con fases de Prospección estratégica en las zonas internas de la Depresión del Ebro y Táctica-Reconocimiento de Indicios en todas las zonas mencionadas.

-El TUNGSTENO (Wolframio), a lo largo del Pirineo Central y Oriental en el zócalo Paleozoico de la Cadena Costero Catalana, con Prospección Estratégica-Táctica en el Pirineo Central y Estratégica s.s. en el resto.

-El BARIO (Fluor), a lo largo de la Cadena Costero Catalana y de forma marginal en el Pirineo Central y Oriental, con fase de Prospección Táctica-Reconocimiento de Indicios en la zona Costero Catalana y Estratégico-Táctica en el resto.

-El ALUMINIO (Bauxitas),a lo largo de la zona Mesozoica del Prepirineo Central (Noguera) y del Alt Penedés-Anoia con fases de Prospección Táctica y Reconocimiento de Indicios.

-El ORO, a lo largo de las zonas aluviales de los rios Pirenaicos,principalmen-

te del Pirineo Oriental y Central, con fases de prospección Estratégica (incipiente en la actualidad).

-El COBRE, a lo largo de la zona litoral Catalana,Pirineo Oriental y Central. Prospección Estratégica-Táctica.

6.2.- Problemas que se plantean: Los problemas que se plantean para la Exploración y/o Prospección de recursos naturales no renovables una vez conocidas las variables geológicas, son problemas económicos,jurídicos,de infraestructura y humanos. Consideramos que los elementos que producen ó deberian producir menos problemas a la Investigación Minera (fundamentalmente por 4.2.5.D),seguirian el mismo orden que para las variables geológicas, a excepción del URANIO y ORO que deberian situarse en los primeros puestos :SALES POTASICAS (no perder los privilegios del sector); URANIO (necesidad energética de primer orden a corto plazo);LIGNITOS (mismo criterio pero en un sector mucho más desarrollado);CINC (PLOMO-PLATA) (posibilidades a la exportación); TUNGSTENO (interés primario); COBRE (interés primario),etc.

6.3.- Procesos que se plantean: Bajo este aspecto los procesos fundamentales son los de índole Socio-Político y Jurídico. Así el Medio Ambiente, muy arraigado a la sociedad actual (las causas son obvias y necesitarian un estudio exhaustivo y reflexión), limitaria al máximo la prospección y explotación de recursos naturales ya que la mayoria de ellos se encuentran en parajes de esparcimiento, turísticos y parques, en un futuro nacionales. La paradoja aparece con el URANIO, que si bien se ubica en algunos puntos de interés turístico, la mayor parte se localiza en zonas poco pobladas, pero por sus posibles efectos secundarios, son rechazados por una gran mayoria de los pobaldores de las zonas próximas a sus posibles explotaciones.

6.4.- Medios disponibles: Los medios disponibles para llevar a cabo una Investigación Minera, se hallarian incluidos dentro de los "Problemas que se plantean", no obstante creemos necesario diferenciar los medios disponibles por organismos oficiales estatales, de los de las empresas y sociedades mineras en general y de los disponibles, en este caso, por Entidades Autónomas.

-Organismos Oficiales Estatales: Constarian de los medios del I.G.M.E.,

J.E.N. y Empresas para-oficiales, con créditos públicos,medios humanos cualificados (geólogos especialistas,Ingenieros especialistas,Juristas y Economistas (estos dos últimos se le supone)), asi como Técnicos de segundo grado y personal auxiliar; material de exploración directo e indirecto y laboratorios en general. Estos medios se dedicarian o deberian dedicarse a la Exploración,Prospección Estratégica,Táctica y en algunos casos que fueran necesarios a fases - más avanzadas.

Organismos tales como Sociedades Mineras: Contarian con medios humanos cualificados (al igual que para los Oficiales), material de exploración directa e indirecta, laboratorios en general y medios para valoración y explotación.Estos medios, deberian utilizarse principalmente para el Reconocimiento de Indices y Reconocimiento-Valoración-Explotación de los yacimientos y en casos muy particulares, siempre con la ayuda de los Estatales, a la Prospección Táctica y excepcionalmente a la Estratégica.

-Organismos Oficiales de las Comunidades Autónomas: Deberian disponer de medios humanos cualificados (similares a los otros dos), asi como medios de Exploración directa e indirecta y laboratorios en general. Estos medios se deberian dedicar a la Exploración,Prospección Estratégica y en su caso Táctica de los territorios comprendidos dentro de la comunidad autónoma y asesorados (Prospección Estratégica) por los Organismos Estatales Centrales.

6.5.- Medios de actuación: Una Investigación Minera racional a nivel del territorio del Estado Español deberia comprender:

a.- Un Organismo Oficial Central (Servicio Geológico Estatal) que en nuestro caso se identificaria con el I.G.M.E., para la Investigación de todos los recursos naturales no renovables, asi como para la Ordenación del territorio en todo lo que al aspecto geológico se refiere.

b.- La exploración, Prospección Estratégica e incluso Táctica,deberia corresponder a los ORGANISMOS OFICIALES AUTONOMOS (GENERALITAT),asesorados correspondientemente por los Organismos Estatales Centrales. En su momento la decisión de pasar a un Reconocimiento de Indicios o a una Prospección Táctica muy avanzada, deberia corresponder (reflexionadas en conjunto), al Organismo Oficial Central.

c.- El Reconocimiento de Indicios,Reconocimiento-Valoración y Explotación de los yacimientos, deberia corresponder a Sociedades Mineras Públicas o Privadas. Los Organismos Estatales Centrales y de las Autonomias, deberian aportar sus conocimientos y supervisar los trabajos de Prospección Táctica (avanzada), Reconocimiento de Indicios y del Yacimiento realizados por las Sociedades Mineras.

6.6. Alternativas en Catalunya:

1.- Imperiosamente solicitar la confección de mapas Geológicos a escala 1:200.000 de todo el territorio de Catalunya (sin ellos la exploración es imposible). Es imprescindible una buena realización de esta cartografia ya que sin ella, no es posible confeccionar mapas temáticos ambientales.

2.- Es necesario realizar los mapas Geológicos a escala 1:50.000 de todas las zonas en donde las variables geológicas actuales son positivas, para acceder a la Prospección Estratégica y Táctica. Una vez confeccionados dichos mapas,sobre su base geológica y las variables geológicas favorables, confeccionar los mapas METALOGENETICOS DE CATALUNYA. Estos mapas además, serán de gran utilidad para la ordenación del territorio y confección de mapas temáticos ambientales (geotécnico,suelos,hidrogeológicos,etc).

3.- Simultáneamente deberán plantearse la posibilidad de realizar estudios conducentes a la ubicación de zonas favorables (Prospección Táctica), de los elementos cuyas variables geológicas y problemas conocidos actualmente, sean positivos (las primeras) y negativos (los segundos), tales como Potasas,Lignitos,Uranio,Plomo-Cinc,Wolframio (Tungsteno) y Aluminio en las zonas demarcadas en los apartados anteriores, para así poderlos tener en cartera (Recursos Inferidos Submarginales,gráfica nº 4) para una posterior evaluación por Empresas Mineras, cuando los PROCESOS sean favorables.

6.7.-Capacidad de la Universidad/es en la realización de las Alternativas: La Universidad, con su potencial humano en Científicos,Técnicos,material de Explo-

ración y Laboratorios, asi como el INTERES SOBRE LA PROBLEMATICA,CARACTERISTICAS Y RECURSOS DE LOS TERRITORIOS EN DONDE OPERA, en nuestro caso Catalunya, es capaz, siempre y cuando existan créditos suficientes, de realizar, en cooperación con los Organismos Oficiales de la Generalitat y del Estado, una Exploración,Prospección Estratégica y Táctica.

Por ejemplo, en la actualidad existen programas de Investigación conducentes a obtener criterios para un Prospección Táctica de zonas ricas en Plomo-inc,Bario-Fluor y Wolframio en el territorio español y en general,en colaboración con las Universidades de Paris VI, Instituto Politécnico de la Lorena (E. N.S.G.) y "Facoltá de Ingenieria" de Cagliari (Italia). Estas investigaciones nos han llevado a varios sectores del Pirineo Central y de la Cadena Costero Catalana.

Se realizan numerosas Tesis Doctorales y trabajos, en donde la Cartografia Geológica es su parte esencial.

ARIDOS Y ROCAS INDUSTRIALES

T. TORAL

(Dirección General Carreteras,
Generalitat de Catalunya)

I N D I C E

1.- Introducción

2.- Los áridos: Calidad y necesidades

3.- Unidades explotables
- 3.1.- Rocas siliceas
- 3.2.- Rocas calizas
- 3.3.- Gravas naturales
- 3.4.- Arenas naturales

4.- Rasgos Geográficos
- 4.1.- Geografia física
- 4.2.- Geografia humana
- 4.3.- Geografia comarcal
  - 4.3.1.- Las comarcas Pirenaicas
  - 4.3.2.- El Prepirineo
  - 4.3.3.- La Depresión Central
  - 4.3.4.- La Depresión del Vallés-Penedés
  - 4.3.5.- El Ampurdán
  - 4.3.6.- La Franja Litoral
  - 4.3.7.- Las comarcas del Ebro

5.- Las explotaciones actuales
- 5.1.- Aridos de calidad especial
- 5.2.- Aridos normales de machaqueo
- 5.3.- Gravas y arenas
- 5.4.- la Distribución comarcal
  - 5.4.1.- El Pirineo
  - 5.4.2.- El Prepirineo
  - 5.4.3.- La Depresión Central
  - 5.4.4.- La Depresión del Vallés-Penedés
  - 5.4.5.- El Ampurdán
  - 5.4.6.- Franja Litoral
  - 5.4.7.- Las comarcas del Ebro

6.- Areas de consumo y necesidades

6.1.- Aridos de calidad normal
6.2.- Aridos de calidad especial

7.- Notas sobre Legislación
7.1.- Referencia en la Ley de Minas
7.2.- Referencias en el Reglamento de actividades molestas
7.3.- Referencias en la Ley del Suelo
7.4.- Comentarios a la legislación

8.- Otros usos industriales de las rocas
8.1.- Fabricación de cemento
8.2.- Yesos
8.3.- Rocas ornamentales
8.4.- Cerámica
8.5.- Aridos artificiales

9.- Lineas de futura actuación
9.1.- Estudios comarcales
9.2.- Estudios sobre regulación y acondicionamiento de las explotaciones

LOS ARIDOS EN CATALUÑA

Estado actual, necesidades y reservas

1.- Introducción -

En un pais tiene especial importancia una buena plnificación en la industria de la construcción y obras públicas.

El mayor volumen de material para la construcción proviene de materias primas minerales, es decir las denominadas "rocas industriales". En este aspecto las rocas pueden usarse de dos formas, a saber:a). como árido, es decir sin más transformación que su trituración y clasificación para usarlas en la fabricación de morteros tanto de hormigón como asfálticos. b). como materia prima explotada a cielo abierto para fabricación de cementos, cales, yesos, cerámica, etc.

El objeto del presente estudio no es otro que analizar el estado actual de las explotaciones de áridos, aunque de forma somera trataremos también otros usos de las rocas, en uno de los capítulos.

En el momento actual no se dispone en Cataluña de un trabajo de síntesis sobre las explotaciones existentes y su grado de rendimiento. De aquí la justificación del presente trabajo, cuyo objeto es también servir de primer peso para trabajos más detallados sobre los aspectos que aquí trataremos en general.

Cataluña es un pais con áreas dehsamente pobladas, con sus vías de comunicación soportando altos índices de tráfico y con una alta preocupación en la conservación del entorno natural en aquellas zonas todavia no degradadas, de aqui que cualquier estudio de ordenación del territorio, necesite de armas de trabajo en varios aspectos, uno de los cuales es el de materias primas para la construcción, y su interacción en el entorno geográfico considerado.

En el presente estudio tratan de considerarse dos tipos de factores bien diferenciados; de una parte las rocas de que se dispone, estudiando las unidades explotables, atendiendo más a su litologia, que a su edad geológica, trataremos de definir la calidad como árido que posee cada una de las unidades consideradas.

De otra parte atenderemos a las necesidades de distintas áreas, asi como a las condiciones de explotación en las mismas o en las más próximas.

De esta forma para conseguir los objetivos que nos proponemos seguiremos la siguiente metodologia.

1.- Definición y estudio de las unidades geológicas explotables, por su cantidad y calidad. Con ello podemos evaluar las reservas disponibles de rocas útiles en las distintas comarcas.

2.- Estudio somero de las principales unidades geográficas, agrupando comarcas afines que nos lleva de una parte a conclusiones sobre necesidades y de otra a las condiciones de explotación en las distintas zonas. El ideal será un estudio comarca por comarca, que nos lleve a conclusiones para cada una; sin embargo este trabajo de sintesis no nos permite tanto detalle, ni por su extensión, ni por el tiempo que ocuparia una realización serie de los estudios comarcales.

3.- Balance del estado actual de explotaciones de áridos teniendo en cuenta sobre todo las condiciones de explotación y su interacción en el medio ambiente del entorno geográfico en que se sitúa.

4.- Conclusiones generales sobre disponibilidades, necesidades y camino a seguir en un futuro próximo, donde se tratará de presentar las lineas maestras tanto en relación a estudios más detallados, como en las condiciones de explotación.

5.- Por último se tratarán someramente los aspectos de la legislación actual en el estado español que pueden afectar al tema de explotación de áridos, y las condiciones exigidas.

6.- También estudiamos en un capítulo aparte la explotación de rocas para otros fines constructivos, que no sea solamente la obtención de áridos, asi se estudian las explotaciones para fabricación de cemento, productos cerámicos, piedras ornamentales, etc.

Esta metodologia expuesta hubiera exigido la obtención de gran cantidad de

datos, sobre todo estadísticas de consumo. Estos datos se encuentran muy dispersos en distintos organismos.

El poco tiempo de que se dispone para la elaboración del presente trabajo, nos ha inclinado a usar sobre todo el conocimiento personal del problema de los áridos.

No obstante se ha dispuesto de datos de concesiones de las Jefaturas de Minas, donde se incluye naturaleza de explotación y término municipal donde se encuentra, asi como de todas las publicaciones del IGME referentes al tema.

Los criterios de calidad de los áridos provienen del conocimiento personal del autor, sin que tratemos de dar resultados numéricos reales, sino medios para cada una de las rocas consideradas.

Los índices de calidad exigible estan tomados de las normas técnicas de calidad del MOPU tanto par hormigones como para capas asfálticas, se han tenido asi mismo en cuenta las normas usuales en construcción.

Hay que hacer especial hincapié en que el presente trabajo representa más la experiencia del autor en 15 años visitando explotaciones por toda Cataluña, que la elaboración de unos datos estadísticos recogidos en este momento en algún Organismo. Esperamos de esta forma poder tratar el problema en su conjunto ponderando cualitativamente todas las facetas del mismo, aunque no se expresen explicitamente muchos datos cuantitativos, quizá más propios de una mera labor estadística que de un estudio de síntesis como es el presente.

2.- Los áridos: calidad y necesidades -

Podemos definir com "árido" aquella materia inerte que constituye un esqueleto resistente en las distintas unidades de obra constructivas, como hormigones hidráulicos u hormigones asfálticos.

En realidad una capa de hormigón está formada por un alto porcentaje de árido y una pequeña fracción de aglomerante, alguno de los cuales usa también como veremos rocas para su fabricación.

Generalmente los áridos estan constituidos por fragmentos de rocas naturales que ya se encontraban así en la naturaleza o bien que han sufrido un proceso de machaqueo.

Modernamente se comienzan a usar, aunque en muy pequeña cantidad,áridos artificiales, elaborados a partir de productos naturales (arcillas, pizarras,etc) sometidos a procesos de cocción con el fin de obtener fragmentos resistentes y forma definida, a veces de peso muy inferior a las rocas normales.

Así clasificamos los áridos en la forma siguiente, teniendo en cuenta su forma de presentarse en la naturaleza y su tamaño una vez elaborados.

- Aridos
  - Naturales
    - Clasificados
      - Gruesos
        - Gravas
        - Gravillas
      - Finos
        - Arenas
    - Machacados y Clasificados
      - Gruesos
        - Balasto
        - Grava
        - Gravillas
      - Finos
        - Arenas
        - Filler
  - Artificiales

A veces se denomina áridos naturales unicamente a los clasificados, sin embargo es preferible denominar naturales a todos aquellos en que la roca que los forma no sufre transformación química ni mineralógica alguna durante el proceso de elaboración. Reservando el término artificiales para los áridos en que la elaboración es lo suficientemente profunda, como para producir transformaciones químicas en la materia prima usada.

La calidad de un árido viene condicionada por dos factores, de una parte la calidad intrínseca de la roca con que se fabrica dicho árido y de otra el proceso de elaboración. Este factor dependiente del proceso de elaboración no le tendremos en cuenta en el presente trabajo, pues es siempre mejorable mediante una adecuada elaboración, no así la calidad de la materia prima, que pasamos a analizar.

a) Calidad de la roca por sus características físicas y mineralógicas, es decir calidad medida en laboratorio a través de muestras representativas.

b) Calidad del yacimiento en el campo, es generalmente estimada por el geólogo a base de medidas de cubicación, homogeneidad, discontinuidades, alteración de la roca, etc. y factores de situación, accesos, facilidad de explotación,etc. Suele conducir a una valoración estimativa del conjunto de factores que condicionarán la explotación.

La calidad de un árido, está perfectamente normada mediante ensayos físicos o químicos sobre muestras del mismo entre los que vamos a destacar los más importantes o más usados en nuestro pais, haciendo una crtica de los resultados de los mismos.

Coeficiente Los Angeles: Proporciona una medida del desgaste y resistencia al impacto, dando una idea de la dureza del árido y su fregibilidad.

Se mide la pérdida en peso de una granulometria definida según las normas, tras su giro dentro de un bombo con unas esferas de acero. El resultado se expresa en tanto por cien de pérdida.

Los áridos de calidad excepcional presentan resultados inferiores al 10%.

La escala de valores va desde 8-10 hasta 35-40 y como muestra el cuadro adjunto son de excelente calidad los resultados inferiores a 15, buenos o aceptables hasta 25 y por encima de esta pérdida los áridos no deben emplearse más que en unidades de obra de baja responsabilidad. Las normas exigen siempre valores inferiores a 35 y en muchos casos a 25.

Coeficiente de friabilidad: El ensayo proporciona una medida relativa de la resistencia de los áridos a la abrasión cuando se someten a una carga gradualmente aplicada. Da una idea de la dureza del árido y de su forma, bien sea esta natural o debida al machaqueo.

Introducido el árido conveniente en un molde, se le aplica una presión determinada. Los resultados se expresan mediante el coeficiente del peso del material fino producido durante el ensayo y el peso inicial, valor que multiplica por cien.

Como se ve aparte de medir la abrasión el ensayo depende tambien de la forma de los granos pues las hojas ofrecen mayor facilidad a la abrasión.

Los resultados son paralelos generalmente al Coeficiente de los Angeles,excepto en aquellos casos en que la forma influya tanto o más que la facilidad de abrasión.

Así se encuentran valores desde 10 a 35 para áridos utilizables en las distintas unidades de obra, este ensayo no está tan generalizado el de los Angeles, por lo que en algunos Pliegos de Prescripciones no se halla incluido.

Estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico: Este ensayo mide la resistencia a la desintegración de los áridos por la acción de soluciones saturadas de sulfato sódico o magnésico.Mediante este método puede obtenerse una información útil para juzgar la calidad de los áridos que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos. Dadas sus características del ensayo da la idea de una parte del ataque que puede producir el hielo sobre los áridos, y de otra de una cierta atacabilidad química de los mismos.

En realidad casi todos los áridos cumplen las condiciones exigidas, que consisten en una pérdida inferior a 12% para el $SO_4\ Na_2$ y a 18% para SO_4Mg.El ensayo se realiza mediante unos ciclos de inmersión y secado en estufa; se expresan los resultados en % de pérdida en cada fracción granulométrica.

Coeficiente de pulimento acelerado de los áridos: Este ensayo pretende reproducir de manera acelerada el que experimenta el árido bajo la acción del tráfico real, cuando forma parte de la capa de rodadura de una carretera.

Es por tanto un ensayo que solamente debe tenerse en cuenta cuando el árido esté destinado a este fin.

Consiste en medir el rozamiento de un péndulo contra una probeta de árido, despues de ser tratada por un abrasivo mediante un neumático, que gira. El abrasivo es arena silicea normalizada durante tres horas y polvo de esmeril durante otras tres horas.

Los resultados se expresan por un número comprendido entre el 0 y 1,que mar-

ca la altura alcanzada por el péndulo despues de rozar con la probeta se consideran valores buenos los superiores a 0,45 ó 0,50 despues de las 6 horas de pulido de la probeta.

Adhesividad de los áridos al betún : Existen dos tipos de ensayo uno para áridos grueso NLT y otro para arenas Ensayo Riedel-Weber.

Ambos miden según unas normas determinadas la facilidad de recubrimiento del árido por el asfalto, estos ensayos se consideraban esenciales hace unos años, para emplear un árido en hormigones asfálticos. Sin embargo en la actualidad han perdido en gran parte su importancia al emplear sustancias (aditivos) que mejoran enormemente la adhesividad del árido.

Reactividad con los álcalis del cemento: Existen algunos áridos en la naturaleza susceptibles de poder reaccionar con los alcalis que normalmente contiene el cemento, reacción que puede dar lugar a procesos anómalos de expansión en el hormigón.

Se analiza el contenido de silice soluble y la reducción de alcalinidad,en la disolución obtenida tras mantener el árido 24 h. en estufa, con solución 1,00N de NaOH.

Los resultados se expresan en minimoles por litro, tanto para Sc como para Rc.

Un árido se considera potencialmente reactivo si Sc Rc cuando Rc ,70 o bien Sc 35 ÷ 0,5 Rc cuando Rc 70 siempre que Rc es mayor que Sc el árido es útil. Este es el caso más general.

En áridos finos, un coeficiente rápido de su calidad se obtiene mediante el ensayo de Equivalente de arna: Nos da una idea de la proporción de materiales finos contenidos en el árido.

En una probeta se coloca el árido con la denominada solución de trabajo,se agita y posteriormente se enrosa dejando reposar durante 20 minutos, al cabo de los cuales se mide la columna de arena y la de arcilla que está sobre ella el resultado se expresa multiplicando por 100 la lectura de la superficie de arena,di-

vidida por la superficie de arcilla.

En realidad se emplean más estudios y ensayos en la definición de calidad de un árido, asi son importantes el estudio petrográfico y algunos ensayos químicos, que son tenidos en cuenta según la naturaleza del árido.

Tiene mucha importancia en los áridos para hormigones la existencia de pitas, que pueden ocasionar desperfectos graves, de aqui que se deshechen los áridos con alto contenido de sulfuros.

En gravas y arenas tiene especial importancia la granulometria original, el contenido de finos arcillosos,la naturaleza y la forma de los cantos.

Algunos de estos extremos no pueden traducirse en números, por lo que el juicio de calidad resulta al final algo subjetivo y dependiente del conjunto de factores enumerados.

Hasta ahora hemos tratado la calidad practicamente sobre muestras recogidas y analizadas en un laboratorio, sin embargo el estudio de un yacimiento es algo mucho más complejo que comprende trabajos de campo y de laboratorio.

A continuación se incluye un guión, que da idea de la metodologia usada en el estudio completo sobre calidad y posibilidades de un yacimiento rocoso.

ESTUDIO DE UN YACIMIENTO

ESTUDIO DE CAMPO

1.- Geologia
- 1.1.- Situación,topografia y morfologia
- 1.2.- Litologia y estratigrafia
- 1.3.- Tectónica
- 1.4.- Resumen y conclusiones

2.- Geotecnia
- 2.1.- Características petrológicas del yacimiento
- 2.2.- Estudio de discontiunuidades (Geomecánica de la zona)
- 2.3.- Recubrimiento y grado de alteración. Coeficiente de aprovechamiento.
- 2.4.- Condiciones de explotación y comunicaciones
- 2.5.- Cubicación.Reserva potenciales

3.- Estudios especiales recomendados
- 3.1.- Geofísica
- 3.2.- Sondeos mecánicos
- 3.3.- Catas superficiales
- 3.4.- Pruebas de arranque y elaboración

4.- Conclusiones Generales sobre el yacimiento

ESTUDIO DE LABORATORIO

1.- Toma de muestras representativas

2.- Estudio petrológico en lamina fina
- 2.1.- Definición de la roca
- 2.2.- Grado de alteración
- 2.3.- Microtectónica

3.- Ensayos físicos
- 3.1.- Coeficiente de desgaste Los Angeles
- 3.2.- Friabilidad
- 3.3.- Coeficiente de forma (del árido elaborado)
- 3.4.- Estabilidad frente a la acción de los sulfatos sódico o magnésico

3.5.- Peso específico
3.6.- Coeficiente de pulimento acelerado
3.7.- Adhesividad de los áridos al betún

4.- Ensayos químicos
4.1.- Reactividad a los alcalis del cemento
4.2.- Residuo insoluble ClH
4.3.- Contenido de sulfatos
4.4.- Contenidos de Sulfuros
4.5.- SiO_2; CaO; MgO; Fe_2O_3
4.6.- Contenido en Carbonatos

5.- La roca como árido: Comentarios sobre su calidad y empleo adecuado

6.- Aprovechamiento integral de la explotación

7.- Conclusiones

ANEJOS

1.- Mapa de situación de trabajos
2.- Mapa geológico E (1:1000 a 1:5000)
3.- Gráficos de estudio de diaclasas
4.- Perfiles geológicos representativos
5.- Sondeos geofísicos y mecánicos
6.- Perfiles geofísicos y de resumen de sondeos
7.- Expedientes de laboratorio
8.- Fotografias y microfotografias

Dentro de una clasificación de los áridos por su calidad parece lógico agruparlos en dos apartados, a saber:

a).- Aridos de calidad especial, en este grupo incluiremos los áridos excelentes, que se hacen necesarios para diversas unidades de obra, como son:

Capas de rodadura de autopistas y carreteras importantes (alto tráfico o gran cantidad de vehículos pesados).

Pavimentos especiales.

Balasto para ferrocarriles en lineas de mucho tráfico.

b).-Aridos normales para la construcción. En ellos incluimos todos aquellos de calidad buena útiles para todo uso y en parte aquellos de calidad regular que aún no siendo aptos para todo fin, si que lo son en ciertas condiciones.

Servirán por tanto para:
-Hormigones armados y en masa
-Hormigones asfálticos
-Morteros, etc

Estas calidades consideradas hasta este momento se refieren a áridos gruesos en general.

Sin embargo el problema varia cuando se trata de arenas. Hasta ahora se vienen empleando en la casi totalidad de unidades de obra arenas naturales.

Estas arenas son generalmente siliceas, por tanto su calidad viene medida por su contenido en finos arcillosos, o minerales nocivos para el hormigón como puede ser la existencia de micas o pirita.

Los buenos yacimientos de arenas no son muy abundantes, y a veces ofrecen problemas de explotación, sobre todo afectan a los niveles freáticos, ya que los posteriores rellenos les afectan..

Como veremos más adelante las arenas naturales son cada dia más escasas pues las de las playas no pueden emplearse por las sales que contienen. Esto hace que se deba empezar a pensar seriamente en la producción de arenas de machaqueo de calidad suficiente y a precio asequible para no incidir negativamente en los precios de la construcción. Si se llegara a una producción grande en arenas de machaqueo cambiarian al mismo tiempo los criterios de calidad para las mismas, ya que pasaria a segundo plano la existencia de minerales arcillosos y por contra habria de tenerse muy en cuenta la naturaleza y la forma de los granos, ya que ésta influiria en la calidad del hormigón.

Un estudio a fondo de las necesidades actuales y previsibles a corto y me-

dio plazo de áridos en Cataluña, sale de los límites de nuestro trabajo, pues sólo podria elaborarse a la vista de la política territorial a seguir. Por esto y también debido a la falta de datos actualizados, prescindimos intencionadamente de las estadísticas y los datos numéricos haciendo unicamente unas consideraciones sobre las necesidades actuales.

En todo momento las necesidades de áridos en una comarca determinada, puede desglosarse en dos capítulos perfectamente diferenciados, que pasamos a analizar someramente.

a) Necesidades en época normal: la necesidad de áridos en una cierta región está condicionada por la construcción existente en la misma. Es cierto que la construcción va intimamente ligada a los índices de expansión e industrialización de un lugar. En general Cataluña es un pais de expansión, donde el ritmo de construcción ha sido en muchas comarcas ciertamente alto. Esto hacia que se emplearan gran cantidad de áridos sobre todo para atender las necesidades en zonas industriales o turísticas. Zona de Barcelona,Tarragona-Reus,Figueras y toda la franja costera. Esto dió lugar a la proliferación de explotaciones en muchos casos unas muy próximas a otras, en un mismo yacimiento.

La crisis actual ha hecho remitir grandemente la demanda, por lo que los stocks en cantera han aumentado considerablemente y muchas de las explotaciones se han visto obligadas a suspender su actividad, continuando las que ofrecen mayor mecanización y mercado más seguro, aunque a veces a un 50 ó un 40% de su capacidad.

Sin necesidad de manejar cifras se puede asegurar que segunda y mitad de la década de los 70 ha sido claramente regresiva en cuanto a demanda de áridos. Otro tipo de necesidad normal son las toneladas de áridos que se emplean en conservación de carreteras y ferrocarriles, no son cantidades grandes, pero si fijas cada mes.

La Jefatura de Obras Públicas de Barcelona emplea del orden de 4.500 Tn. mensuales, a los que sumados los de Diputación y ayuntamientos más las Jefaturas de Obras Públicas de las otras tres provincias, vienen a arrojar un total mínimo de unas 30.000 Tn.

b) Necesidades para grandes obras: Esporádicamente surge en una comarca una obra importante, con gran demanda de áridos para su ejecución. Entre ellas — las más destacables son la construcción de:

-Nuevas carreteras o Autopistas
-Grandes presas y centrales nucleares
-Túneles (viales o hidraúlicos)
-Canales para riego y abastecimiento
-Ampliación y mejora de puertos

Una obra de este tipo exige generalmente un aprovisionamiento de áridos de calidad lo más proximo posible a la misma, pero durante un periodo de tiempo relativamente corto. Actualmente casi siempre se acude (excepto en presa) a yacimientos ya existentes aumentando la explotación. En presa y complejos eléctricos suele ponerse en explotación alguna roca útil en las proximidades de la obra.

Ahora a principios de 1980 las únicas grandes obras de que se habla en Cataluña son : en Carreteras

El eje Transversal Lérida-Manresa-Gerona, gran parte del mismo puede quedar reducido a un acondicionamiento de las vias actuales. Como todo exigirá — considerables cantidades de áridos en las comarcas del Segriá,Urgell,Segarra,Bagés, Osona y Gironés. La mayor parte de las cuales como veremos más adelante resulta deficitaria en áridos de calidad.

El eje Norte-Sur que desde el tunel del Cadí enlazara con Tarragona a través del Bergadá, Bagés, Anoia y Alt Camp, aunque se trate de un simple acondicionamiento de las vias actuales, exige gran cantidad de obras puntuales y variantes y por tanto una gran demanda de áridos para estas comarcas; de las cuales el Bagés y Anoia no son especialmente ricos en yacimientos de calidad.

El eje Pirenaico debe discurrir a lo largo del Pirineo, no deberá tener dificultades de áridos dadas las comarcas que comprende.

Existen otros proyectos de menor importancia que pueden incidir en un momento dado en algunas necesidades comarcales. Asi como los proyectos en marcha del área metropolitana que se surten de Garraf y Badalona.

Grandes presas y Centrales nucleares: Proyectos hidraúlicos existen varias de mayor o menor importancia, prácticamente todas localizadas en el Pirineo donde encontrarán yacimientos explotables.

Las Centrales Nucleares, de llevarse a efecto los programas previstos se situan todas ellas en el Sur de Catalunya, Vandellós, Ascó, l'Atmetlla donde se dispone de bastantes calizas para su construcción.

Túneles: Los dos únicos de que se habla y en cuyos proyectos se ha trabajado con el Tunel del Cadí y el de Tosas ambos para carreteras, en los dos h ará falta gran cantidad de áridos, tanto en el propio túnel como en los accesos. Su construcción exigirá la puesta en explotación de yacimientos de caliza en las bocas Sur y algunos granitos en la Cerdanya.

Otro posible túnel, seria el fronterizo en Alós de Isil en la cabecera del Noguera, exigiria por el lado español la explotación de algunas calizas de la cabecera del Noguera Pallaresa y quizá granito de los afloramientos situados en las zonas altas de la margen derecha del rio (Macizo de Beret).

La construcción de la variante subterránea de los ferrocarriles catalanes entre Barcelona y Cornellá así como la ampliación del Metro de Barcelona exigen a corto plazo áridos en el área de Barcelona, que habrán de tomarse calizas de Garraf o granito de la zona Norte (Montcada-Badalona).

Por último los túneles del Tibidabo aumentarán la demanda en el borde del Vallés y área de Barcelona, pudiendo usar granitos de Badalona y Rubí y calizas de Garraf, Ordal, etc

Canales de abastecimiento y riego: La obra más importante seria el - trasvase Ebro - Pirineo Oriental que necesita una gran cantidad de áridos a lo largo de las comarcas de la Terra Alta, Ribera, Priorat, Alt Camp, Penedés y Baix Llobregat.

El revestimiento de los actuales canales del Ebro requiere también una explotación intensiva en la zona de Tortosa.

Ampliación de Puertos: Tanto el puerto de Barcelona, como otros del litoral demandan con frecuencia cantidades importantes de áridos para escolleras y hormigón, en Barcelona suele usarse caliza de Garraf y hacia la Costa Brava granitos. Las explotaciones para escolleras son a veces difíciles de encontrar debido a los grandes bloques que deben obtenerse, por eso hay que acudir a rocas masivas y poco tectonizadas.

3.- Unidades explotables -

Comenzamos este nuevo capítulo con el análisis de las rocas útiles para áridos disponibles a lo largo y ancho del pais Catalán. Para ello agrupamos las mismas según su naturaleza químico-mineralógica en dos grandes grupos: rocas silíceas y rocas calcáreas, para los áridos obtenidos por machaqueo. Como unidad independiente trataremos las gravas y arenas.

3.1.- Rocas silíceas -

La mayor parte de los áridos siliceos usados en Cataluña proceden de los afloramientos graníticos que ocupan una extensión considerable en el pais. Además se emplean o pueden emplear algunos basaltos ofitas, corneanas y cuarcitas, que en general están bastante localizados en afloramientos no muy extensos.

Los granitos podemos agruparles en dos grupos a saber:
-Granitos del Pirineo
-Granitos costeros

El granito y rocas afines presentan en general bastante buena calidad como áridos cuando la roca es fresca. Esta calidad disminuye enormemente con la alteración de la misma. Los dos grupos señalados, por su distinta situación geográfica, han sufrido de distinta forma la alteración habiendo dado lugar a áridos de diferente calidad. En el Pirineo es importante la altera

ción mecánica, primero por el clima, despues por la gran energia erosiva de las corrientes de agua, siendo la alteración química escasa.

De esta manera nos encontramos a veces con grandes bolos transportados a distancias considerables y constituidos por roca fresca, o muy poco alterada,- unicamente las micas han podido sufrir los primeros procesos de alteración química. Los granitos costeros, se hallan ubicados en un clima mediterráneo, cálido y en zonas donde la erosión mecánica no es muy enérgica, estos factores han dado lugar a que la alteración de los granitos se haya realizado casi en - su totalidad de forma química con muy poco o ningún transporte en la fase primaria. Esta alteración química se encarga en síntesis de disgregar la roca. Los feldespatos y plagioclasas se transforman con hidratación hasta dar caolinita y otros minerales arcillosos. La biotita pasa a cloritas y micas doradas que en último estadio se convierten también en minerales arcillosos.

Solamente el cuarzo resiste la alteración, por lo que en la última fase encontramos una arena micacea arcillosa que cuando no está transportada conserva a primera vista la estructura del granito, pero es facilmente disgregable con los dedos. Constituye el auténtico "sauló" palabra que por extensión se usa para muchas arenas transportadas procedentes de granito. Así podemos - decir que el granito del Pirineo está meteorizado, mientras los granitos costeros estan alterados.

Esta diferencia da como resultado que en los afloramientos pirenaicos la roca útil se encuentre practicamente desde la superficie, mientras en la costa siempre existe una capa de recubrimiento más o menos importante de sauló y granito alterado que envuelve al verdadero yacimiento. Estos fenómenos dan lugar a unas variaciones muy acusadas en la calidad de los áridos obtenidos en los granitos de las costas.

En general para frentes abiertos el granito sano da en ambos casos índices de calidad entre los límites siguientes:

-Coeficiente Angeles	10-22
-Friabilidad	15-25
-C.P.A.	0,40-0,50

La reactividad con los alcalis del cemento es muy variable habiendo casos

en que no cumple las normas exigidas. Como se ve son áridos de excelente calidad cuando se trata de rocas frescas.

En cuanto a la situación los granitos costeros están enclavados en zonas mucho más pobladas y por tanto con mayores necesidades de áridos, de aquí que sea en ellos donde existen más explotaciones, aun a costa de que muchos no presenten gran calidad. Las condiciones de explotación son buenas en general en todos los granitos costeros con fáciles accesos y distancias de transporte aceptables. Sin embargo, muchas de las explotaciones han incidido en el medio ambiente trastocando la ecologia en zonas muy próximas a medios urbanos. Esto hace que deba cuidarse la implantación de canteras a lo largo de toda la zona costera.

La zona donde los granitos presentan mejor calidad y son más explotados son las proximidades de Mataró, encontrándose más alteradas las zonas de la Costa Brava en su sector sur, la franja de Blanes, St. Feliu de Guixols.

En el Pirineo las explotaciones son escasas, debido a la inferior demanda, sin embargo existen excelentes afloramientos, incluso para rocas ornamentales. En este sentido se explotan los granitos del Valle de Arán.

Una cantera que por su volumen de explotación merece mención especial es la situada entre Badalona y Montcada, que surte de árido granítico toda la zona de Barcelona. Su situación en la cabecera del torrente de Vallensana, hace que no sea visible y que excepto en la zona afectada directamente por la explotación, no influya en la ecologia.

Los basaltos como roca básica, geologicamente más estables en profundidad, y al mismo tiempo con una génesis que permite grandes diferencias sobre todo en porosidad, constituyen rocas mucho más irregulares como árido. Su forma de yacer en coladas irregulares y con grandes variaciones de calidad, hacen que sea una roca que debe tomarse con precauciones ante una explotación. La calidad es muy variable desde las de excelente calidad, a saber:

-Coeficiente los Angeles 12
-Friabilidad 12

C.P.A. mayor de 0,50 hasta aquellos muy alterados y porosos con coeficien

te Los Angeles mayor de 30, se encuentran basaltos con cualquier índice de calidad. La extensión de los afloramientos es en general pequeña y en muchos casos - su explotación incide muy negativamente en el medio ambiente, por lo que no son aconsejables en general estas explotaciones. Solamente un afloramiento en Fogás de Tordera, el más al Sur de todos los basaltos, ha dado una cantera con excelente calidad en una zona de columnas exagonales. Sin embargo sus reservas no son muy grandes.

Por otra parte se ha explotado a veces gravas volcánicas, sobre todo en los alrededores de Olot, no con fines constructivos. Estas explotaciones han creado- graves problemas al alterar totalmente el paisaje de forma volcánica de la zona, donde además la vegetación es lenta de recuperar. Las rocas ofíticas son dentro de las rocas básicas las que constituyen áridos excelentes, pero que por su gran dureza y su situación apenas se explotan.

Los afloramientos más adecuados para la explotación se han encontrado al norte de Balaguer en la zona de Avellanes. También se localizan varios aflora - mientos a lo largo del trias Pirenaico (norte de Pobla de Segur, Gerri de la Sal, etc.) y completamente al Sur de Cataluña en los puertos de Beceite (La Font del Ferro):

Las ofitas se presentan en la actualidad en los dos extremos, es decir, o totalmente alterados, no teniendo por tanto utilidad alguna, o como rocas no alteradas muy duras. Los afloramientos explotables ofrecen la calidad siguiente:

-Coeficiente Los Angeles	10 - 14
-Friabilidad	12 - 15
-C.P.A.	0,50

Las corneanas se presentan en el paleozoico de la zona del Montseny (Cánoves) son rocas con una calidad muy aceptable, pero no se ha explotado, aunque - con ocasión de algunas grandes obras se haya investigado su calidad, que es similar a la de las cuarcitas que trataremos a continuación.

El afloramiento de cuarcita que se explota an la actuación se encuentra - en el Baix Camp en la zona de Alforja. Constituye un afloramiento quizá bastante extenso situado entre el granito y el Triásico, su calidad es excelente.

-Coeficiente Los Angeles	12- 16
-Friabilidad	14- 20
-C.P.A.	0,45- 0,50

Se explota con intensidad tanto para carreteras y construcción, como para balasto de Renfe, fin para el cual se transporta grandes distancias. Otros áridos siliceos, presentan buena calidad, como son algunos pórfidos graníticos, las dioritas de Susqueda, algunos gneis en Rosas y Port de la Selva y ciertas sienitas o granitos rosados del Montseny. Todos ellos suelen ser de excelente calidad cuando no se encuentran alterados

En general las rocas siliceas son más duras que las calizas, esto conlleva un mayor coste de la explotación pues exige más calidad en la maquinaria - de machaqueo, y en muchas ocasiones el rendimiento es menor. Por esto siempre que es posible se tiende a emplear áridos calizas que son de más fácil explo- ación y a veces de más amplios yacimientos y con menor recubrimiento.

3.2.- Rocas calizas -

Practicamente todos los niveles geológicos de naturaleza calcárea han si- o objeto de explotación más o menos continuada, bien para áridos o bien para producción de cal, con el fin de seguir un orden en la descripción haremos esta por orden estratigráfico.

Calizas Paleozoicas: Se explotan en algunos puntos del Pirineo (en la Cerdanya) y cerca de la costa en Pineda de Mar. Constituyen una roca de nuena calidad dentro de las calizas.

-Angeles 20- 23
-Friabilidad 20- 22

Sin embargo estas calizas paleozoicas suelen contener pirita en distintas formas, lo que ha provocado problemas con el hormigón y por lo que actualmente no se usan para dicho fin. Las causas de esta destrucción prematura del -- hormigón parecen complejas y atribuibles a ciertas formas muy inestables de - pirita, como pueden ser la pirrotina y la marcosita.

Calizas Jurásicas: Se explotan en la zona Sur de la región, en el valle - del Ebro que es donde están representadas, aunque no con mucha intensidad, su calidad es variable, aunque se sitúa en una zona media de Angeles 25 - 30.

Calizas Triásicas: El tramo medio del triásico, presenta formaciones cal-

cáreas que han sido y son en la actualidad objeto de explotación. Su caracter de estratificación en estratos delgados, hace que en los tramos gruesos se obtangan formas tableadas. Su indice de calidad es muy variable pudiendo considerarse relativamente bajo, ya que los ensayos oscilan entre:

-Angeles 26-35
-Friabilidad 20-30

Se explotan en distintos puntos de la geografia catalana, puede citarse el Valle del Congost (Aiguafreda), alrededores de Castellar del Vallés y Matadepera, etc.

Calizas Cretácicas: El cretácico se caracteriza por la abundancia de formaciones calizas. Casi todas ellas han sido o son objeto de explotación en multitud de afloramientos. Asi podemos citar concentraciones de canteras como en Garraf, alrededores de Figueras, proximidades de Tarragona, cercanias de Amposta y Tortosa, etc. La calidad de las calizas del cretácico es muy variable, -- sin embargo los índices se situan asi mismo en la zona media para las explotaciones más importantes como las de Garraf.

-Angeles 26-35
-Friabilidad 22-28

Algunos afloramientos presentan mayor calidad, debido a que explotan calizas dolomiticas o dolomias de la base del cretático, y algunas dolomias triásicas. No son muy explotadas como árido, pero su calidad es superior a las calizas.

-Angeles 25
-Friabilidad 20-22

Hace algún tiempo que se pensaba que los tramos dolomíticos podian resultar aptos incluso para capas de rodadura, pero comprobaciones de su coeficiente de pulimento acelerado (C.P.A.) lo han situado por encima de las calizas,pero por debajo en general de 0,40 valor mínimo aceptable en capas de rodadura,- por lo que su uso no encontró grandes ventajas con respecto a las calizas.

Caliza Eocena: Existe en el Eoceno la formación de calizas numulíticas, esta formación se explota fundamentalmente para rocas ornamentales, sin embargo puede aprovecharse como árido toda aquella piedra que no sale en bloques,la

calidad es aceptable, sobre todo en S. Vicente de Castellet y Centellas, donde los ensayos muestran:

-Angeles 20-24
-Friabilidad 20-22

Su modo de yacer en paquetes no masivos, lo hacen de más dificil explotación.

Otras calizas Terciarias: Otras rocas de edad Eocena que han sido a veces objeto de explotación, son las calizas margosas tableadas, que encontramos en la Depresión interior, donde precisamente es acusada la escasez de áridos. Estas calizas han sido explotadas en la Panadella, Calaf, Talladell,etc. su calidad es muy irregular, debido sobre todo a sus cambios laterales de facies - que las hacen pasar de calizas a margas o calcarenitas blandas. Localmente se encuentran de muy buena calidad, pero en estratos muy finos.

-Angeles 22 a 35
-Friabilidad 25 a 35

Las condiciones de explotación suelen ser malas, debido a la contaminación de finos estratos margoso-arcillosos y la variación en calidad dentro de la - misma formación. En el Oligoceno se han explotado algunos tramos calco-arenosos, o calco- margosos que se encuentran en las formaciones tableadas de la - depresión interior, se hallan en la zona de Cervera, Igualada, Calaf,Etc. La calidad de estas rocas es muy irregular, como irregular es su composición mineralógica, en realidad solamente se usan cuando no existe ningún otro árido disponible.

-Angeles 28-35
-Friabilidad 25-35

Por fin en el Mioceno existen niveles calcáreos dentro del Penedés y en -- las proximidades de Tarragona, aunque en campo se ha podido constatar la existencia de pequeñas canteras para áridos, la calidad es muy baja y apenas se -- han empleado. Sin embargo si se explotan para fabricación de polvo blanco como "filler" para mezclas bituminosas, y como carga para usos industriales.

3.3.- Gravas naturales -

Los yacimientos de gravas y arenas, son quizá los más extendidos a lo lar-

go y ancho de Cataluña. La facil explotación incluso de forma totalmente esporádica, hace que en todos los yacimientos hayan existido o existen explotaciones. Por su origen y forma de yacer vamos a dividir los yacimientos granulares es - tres tipos a saber:

a) Gravas no cuaternarias
b) Gravas de terrazas antiguas
c) Gravas aluviales modernas

a) Gravas no cuaternarias: Se explotan en varios puntos yacimientos granulares procedentes de conglomerados poco o nada cementados. Como ejemplo más tí - pico, podemos citar los aprovechamientos de los materiales continentales del Mioceno del Vallés. Allí son frecuentes los conglomerados que alternan y se identan con materiales finos de tipo arcilloso.

En ciertos puntos de estos conglomerados se han establecido explotaciones más o menos importantes, que explotan las gravas como árido de machaqueo, obteniendo material para hormigones. Estos conglomerados son poligénicos, aunque -- predominan los cantos de caliza, presentan algunas zonas comentadas por carbonatos, más difíciles de explotar. En general se clasifican como GP A-1-a. Cuando se dispone de instalación de machaqueo y lavado se obtienen áridos de cierta calidad.

-Angeles 22-30
-Friabilidad 25

Gran parte de las explotaciones son temporales y con poca maquinaria, dejando cuando se abandonan, lugares con facilidad para corrimientos y desprendimientos debido a los taludes casi verticales con que se ha explotado.

b) Terrazas antiguas: Algunos rios como el Llobregat han desarrollado una serie de terrazas a lo largo de su historia. Estas gravas de las terrazas altas han sido y son objeto de explotación como árido. A lo largo del Llobregat son - frecuentes estas explotaciones entre Manresa y Berga, así como en la zona de Olesa de Montserrat. Otros rios de la zona pirenaica han dado asi mismo lugar a explotaciones en las zonas de terraza. La naturaleza de los áridos es muy variable dependiendo de los aportes en cada cuenca. Solamente se presenta en común que son gravas poligénicas bien elaboradas y donde no existen casi nunca cantos de grani-

to, que generalmente se han alterado antes. Se clasifican casi siempre como A-1-a ó A-1-b. Especial mención merecen unos amplios afloramientos de grava ligados aparentemente al rio Segre, que ocupan extensas zonas altas en la comarca del Segriá, Sur de la Noguera y Urgel. Su origen se ha discutido,por una parte se atribuyen totalmente a terrazas muy extensas del Segre, de otra se indican diferencias suficientes como para pensar en un origen distinto.

Con todo constituyen en muchos casos la única fuente local de áridos en esa zona de la depresión interior. Son yacimientos que a veces presentan zonas cementadas por carbonato y en otros casos son muy ricos en arena. Generalmente su clasificación geotécnica oscila entre A-1-a y A-2-4; SP-SM ó GM-GC. Como árido de machaqueo no presenta muy buena calidad, sin embargo es una fuente aceptable de arenas.

c)Gravas aluviales modernas: Como es lógico la casi totalidad de yacimientos granulares están situados en los cauces y plataforma de inundación de los cursos medios y bajos de los rios.

A veces se encuentran gravas en el curso alto, debido a la existencia anterior de niveles de base parciales representados por auténticas presas naturales en ciertos estratos menos erosionables que el resto. Se identifican zonas de este tipo en el curso del Llobregat y en los rios pirenaicos donde algunos estratos competentes del Prepirineo actuaron como auténticas presas naturales, dejando restos de gravas en los valles, a veces de gran potencia. En la actualidad con la regulación de los rios mediante pantanos, los aportes estan condicionados por los mismos, localizándose explotaciones en las colas de los mismos. Las características geotécnicas de las gravas, son muy distintas de unos puntos a otros incluso en el mismo valle fluvial.

Los rios Cinca, Segre y Nogueras dan lugar a explotaciones de cierta importancia, sobre todo en las proximidades de Lérida, donde la construcción se abastece casi totalmente con áridos fluviales. Se trata de zonas de grava y bolos poligénicos que se clasifican y machacan, a veces con instalación de lavado. La clasificación suele oscilar entre A-1-a y A-1-b; GW y GP siendo la calidad machacada oscilante, pero bastante aceptable.

-Angeles 22-26

-Friabilidad 24-28

En la zona del Ampurdán se explotan gravas en las cuencas del Muga y Fluviá. Existen algunas instalaciones estables, pero la mayor parte son explotaciones temporales. La calidad de esta zona es aceptable, con gravas predominantemente calcáreas.

-Angeles 25-30
-Friabilidad 30

La clasificación es generalmente A-1-a GP. En el rio Ter se explotan gravas poligénicas, a veces con abundantes bolos que se machacan, estas explotaciones abarcan el curso medio, zonas desde Ripoll a Manlleu y despues de la zona de embalses, en las proximidades de Gerona. Se clasifican como A-1-a GW ó GP, siendo la calidad media.

-Angeles 22-25
-Friablidad 25

Los rios Tordera y Besós presentan gravas a veces con bolos, que se han explotado con cierta intensidad, sobre todo en el Besós cerca de Barcelona.Se clasifican generalmente como A-a-a,GP. En cuanto a naturaleza tanto unas como otras presentan en muchas zonas riqueza en cantos de tipo pizarroso procedentes del paleozoico del Montseny. Su calidad es muy variable oscilando entre

-Angeles 20-30
-Friab ilidad 24-30

Los rios y barrancos comprendidos entre el Llobregat y el Francolí aportan pocas gravas, debido a su pequeño curso. Además los pocos yacimientos que se encuentran son casi totalmente de naturaleza calcárea por ser estas las rocas más abundantes en sus cuencas. Practicamente se han empleado solamente como árido rodado.Su clasificación oscila entre A-1-a y A-2-4. El rio Francolí presenta algunas explotaciones, de calidad variable pues las gravas son muy diferentes de un punto a otro. La calidad oscila entre

-Angeles 20-30
-Friabilidad 22-30

Siendo su clasificación A-la GM.

Los barrancos comprendidos entre le Francolí y Hospitalet dels Infants,

presentan gravas poligénicas, a veces con abundancia de rocas metamórficas,en general los yacimientos son ricos en arenas. Se clasifican como A-1-a ó A-1-b GW-GP. En los profundos barrancos que descienden hasta el mar desde las sie - rras de Llaveria,Tivissa y Cardó se encuentran algunos yacimientos de gravas, formados en su totalidad por cantos de caliza con algo de arena y arcilla, a- penas se explotan, pudiendo clasificarse como A-1-a ó A-2-4 GW-GM.

Por fin en el curso bajo del Ebro se encuentran zonas de grava antes de llegar a las arenas del delta. En general no se explotan las gravas del cauce actual, por ser de más fácil explotación las antiguas.

3.4.- Arenas naturales -

Aunque todo yacimiento de grava lo es también de arena en mayor o menor - grado, hemos querido separar ambas explotaciones,precisamente para destacar - los problemas de las arenas naturales. Nos ocuparemos casi exclusivamente de las arenas que se emplean como árido, dejando aparte algunos yacimientos de a- rena existentes en Catalyña que se explotan con otros fines industriales.

En las zonas Pirenaicas y cuencas de los rios Cinca, Segre y Noguera,las arenas se encuentran como parte integrante de los yacimientos de gravas. Lo - mismo puede suceder con los cauces medios de los rios Ter,Llobregat,Tordera, Fluviá,etc. Sin embargo en los cauces bajos de los rios encontramos depósitos casi exclusivamente de arena, estos son los yacimientos que queremos destacar en este apartado.

En la zona norte existen yacimientos de calidad en los rios Muga y Fluviá que se han explotado con intensidad. La desembocadura del Ter ofrece asi mis- mo algunas explotaciones de arena de grano medio a fino. El rio Tordera ofre- ce en su curso bajo afloramientos de arena de excelente calidad, tanto en el rio como alguna de las rieras afluentes que descienden del Montseny. Son are- nas de grano grueso a medio algo rodadas, que proceden de rocas de tipo granítico, generalmente escasas en mica, por lo que dan esas arenas de gran calidad, que incluso se han empleado para obtener arenas con la granulometria normali- zada por el Instituto Eduardo Torroja, para emplear en densidades "in situ". Se clasifican como A-1-b;SP

Las rieras que descienden de la Sierra Litoral proporcionan arenas procedentes de granito, pero que en general conservan algo de arcilla y mica, son de grano grueso y poco rodadas. El punto donde se explotan arenas con mayor intensidad es en el delta del rio Llobregat. En esta zona se aprovechan los campos, realizando excavaciones en campos particulares. Las formas de explotación son varias, pero siempre por debajo del nivel freático. Se usan dragalinas y a veces métodos de aspiración que ascienden la arena con agua devolviendo ésta.Asi se producen excavaciones que posteriormente se rellenan para regenerar los campos de cultivo. La arena obtenida es de buena calidad, con una granulometria muy fija de grano medio. Se clasifica como A-3;SP.

La explotación de estas arenas se ha realizado desde hace muchos años, constituyendo la principal fuente de arena natural para la construcción en el Barcelonés y Baix Llobregat.Esta explotación se ha realizado mediante el alquiler de campos particulares hasta cotas de 6 a 8 m. bajo el terreno actual. Se sabe que hacia los 9 m. la arena es demasiado fina y por tanto no explotable.

Una vez terminada la explotación, los hoyos se han ido rellenando para regenerar el campo de cultivo. Estos rellenos no se han cuidado, por lo que muchos campos se han rellenado con materiales que han afectado y afectan al nivel freático superficial, de una parte por la distinta permeabilidad de los materiales y de otra por la contaminación que las sustancias extrañas introducidas pueden proporcionar al agua como parece probado por recientes estudios por la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental con respecto al Boro. Por esto se debe controlar mucho la forma y naturaleza de los rellenos. De otra parte se ha explotado con mucha intensidad, por lo que las reservas son escasas a medio plazo.

Hacia el Sur hemos de pasar Tarragona para encontrar zonas con arena de calidad en las rieras de Maspujols y Alforja, que atraviesan los pequeños afloramientos graníticos de la zona. Se trata de arenas generalmente gruesas que se clasifican como A-1-a SW-SM, y a veces son ricas en mica.

En el delta del Ebro las arenas son abundantes, pero no existen apenas explotaciones dado que las que producen los yacimientos de grava son suficientes para satisfacer la demanda en la zona. Arenas no fluviales: además de los yacimientos citados se explotan algunas arenas, con fines constructivos, no ligados a cursos fluviales actuales.

Encontramos entre ellos las arenas de dunas costeras, que son objeto de explotación en Bagur. Se trata de arenas finas silíceas que comportan gran cantidad de fragmentos de conchas trituradas al mismo tamaño, que le confieren gran cantidad de carbonato cálcico. Se clasifican como A-3 SP y se explotan para construcción de zona. En la actualidad zonas de dunas en la desembocadura del Ebro, pero no explotadas. Algunos estratos de arenas del Mioceno se explotan con intensidad en S. Pedro de Ribes. En algunos puntos se explotan también arenas del Plioceno. Estas arenas son en general finas, a veces contaminadas por carbonato cálcico que llegan a comentarlas en muchos casos. Son arenas medias a finas de granulometria muy homogénea que se clasifican como A-3 ó A-2-4; SP ó SP-SM.

A veces se han empleado arenas procedentes de sauló, granito alterado, que en estos casos debe ser lavado obteniendo una arena generalmente gruesa con bastante mica. Suele explotarse en zonas de montaña granítica, y en algunos casos sin lavar, lo que la hace una arena arcillosa que se clasifica como A-2-4 SC.

4.- Rasgos geográficos -

Tratamos en este apartado de dar una visión somera de las características geográficas más importantes del Pais Catalán, primero de manera global, y despues a través de las unidades geográficas, que hemos considerado afines para este estudio.

El ideal seria un estudio comarcal o por Veguerias sin embargo no he querido ni es posible en este trabajo minimizar tanto, por lo que se ha dividido para la descripción en zonas con rasgos o problemas comunes en cuanto al tema que estamos estudiando.

4.1.- Geografia física -

El pais catalán en lineas generales es un pais montañoso. Destaca al Norte los Pirineos, con características de alta y media montaña. Las sierras se extienden de E aW y los rios cortan a los mismos con valles más o menos angostos de dirección general N-S.

Al Sur de las estribaciones pirenaicas se extiende una gran depresión,la depresión central que forma parte de la depresión del Ebro en su mitad occidental, situándose la divisoria de aguas a través de la Sierra de Pinos y las altiplanicies de la Panadella de Norte a Sur. La mitad oriental de esta depresión comprende las comarcas centrales del Bagés,Osona,etc. hasta la Garrotxa y la Selva donde la Sierra Transversal une el Pirineo con la Cordillera Prelitoral que limita de NE a SW la depresión.

Paralelamente y más próxima a la costa corre también de NE a SW la Cordillera litoral desde las Gabarras hasta las últimas estribaciones del macizo de Garraf. Entre ambos se situa la depresión Prelitoral con el Vallés y el Penedés asomando al mar en el llano de Tarragona

Los rios Pirenaicos se abren paso hacia el Ebro en su mitad occidental,corriendo directamente hacia el Mar los de la mitad oriental. La red principal presenta dirección N-S excepto en los rios de la zona costera norte, que como el Ter en su curso bajo corren de W a E.

4.2.- Geografia humana -

Cataluña es un pais densamente poblado, sin embargo la repartición de la población es muy diferente de unas regiones a otras. Un mapa demográfico de 1970 nos da zonas con menos de 25 habitantes por Km2. contra zonas (Barcelona) con casi 15.000 habitantes por Km2. En general esta distribución está totalmente ligada al clima y condiciones de vida de las comarcas.

La menor población se encuentra en la zona montañosa del Pirineo, en su mitad occidental, mientras que la población crece hacia la costa, en toda la franja costera la población osciña entre 100 y 500 habitantes por Km2., siendo superior en el Vallés Occidental y Baix Llobregat. En las zonas interiores se mueve en límites intermedios.

La distribución de población va intimamente ligada al tipo de actividad,de esta manera las zonas menos densamente pobladas se dedican con preferencia a la agricultura y ganaderia generalmente de montaña con pocas tierras de cultivo intenso, y grandes extensiones de prados y bosques.

La zona central de Cataluña aunque eminentemente agrícola, presenta dispersas varias zonas industriales, con actividades muy diversas, lo que hace que la población se agrupe generalmente en los valles de los rios. Por fin en toda la zona costera se conjugan las industrias, el turismo y la agricultura, con otras actividades como la pesca, todo ello hace que sea la zona más densamente poblada.

Las comunicaciones dentro del pais catalán están formadas por más de 10.000 km. de carreteras, de todas las categorias. En general la red de carreteras y autopistas puede considerarse radial a partir de Barcelona. Las grandes vias nacionales que penetran por Tortosa y Lérida, para dirigirse hacia Barcelona y la frontera - francesa, son autopistas y carreteras con buen trazado y firme aceptable.

La red que se puede considerar interna en Cataluña presenta características bastante inferiores, con carreteras de trazado simuosos, que siguen los valles de los rios o se ven forzados por los accidentes geográficos o salvar puertos de montaña. Toda la red soporta un tráfico intenso para sus características, presentando en algunas zonas deficiencias que hacen penosa la comunicación entre distintas comarcas. En general casi toda la red incluida la secundaria a cargo de las Diputaciones,presenta firmes de alquitrán.

En las zonas montañosas existen una gran cantidad de pistas forestales,que permiten el acceso, siquiera sea con vehiculos todo terreno, a gran parte de la montaña, aunque no pueden considerarse como auténticas vias de comunicación.

En cuanto a otros medios de comunicación internos, tenemos el ferrocarril de - Renfe, que cruza Cataluña desde la frontera en Portbou y Puigcerdá hasta Tortosa y Lérida, con lineas desde Barcelona por la costa y por la depresión prelitoral formando el llamado ocho catalán, desde Lérida parte un ramal a Pobla de Segur y dos lineas hacia Barcelona una por el Norte a través de Manresa y otra por el Sur a - Reus y Tarragona, donde se separan la linea que sigue la costa hacia Valencia y la que por Falset se dirige a Aragón.

Los ferrocarriles de via estrecha de la Generalitat (actualmente)comprenden - las lineas que unen Barcelona con Tarrasa y Sabadell de una parte y con Igualada y Manresa por otra. Estos ferrocarriles llegaban hasta Guardiola de Berga, atravesando la cuenca potásica y las explotaciones de lignitos, sin embargo fueron suprimidos cuando dependian de FEVE, asi como otras pequeñas lineas de via estrecha en

Gerona, los Gerona - Olot y S. Feliu de Guixols,en Reus,el Reus-Salou y el Tortosa La Cava. Funciona un pequeño ferrocarril cremallera desde Ribas de Fresser a Nuria.

4.3.- Geografia comarcal

Como ha quedado indicado se realizará en este apartado una descripción de las zonas que como unidades geográficas se consideran afines con vistas al presente estudio.

Este agrupamiento se hace en aras de una mayor brevedad y considerando que cada unidad presenta características y necesidades similares, aunque la división sea un tanto ficticia.

4.3.1.--Las comarcas Pirenaicas

Se agrupan con características similares todas las tierras de la vertiente Sur del Pirineo.Forman un conjunto de altas montañas al Norte, de donde descienden profundos valles casi siempre con una dirección N-S el valle principal y con direcciones E-W los afluentes, debido a la disposición de los estratos y su diferente competencia.

Son comarcas agricolas donde predominan en general los bosques y prados naturales, con cultivos en los valles. Algunas como el Bergadá y el Ripollés son industriales pero con todo el total de industrias de todas ellas alcanza unicamente el 2,3% del total de Cataluña. Es floreciente en la actualidad la industria turística, que conlleva un auge en la construcción.

En cuanto a población va en retroceso en la parte occidental estando estabilizada o con ligero aumento hacia oriente (Cerdanya y Ripollés). Las comunicaciones son en general deficientes, con carreteras de alta montaña en regular estado, extremo que se acusa en la carretera de penetración a Andorra.Son escasas las comunicaciones entre los distintos valles.

4.3.2.- El Prepirineo

Al Sur del Pirineo encontramos toda una serie de sierras que corren de E

a W formando entre ellas pequeñas cuencas y valles, a expensas de zonas de materiales más blandas, son comarcas como la Noguera,el Solsonés,La oSona,etc.En ellas la agricultura se hace mucho más productiva que en las comarcas pirenaicas apareciendo ya zonas de regadio, aunque predomina aún el bosque.

La incidencia industrial representa un 5,5, del total, siendo una de las comarcas más industriales la Osona, que en realidad sólo en parte estaria incluida en el Prepirineo. La población disminuye en las comarcas más occidentales mientras va en aumento en las más orientales.

Las comunicaciones son deficientes, presentando características similares a las comunicaciones en el Pirineo, aunque mucho más desarrolladas hacia oriente, comoen La Selva y el Gironés.

4.3.3.- La Depresión Central

Incluimos en ella todas las comarcas de las tierras comprendidas entre las sierras del Prepirineo por el norte y la Sierra Prelitoral, forma así un triángulo que con vértice en Ososna, se abre hacia occidente. Comprende comarcas eminentemente agrícolas como la Noguera y otras industriales como el Bagés.La agricultura es variada, con cereales en el secano, y frutales en las zonas de regadio, en la parte más occidental. Son tierras generalmente llanas, com amplias mesetas cortadas por los valles de rios donde se asientan generalmente las poblaciones.

La industria comprende casi el 8% del total de Cataluña, siendo en general muy diversa, desde la de transformación de productos agrícolas hasta la textil. Con todo es una zona que debe considerarse agrícola y ganadera. Las comunicaciones son generalmente aceptables con una extensa red de caminos vecinales que unen las comarcas y con algunas vias de importancia que se dirigen a Barcelona cruzando asi esta zona.

4.3.4.- La Depresión del Vallés-Penedés

Comprende toda la depresión y las vertientes montañosas entre la Sierra Prelitoral y la Sierra Litoral, forma por tanto una franja estrecha, que corre de NE a SW desde el Montseny al llano de Tarragona.

La agricultura es floreciente, sobre todo en la viña a cuyo cultivo se dedica intensamente gran parte del Penedés, con la viña se cultivan también cerales y algunas variedades frutales. La industria representa el 15% del total de Cataluña concentrándose en gran parte en el vallés occidental con la industria textil y en la zona de Vilafranca. En el momento actual la industria en la zona ha experimentado un crecimiento rápido, al alejarse de Barcelona hacia esta zona gran cantidad de la industria, por lo que la cifra puede ser ahora mismo mucho mayor llegando casi a duplicarse.

Las comunicaciones eran suficientes hace 10 años, sin embargo en el momento actual resultan deficientes, llegando a la saturación en muchos puntos del área..

4.3.5.- El Ampurdán

El Ampurdán forma una zona muy bien definida con una gran llanura, rodeada de montañas, por el Norte el Pirineo y al Sur las Gavarres.Esta planicie presenta una agricultura rica, donde coexisten los cereales, la viña, la producción de corcho, etc. Es importante asimismo la ganaderia.

La industria representa un 2% del total de Cataluña y va en rápido crecimiento. Las comunicaciones aunque se desarrollan en terreno fácil, son defientes, con carreteras generalmente estrechas, que dado el fenómeno turístico en verano, se ven frecuentemente colapsadas por el tráfico existente.

En el Ampurdán hemos de tener presente ya el fenómeno turístico, que ha dado lugar a grandes transformaciones del paisaje y el medio ambiente. Asi como ha incidido enormemente en la construcción y desarrollo de las comunicaciones, que con todo son insuficientes en la temporada de verano.

4.3.6.- La Franja Litoral

Agrupamos aquí todas las comarcas costeras, desde el Ampurdán al Ebro,en ella encontramos un fenómeno común como la poca distancia entre la sierra y el mar. Son comarcas que se extienden generalmente por una llanura estrecha entre la sierra litoral y el mar. Se amplia este llano, por los valles de los rios que

cortan la sierra en su curso hasta el mar, dando lugar a tierras bajas que se adentran hacia el interior. Excepto estos valles de rios importantes solamente pequeños torrentes intermitentes bajan de la sierra al mar, son las bamblas que a veces dan lugar a inundaciones, cuando se producen tormentas, con gran arrastre de arenas hacia la costa.

A lo largo de la costa existen comarcas fundamentalmente agrícolas y turísticas, y otras totalmente industriales, entre el Maresme el Barcelonés y el Baix Llobregat soportan más del 60% del total industrial de Cataluña, estando tambien muy desarrollada la industria química en el Tarragonés.

Son las zonas com mayor índice de construcción, tanto por el turismo,como por la industria y población. En el Baix Llobregat la población aumentó en más del 200% en los últimos diez años, siendo el aumento superior al 50% en toda la zona. De aquí lo floreciente que ha sido la industria de la construcción.

Ciertamente gran parte de estas comarcas han llegado a la saturación,lo que hace que no debamos tomar en cuenta la demanda anterior pues ha sido un fenómeno irreversible, pero que debe quedar frenado por la saturación actual y por una nueva política de ordenación territorial que indudablemente luchará contra estas concentraciones monstruosas.

Las comunicaciones a lo largo de la costa presentan una infraestructura aceptable con ferrocarril y carreteras alternativas. Sin embargo hay muchos puntos donde estas carreteras se hallan saturadas de tráfico, dando lugar a grandes deficiencias en las comunicaciones dado el tráfico actual.

Este problema se acentua grandemente debido al tráfico turístico tanto general, ya que la zona es paso obligado hacia el Sur y no todo el tráfico usa las autopistas de peaje, como por el turismo local que se dirige a las playas, a costa de soportar grandes caravanas. De lo anterior se desprende que las comunicaciones deban considerarse deficientes, al menos mientras el tráfico de viajeros no se decida a usar masivamente el transporte público.

4.3.7.- Las comarcas del Ebro

El rio Ebro desarrolla su curso bajo a través de tierras catalanas. La zona

interior del valle o cubeta de Mora, constituye una zona agrícola eminentemente, con cultivos de cereales, vid y aceite. La comarca del delta desarrolla enormemente el cultivo del arroz; estan presentes tambien los naranjos y en el secano los olivos y cereales.

La industria se localiza en Flix en los alrededores de Tortosa y Amposta, donde se encuentra en expansión. Las comunicaciones, son deficientes una carretera y la autopista corren paralelos a la costa, otras penetran por el rio hacia el interior, siendo en general estrechas y no muy bien conservadas.El ferrocarril la cruza por Tortosa en la linea Barcelona-Valencia y desde Mora en la linea Barcelona-Caspe-Zaragoza. Existia otro ferrocarril de Renfe Tortosa-Hijar suprimido en la actualidad. De esta forma aunque las comunicaciones con el exterior sean aceptables, dentro de las comarcas son deficientes, con carreteras estrechas y de trazados sinuosos.

5.- Las explotaciones actuales

5.1.- Aridos de calidad especial

Existen en Cataluña algunas canteras cuyos áridos deben considerarse de calidad especial por sus características, y que además realizan una explotación continua. Granitos se explotan en el macizo al Noroeste de Barcelona en la zona de Montcada-Badalona, existen dos canteras en funcionamiento actualmente,que comercializan árido de excelente calidad. Asi mismo encontramos un yacimiento más pequeño pero explotado tambien en Rubí y otro u otros dos en la zona de Mataró.

Al Suroeste de Reus se encuentran dos explotaciones que ofrecen tambien alta calidad una de cuarcita y otra de rocas porfídicas. Merece destacar tambien el basalto que se explota en Figueras, aunque se hace con menor intensidad. En explotaciones de bolos siliceos del Segre en Lérida obtienen a veces áridos de muy buena calidad, sin embargo debe tenerse cuidado con estas explotaciones por su variabilidad.

5.2.- Aridos normales de machaqueo

A lo largo y ancho de Cataluña encontramos multitud de canteras, calizas

en explotación y otras que aprovechan gravas para machacar. Estas explotaciones se agrupan como podremos ver en el tratamiento regional lo más próximo posible a las áreas de mayor consumo. El grado de mecanización depende mucho de la demanda, por lo que se encuentran algunas con producción muy alta y otras muy poco aprovechadas.

Un ejemplo de mecanización y explotación racional, lo constituye la cantera de Asland (Garraf) donde se elaboran áridos y materia prima para cemento. Entre otras ventajas dispone de ciclones recogedores de polvos que además de aprovechar el filler al máximo, evitan la contaminación.

De la misma forma trabaja en la actualidad la empresa Miarnau en sus nuevas instalaciones de Garraf, aunque el transporte por cinta desde la explotación a la instalación produce algo de polvo, al ser las cintas sin protección.

5.3.- Gravas y arenas

A lo largo de casi todos los cauces fluviales se explotan gravas y arenas. Actualmente gran parte de las gravas sufren un machaqueo más o menos intenso, con el fin de mejorar el rendimiento de la explotación y la calidad del árido. Las arenas naturales presentan muy buena calidad en algunas zonas, explotándose a veces con más intensidad de la deseable como sucede en el delta del Llobregat.

Las reservas generales de arenas naturales comienzan a ser escasas a medio plazo, habida cuenta de la dificultad legal de explotación en los cauces, por lo que debe activarse la producción de arenas de machaqueo a precios asequibles para la construcción.

5.4.- La distribución comarcal

Se trata en este apartado de juzgar la situación actual de las explotaciones en las áreas definidas anteriormente, sin relacionarlas con las reservas y necesidades, tema que se analizará en el siguiente capitulo.

5.4.1.- El Pirineo

A lo largo de toda la zona pirenaica son escasas las explotaciones. Asi en

el Valle de Arán funcionan un par de canteras de caliza y una de granito, que trabaja más para piedra ornamental que para árido. Se explotan sin embargo en el Valle las gravas y arenas de Gerona y sus afluentes.

En la Cerdanya se explotan fundamentalmente calizas en Bellver y algo de granito en Llés y Martinet. Hacia Seo de Urgel existen graveras cerca del Segre, que proporcionan áridos. Se explotan algunas calizas al norte de Berga asi como en Ribas de Fresser y Camprodón. En general se trata de explotaciones pequeñas y poco mecanizadas.

Se tiende más a la fácil explotación de las gravas y arenas, ya que la construcción no suele ser muy exigente y esta explotación es más facil y barata. A pesar de que algunas explotaciones alteran el verde paisaje del Pirineo excepto en el valle de Arán, el resto de explotaciones no alteran el medio ambiente,máxime por no tratarse en realidad de explotaciones muy importantes.

5.4.2.- El Prepirineo

Las comarcas comprendidas al Sur del Pirineo, presentan explotaciones abundantes en la zona oriental, concretamente en el Gironés, existen varias explotaciones de caliza que extraen gran cantidad de áridos.

En la zona de Susqueda se explotan zonas de neis y dioritas de muy buena calidad, y que si presentaran explotación continua y racional constituirian áridos de calidad excelente. En los bordes de Osona existen algunas explotaciones de caliza. Hacia el W en la actualidad apenas si hay algún yacimiento en explotación, como no sea en las sierras al norte de Balaguer donde se explota alguna caliza.

Las explotaciones de gravas y arenas, son más abundantes localizándose a lo largo de los valles fluviales, generalmente próximos a los núcleos de población.

Así sucede en el Ter en las zonas de Torelló y proximidades de Gerona.En el Llobregat al sur de Berga, en las proximidades de Pons y Artesa de Segre y en el Noguera en los alrededores de Tremp. Las canteras de las proximidades de

Gerona, afectan gravemente al paisaje, además de producir bastante polvo que pasa a la atmósfera. Deberia cuidarse la reconstrucción del paisaje mediante vegetación apropiada en las plazas y frentes explotados.

5.4.3.- La Depresión Central

En la zona que nos ocupa, son escasas las canteras de calidad. Esto viene condicionado por la litologia de la zona, donde las rocas terciarias no son precisamente aptas para las explotaciones. Se encuentran algunas explotaciones graníticas en las estribaciones del Montseny. Las calizas se explotan en el valle del Congost, en el Eoceno y algunos triásicos. Asimismo se obtienen áridos en San Vicente de Castellet con la explotación de calizas para rocas ornamentales.

Existe una explotación de caliza bastante mecanizada en Olesa de Montserrat a mitad de distancia hacia el borde de la depresión central y de la zona del Vallés. Asimismo se han explotado algunas calizas cerca de la Panadella, en Igualada, en las proximidades de Tárrega y en sierras próximas a Balaguer, en la actualidad ninguna se encuentra en explotación ya que su calidad es deficiente, y solo en casos de mucha demanda se ha recurrido a las mismas.

Como se ve solamente en los bordes se encuentran áridos que presentan cierta calidad. Las graveras son la fuente de áridos utilizados dentro de la Depresión Central, asi encontramos explotaciones en el valle del Llobregat y Cardoner que atienden a la zona de Manresa. Gravas antiguas se explotan en la planicie entre Tárrega y Lérida, con algunos yacimientos bastante mecanizados,con machaqueo y a veces lavado.

En el rio Segre se explotan con intensidad los bolos y gravas con instalaciones de machaqueo y clasificación. También en el valle del Cinca y en los alrededores de Alfarrás, Soses y Almacellas son explotadas zonas de gravas.

5.4.4.- La Depresión del Vallés - Penedés

Al igual que en la Depresión Central, las comarcas que forman esta Depresión ocupada por materiales terciarios no dan unidades explotables. Por esto las canteras que se explotan estan situadas en los bordes montañosos bien sea por la cordillera prelitoral o por la cordillera litoral. Asi encontramos las canteras de granito de las proximidades de Caldas de Montbuy, alrededores de Montcada y Rubí que constituyen en realidad áridos de excelente calidad.

Calizas se explotan en Castellar del Vallés, hacia el Sur se explotan calizas en Begas y puerto de Ordal, donde existe una cantera bien mecanizada. También merece destacar en esta zona las dos explotaciones de caliza que encontramos en el enlace de la misma con la franja costera en el Vendrell, que trabajan con intensidad y buenos medios mecánicos.

Las gravas se explotan en el cauce de algunos rios, como el Anoia y Llobregat en las proximidades de Martorell y Gelida. Se extraen asimismo áridos cerca de Tarrasa en los conglomerados blandos del Mioceno con instalación de machaqueo y lavado.

5.4.5.- El Ampurdán

Actualmente en las comarcas ampurdanesas existe una explotación intensa de calizas en LLers al lado de Figueras. Se han explotado áridos de excelente calidad en los neis de Port de la Selva y Rosas, que en la actualidad no se explotan. También se explota intermitentemente el granito próximo a la frontera Massanet de Cabrenys a zona de Cantallops, aunque en muchos casos, solamente para piedra ornamental.

Las gravas son explotadas en varios puntos de los cauces fluviales siendo una de las explotaciones más intensiva la situada en Bascara que posee modernas instalaciones. Algunas empresas del Ampurdán poseen instalación de machaqueo transportable por lo que explotan distintos yacimientos según la si-

tuación de las obras. Son asimismo muy apreciadas las arenas finas explotadas en las dunas costeras de Bagur.

En los alrededores de Llers el entorno ha sido bastante alterado por la cantidad de explotaciones, muchas de ellas abandonadas, por lo que deberia pensarse en la repoblación de la zona.

5.4.6.- Franja litoral

En las comarcas que abarcan la franja litoral, es donde con mayor intensidad se explotan actualmente los materiales canterables, sobre todo en las comarcas próximas a Barcelona. La costa brava no ofrece apenas instalaciones, a pesar de la abundancia de granitos.

Los áridos se extraen en el interior, zona de Gerona, y más al Sur en los basaltos de Riudearenas e intermitentemente en Sils y Massanet de la Selva. Hacia el Sur se explota el basalto de Fogás con excelente calidad aunque pequña explotación y reservas. La caliza de Pinedase explota con buena instalación, aunque no se usa para hormigones por la existencia de pirita.

La zona del Maresma ofrece explotaciones de granitos en Cabrera de Mataró, San Cipriano de Vallalta, Orrius, etc., algunas con adecuada maquinaria.

Entre Badalona y Montcada encontramos una de las canteras más activas de Catalunya la de Vallensana, donde hace años que se explotan los granitos, disponiendo de maquinaria adecuada y una excelente calidad en la materia prima.

En los bordes del Baix Llobregat tenemos una explotación de granito en Rubí (Mina Berta) que obtiene también áridos de excelente calidad. Las calizas del Macizi Ordal y Garraf se explotan asimismo intensamente. En la zona de Vallirana existen explotaciones con excelente maqui-

naria; lo mismo sucede en Begas donde se explota la caliza con intensidad. La cara costera del Macizo de Garraf soporta varias explotaciones entre las que destacan las ya citadas de Asland y Miarnau, existiendo alguna más que también posee maquinaria adecuada para una explotación racional.

Mas al Sur encontramos explotaciones de calizas en Canyelles y Olérdola, donde en este momento no se realiza explotación. Tras las canteras del Vendrell ya citadas al hablar del Penedés encontramos explotaciones en Altafulla y proximidades de Tarragona.

En el borde montañoso de la llanura de Tarragona, es decir en el borde de la llamada Depresión Reus-Vallés se explotan distintos yacimientos. Las calizas se explotan en la Riba y con intensidad en una cantera de Alcover - que dispone de buena maquinaria y agua suficiente para el lavado de los áridos.

En la zona de Alforja se explotan las cuarcitas que constituyen en el momento actual uno de los áridos de mejor calidad explotados en Cataluña, la explotación se hace con maquinaria adecuada y con ritmo muy aceptable, - aunque debido a la gran demanda de Renfe para balasto, existen excedentes de las fracciones finas 0-5 mm que constituye quizá una arena interesante.

En la misma zona se explotan también pórfidos, aprovechando en principio escombreras de antiguas explotaciones para adoquines, aunque existen reservas suficientes. La instalación de machaqueo es aceptable y se encuentra al borde de la carretera Reus- Falset.

Calizas se explotan asimismo en la zona de Salou y en la zona de Hospitalet del Infante y Perelló. Alli destaca la explotación del Coll de Balaguer que produce una considerable cantidad de árido. Las gravas y arenas costeras son objeto de explotación a lo largo de toda la franja costera, en algunos puntos con intensidad.

En el Norte se explotan arenas en algunas rieras afluentes del Tordera . En la zona de Sant Pol existe una instalación que lava arenas procedentes de sauló. En Santa Susana se obtienen gravas macha-

cadas y arenas lavadas, con áridos procedentes de distintos puntos próximos.

En el cauce del rio Besós se explotan acopios de gravas y arenas. Asi mismo han existido y existe aún, explotaciones de arena en campos próximos a Badalona. Todo el valle bajo del Llobregat sufre una explotación intensa de la grava, existiendo instalaciones en Molins de Rei,Cornellá,etc. Actualmente se extraen gravas de fincas particulares tanto en el valle, como en las terrazas e incluso transportando desde conglomerados terciarios y terrazas altas de - puntos alejados de Molins de Rei.

La arena es objeto de explotación intensa en la zona del Delta, principalmente en el término de Viladecans. Los problemas que presenta la intensa explotación de estas arenas han sido apuntadas al hablar de unidades explotables, recalcando aqui unicamente que las reservas no son ya muy grandes,y que de alguna forma debe controlarse al máximo el material de relleno de la explotación, ya que han servido hasta como vertedero de basuras por lo cual no es extraño el alto nivel de contaminación del acuífero superficial.

En resumen esta zona puede explotarse, pero bajo un riguroso control y - tras unos estudios que garanticen un relleno con permeabilidad semejante y no contaminantes, fragmentos de roca y tierras naturales.

Hacia el Sur se explotan arenas en los niveles miocénicos de San Pedro de Ribas, en la desembocadura del Gaiá y después en Tarragona en el valle del rio Francolí donde existen yacimientos de grava y arena. Al Sur de Tarragona y hasta Hospitalet del Infante se extiende un llano muy rico en grava y arenas que es objeto de explotación en las rieras de Maspujol y Alforja. Se trata de arenas gruesas procedentes del granito que presentan buena calidad.

Mas al Sur apenas existen explotaciones hasta la zona del Ebro. A lo largo de la franja litoral son muchos los puntos donde las explotaciones inciden negativamente en el paisaje y medio ambiente. Quizá sea conveniente destacar las zonas de Garraf y Vallirana. En la primera el paisaje queda profundamente alterado, por lo que deberia estudiarse la conveniencia de dejar los frentes escalonados y repoblar con alguna vegetación al mismo tiempo que exigir la recogida del polvo al máximo.

En Vallirana los polvos producidos por las canteras y la fábrica de cemento ocupan a veces todo el valle. Se deberá cuidar asimismo el paisaje en el Coll de Balaguer.

Las explotaciones de gravas sobre todo los procedentes de conglomerados miocenos, que se dejan con cortes verticales propensos a corrimientos y a una gran erosión, que altera las condiciones de drenaje natural de las zonas, por lo que se debe iniciar una campaña de repoblación forestal en todas las áreas explotadas.

5.4.7.- Las comarcas del Ebro

En la zona del Ebro se explotan calizas cerca de Amposta, donde existe una instalación bastante amplia pero con árido de no mucha calidad. Otras explotaciones han existido en las proximidades de Tortosa y Alcanar.

Las gravas se explotan con intensidad en varios puntos de las mesetas altas del Ebro , en el área de Tortosa, como la que se encuentra en la carretera de Mas de Barberá y la de la Ermita de San Onofre, que explota grava del plioceno de naturaleza poligénica, pero fundamentalmente silicea lo que le confiere gran calidad con respecto al resto de gravas que suelen ser calizas. La instalación es buena obteniendo áridos de calidad.

Las arenas se obtienen en las mismas explotaciones y en algunas otras del delta. Unicamente es visible la gran alteración del paisje en la zona de San Onofre donde seria conveniente la repoblación de las zonas explotadas. Asi mismo deberia tomarse similar medida en algunas explotaciones abandonadas al Sur de Amposta.

6.- Areas de consumo y necesidades

Teniendo en cuenta que habiamos dividido las necesidades en dos apartados perfectamente diferenciados, se definirán las àreas de consumo atendiendo primordialmente a las necesidades en época normal, haciendo unicamente referencia a grandes obras como una posibilidad más.

Tres son los apartados que consumen normalmente la producción de áridos a saber:

Construcción
Conservación de carreteras
Conservación de ferrocarriles

La conservación de ferrocarriles,presenta una característica peculiar, se trata de que el transporte del árido no tiene incidencia en Renfe, de aqui que siempre esta haya dispuesto pocas canteras estrategicamente dispuestas a lo - largo de su red. Estas canteras se dedicaban totalmente a la elaboración de ba-sto (arido grueso) despreciando el resto como subproducto.

Hasta hace poco tiempo, se habian usado calizas casi en su totalidad, con algunos basaltos de la zona de Sils. Existieron al menos dos canteras que servian todo el balasto necesario, eran la de Miarnau, Garraf y la de Hospitalet del Infante. Modernamente al aumentar la calidad exigida al árido y no poder usar las calizas Renfe tiene un contrato con la cantera de cuarcita de Alforja, que le sirve la mayor parte del balasto usado en la zona 5º y que Renfe transporta a grandes distancias. Las cifras de árido oscilan alrededor de unas 3-5.000 toneladas al mes.

La conservación de Carreteras se nutre como la construcción de áridos locales generalmente, el transporte solamente es apreciable en el caso de necesitar un árido de especial calidad.

Habiamos estimado las cifras siguientes, unas 16.000 tn. mes usadas por el MOPU en toda Catalunya. Las Diputaciones provinciales y ayuntamientos arrojarian una cifra algo menor, unas 14.000 por lo que el total mensual en conservación de vias de comunicación será de unas 30.000 Tn/ mes.

No disponemos de un cálculo ni aproximado de los consumos para construcción en el momento actual, parece sin embargo aceptable una cifra global para Catalunya entre 20 y 25.000 Tn/dia, esto pone de manifiesto que el gran mercado es la construcción, de aqui que para definir las áreas de consumo tengamos principalmente en cuenta las áreas donde existe una construcción importante.

Estas áreas son en el momento actual las siguientes:

Barcelonés y Baix Llobregat
Vallés - Penedés
Tarragona y depresión Reus - Valls
Segriá
Girona y Ampurdán

En grado mucho menor encontramos algunas áreas de pequeña expansión actual como Igualada,Berga, Manresa, ciertos sectores de la costa (para construcción turística) Tortosa, etc. Hemos de tener en cuenta asi mismo la evolución sufrida por la fabricación de hormigón que actualmente se realiza mediante hormigoneras sobre camión que salen de la planta con la dosificación adecuada fabricando el hormigón durante el transporte a la obra, esto permite una mayor centralización de explotaciones, pero siempre en unos límites comarcales.

6.1.- Aridos de calidad normal

El Barcelonés y el Baix Llobregat reciben áridos de los alrededores, ya se han citado las explotaciones de granito en Badalona, calizas en Garraf y Vallirana y gravas y arenas en el Llobregat y zona del delta. Las distancias de transporte no son muy grandes, pero los tiempos a veces si, debido a la saturación de tráfico en toda la zona, que podemos considerar urbana.

La construcción en el Vallés-Penedés se nutre de áridos de machaqueo de los bordes de la depresión como Castellar del Vallés,Ordal y en la zona Sur de Vendrell. Son asi mismo utilizados los áridos procedentes de gravas y conglomerados del interior. Con todo algunas zonas reciben áridos del Baix Llobregat y al Norte del rio Tordera.

Tarragona y la depresión Reus-Valls usan los áridos propios, las calizas próximas a Tarragona y los de los bordes montañosos en las proximidades de Reus, Alcover y la Riba. Asi como las gravas y arenas abundantes al Sur del llano.

En el Segriá proximidades de Lérida los áridos usados son en su totalidad de gravera de los rios Segre y Cinca, o bien de las terrazas de la zona alta de dichos rios. Practicamente todas las comarcas de la depresión central se ven obligados a usar áridos de este tipo, excepto los próximos a los bordes, que pue-

den impartir áridos de las canteras situadas en las mismas.Las zonas de Girona y el Ampurdá son autosuficientes con los núcleos de explotación de los alrededores de Girona y Figueras, transportando incluso áridos hacia la zona costera.

Los centros definidos como de menor consumo reciben asi mismo áridos locales, aunque a veces de no muy buena calidad. Berga y Manresa se surten de las gravas del Llobregat. Tortosa usa calizas y gravas locales, a pesar de disponer de abundantes yacimientos de caliza.

La zona costera recibe los áridos de distintos puntos, a veces con mucho - transporte.Las comarcas pirenaicas no presentan excesiva contrucción y disponen en general de muy buenos yacimientos que podrian explotarse.

6.2.- Aridos de calidad especial

Como queda indicado el balasto necesita árido de calidad especial. Lo mismo sucede para áridos de capas de rodadura, en explotación podemos citar los siguientes que presentan explotación aceptable.

Granitos de Vallensana y Rubí que cubren un área bastante importante en toda la zona media de Catalunya. El basalto de Fogás de Tordera cubre la zona costera norte de la provincia de Barcelona y Sur de Gerona. La cuarcita de Alforja cubre las necesidades de casi toda la provincia de Tarragona, ayudada por los pórfidos de la misma zona. Se nota la falta de áridos de calidad en la zona pirenaica hasta la costa, esta zona dispone de granitos de calidad que no se explotan más que intermitentemente.

Asi mismo al norte de Lérida en la zona de Avellanes, existen unas ofitas que quizá son los áridos de mejor calidad de toda Catalunya, pero que debido a la poca demanda no se explotan, ni para las capas de rodadura de la zona.

Lo mismo ocurre con un afloramiento existente en los puertos de Beceite que muy bien podria atender a todo el valle del Ebro en tierras catalanas.

7.- Notas sobre legislación.-

Se pretende en este apartado comentar si bien en forma somera el estado ac-

tual de la legislación en materia de explotaciones de áridos y materiales rocosos de escaso valor económico. Dada la incidencia de estas explotaciones en el medio ambiente, y lo que el tema ecológico preocupa en ordenación del territorio, hemos querido hacer hincapie en la relación explotación - medio ambiente.

Gran parte de las citas legales en que nos basamos, estan recopiladas en dos tomos de Editorial Civitas titulados "Legislación sobre el Medio Ambiente natural" editado en 1979, donde se pueden encontrar casi todos los textos que hacen referencia al tema, excepto la Reglamentación de la Ley de Minas, cuyo "Reglamento General par el Régimen de la Mineria" dado por Real Decreto 2857/1978 de 25 de Agosto publicado el 11 de Diciembre de 1978, no se halla recogido en la publicación citada.

7.1.- Referencias en la Ley de Minas

La actual Ley de Minas es la ley 22/73 de 21 de Julio de dicho año. En el artículo 3 se clasifican los recursos en tres secciones A),B), y C).

La sección A) queda definida en el mismo artículo en la forma siguiente:

"Pertenecen a la misma los de escaso valor económico y comercialización geograficamente restringida, asi como aquellos cuyo aprovechamiento unico sea el de obtener fragmentos de tamaño y forma apropiados para su utilización directa en obras de infraestructura,construcción y otros usos que no exigen más operaciones que las de arranque, quebrantado y calibrado".

De el texto anterior se desprende claramente que todas las explotaciones que estudiamos quedan clasificadas en la sección A). En el punto 3 de dicho artículo se habla de que los criterios de valoración para la sección A) seran fijados mediante decreto. Lo mismo se expresa en el Reglamento de la mineria que en su Titulo I art. 5 define en la misma forma que la ley de 1975 la sección A y añade en el punto 2 del mismo artículo, lo siguiente:

2.-"Los criterios de valoración precisos para configurar la Sección A) serán fijados mediante decreto acordado en Consejo de Ministros a propuesta del de Industria y Energia, previo informe del Ministerio de Economia.

De acuerdo con el Decreto, vigente en cada momento, que fije los criterios de valoración para configurar la sección A) la clasificación de yacimientos minerales y recursos geológicos se llevará a cabo por el Ministerio de Industria y Energia, bien con caracter general, bien por cada solicitud de investigación o aprovechamiento en particular".

3. "Si se produce un criterio de valoración distinto del inicial, que origine un cambio de sección, continuaran vigentes las autorizaciones, permisos y concesiones otorgados conforme a la clasificación anterior, la cual servirá tambien para el trámite de los expedientes iniciados con anterioridad al nuevo criterio".

Estos criterios de valoración no hemos podido encontrarlos en la legislación posterior a 1978 por lo que es muy probable que aun no hayan sido elaborados, y solamente podemos atenernos a la definición dada de la sección A),que como queda reflejado anteriormente engloba todas las explotaciones que nos ocupan.

En el Titulo II de la Ley asi como en el Reglamento que la regula se concreta que el Ministerio de Industria realizará los oportunos estudios para fijar las condiciones de protección del medio ambiente (art. 5)de la Ley y Art. 7 a 9 del Reglamento). En estos se indica la obligatoriedad de proporcionar datos de todos los trabajos y estudios al Instituto Geológico y Minero.

El capitulo II de este Titulo del Reglamento especifica zonas de reserva a favor del Estado de yacimientos de cualquiera de las secciones indicando las condiciones para ello.

El Titulo III de la ley asi como el del Reglamento, se refieren a la regulación de los aprovechamientos de recursos de la sección A) a través de los artículos se especifica, todo lo referente a propiedad de los yacimientos, compatibilidad de explotaciones, y prescripciones necesarias, para obtención de permiso dado por la Delegación Provincial.

El articulo 17 de la Ley y el 30 del Reglamento, dejan bien claro el papel de las Corporaciones locales para poder conceder permisos; concretamente el articulo 30 dice:

1.- "El Gobierno a propuesta del Ministerio de Industria y Energia, señalará por Decreto las condiciones técnicas que deben contener las Ordenanzas de las Corporaciones Locales para poder otorgar las autorizaciones de explotación de Recursos de la Sección A). Una vez aprobadas las Ordenanzas, dichas corporaciones podran otorgar autorizaciones, dando cuenta a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energia para su conocimiento y la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones reglamentarias en la esfera de su competencia.

2.- Antes de otorgar las citadas autorizaciones, la Corporación Local correspondiente deberá comunicarlo previamente a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energia, la cual comprobará si la autorización está dentro del perímetro de una zona de reserva de un permiso de investigación, de una concesión para explotar recursos de la sección C) o de una autorización para el aprovechamiento de un recurso de la sección .

De ser asi, deberá declarar si son compatibles o no los trabajos respectivos, con audiencia de las partes interesadas, en su caso, y de acuerdo con la tramitación propuesta en el artículo anterior.

3.- Si los trabajos se declaran compatibles, lo comunicará asi a la Corporación local correspondiente, junto con las condiciones para la protección del medio ambiente a que debe ajustarse la explotación, pudiendo aquella otorgar la autorización solicitada.

De no ser declarados compatibles, se estará a lo dispuesto en los puntos 3,4 y 5 del artículo 29 de este Reglamento.

4.- Las autorizaciones que otorguen las Corporaciones locales seran sin perjuicio de las facultades de las Delegaciones Provinciales en cuanto a la inscripción en el Registro de estos aprovechamientos, vigilancia en el cumplimiento de las normas de seguridad, protección del medio ambiente y demás disposiciones reglamentarias en la esfera de sus competencias".

En este artículo queda perfectamente delimitada la Competencia de las Corporaciones Locales siempre que dispongan de Ordenanzas adecuadas, caso de muchos municipios de Catalunya que por tanto podrán otorgar o denegar el permiso de acuerdo con las Ordenanzas.

El artículo 33 de este Reglamento recoge las condiciones necesarias para que el Estado se haga cargo de explotaciones de la sección A).

En el párrafo 3 del artículo 37 se contienen las competencias del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo cuando la explotación se destine a obras del citado Ministerio.

Es interesante el artículo 2 de este Reglamento puesto que es el único que recoge la existencia de otras leyes cuando despues de enumerar los requisitos necesarios en las distintas secciones, (unicamente autorización para la sección A) en su punto 3 dice textualmente:

3.- "El otorgamiento de una autorización; un permiso o una concesión para la explotación, investigación, aprovechamiento o explotación de yacimientos minerales y recursos geológicos, se entiende sin perjuicio de tercero y no excluye la necesidad de obtener las demás autorizaciones y concesiones que con arreglo a las leyes sean necesarias."

Lo reseñado anteriormente nos parece lo más destacable en cuanto a lo que la ley de Minas y el Reglamento de la misma exponen a lo largo de su articulado.

7.2.- Referencias en el Reglamento de Actividades Molestas,Insalubres,Nocivas y Peligrosas y en la ley de Protección del Medio Ambiente Atmosférico

Este Reglamento se recoge en el decreto 2414/1961 de 30 de Noviembre y apareció en el BOE de 7 de Diciembre. En el artículo 3 se clasifican las actividades incluidas en el Reglamento, encontrándose la siguiente definición.

"Molestas.- Serán clasificadas como "molestas" las actividades que constituyan una incomodidad por los ruidos o vibraciones que produzcan o por los humos,gases, olores, nieblas, polvos en suspensión o substancias que eliminen".

Tras esta definición en el Anejo nº 1 figura

339-15 Trituración de piedras y su clasificación;clasificada como actividad molesta por la producción de ruidos y polvo. Por las mismas causas se clasifican tambien como molestas las siguientes actividades relacionadas con las

rocas.

334 Fabricación de cemento hidraulico
339-12 Aserrado,tallado y pulido de piedra
339-13 Aserrado, tallado y pulido de marmol
339-14 Fabricación de piedras de molino.

En el artículo 4 se especifican las condiciones exigidas para emplazamiento y distancias en estas actividades dejandolo a criterio del cumplimiento de Ordenanzas Municipales Planes de Urbanización, o en su defecto al criterio de la Comisión Provincial de Servicios Técnicos que deberá dictaminar sobre su emplazamiento.

El artículo 5 habla muy ambiguamente de circunstancias a tener en cuenta.

El Capitulo II se refiere a la competencia, esta recae en el Alcalde,convenientemente asesorado por la Comisión Provincial de Servicios Técnicos.El artículo 9 reserva al Gobernador Civil la alta vigilancia de lo dispuesto en el Reglamento y en el 10 se especifica que los Jefes de Sanidad deberán emitir los informes correspondientes.

El artículo 11 aunque se titula de disminución de distancias que lo refiere a lo previsto por el Articulo 4 pero añadiendo "y en todo caso para su funcionamiento, que las chimeneas, vehiculos y demás actividades que puedan producir humos, polvos o ruidos, deberán dotarse inexcusablemente de los elementos correctores necesarios para evitar molestias al vecindario".

En el articulo 18 se obliga a la recogida de polvos, pero unicamente para las actividades clasificadas como insalubres.

El Titulo II que se refiere al Regimen Juridico de dichas actividades expresa a través de los articulos 29 a 34 la necesidad de presentar un Proyecto Técnico y Memoria detallando actividades y sistemas correctores asi como su eficacia.

En 15 de Marzo de 1963 (BOE de 2 de Abril) se dictan Normas complementa-

rias en las cuales se leen normas sobre contenido de las Ordenanzas para municipios de más de 50.000 habitantes. En el articulo 11 se fija la distancia de 2.000 m para las insolubres no citando en absoluto distancia alguna para las molestas.

La Ley de Protección del Medio Ambiente Atmosférico (Ley 38/1972 de 22 de Diciembre,BOE de 26 de Diciembre) explica en su articulo I lo siguiente:

2.-"Se entiende por contaminación atmosférica, a esfectos de esta ley,la presencia en el aire de materias o formas de energia que impliquen riesgo daño o molestia grave para personas o bienes de cualquier naturaleza".

Esta ley se desarrolla mediante Decreto 833/1975 de 6 de Febrero (BOE de 22 de Abril).

El Titulo primero se refiere a competencias administrativas expresando en Art. I que el órgano coordinador en materia de defensa del medio ambiente, cuya composición se marca según el decreto 1310/1977. A través del Articulado de este decreto se especifica su composición y atribuciones, que por su extensión no se reproducen.

Sin embargo conviene comentar que se trata de un comite centralizado con representantes de diversos organismos, todos ellos de la administración central y donde no se cita en ningún momento a las Comunidades autónomas.

Debe funcionar a través de un Pleno un Comité Permanente y unos Comités especiales, entre los cuales interesarian en este caso el Comité de Defensa de la Naturaleza y el Comité de Acción Local. Estos comités seran los encargados de realizar trabajos e informes.

El articulo 2 del decreto sobre Medio Ambiente (833/1975) especifica que "Los Ministerios,Corporaciones Locales y Organismos Autónomos, independientemente de las competencias que las leyes les otorgan, tendran en cuanto a la defensa contra la contaminación atmosférica las siguientes atribuciones (y entre ellos).

c) Será competencia del Ministerio de Obras Públicas la adopción de medidas necesarias para evitar la contaminación producida por las siguientes acti-

vidades . . . . d).Explotación de canteras y extracción de áridos y arenas,asi como su fabricación artificial, realizados por dicho ministerio o con su autorización y destinados a Obras Públicas.

d). Las Corporaciones Locales velarán por el cumplimiento dentro de sus respectivas demarcaciones territoriales de las disposiciones legales sobre la materia, que regula este Reglamento, adoptando a los mismos las Ordenanzas Municipales.

El Titulo V se refiere al control de Emisiones y en él figuran articulos como el 41 que clasifica las actividades donde leemos lo siguiente:

Articulo 41: "A los efectos previstos en el art. 3 nº3 de la Ley de Protección del Medio Ambiente Atmosférico, se clasifican como actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera los incluidos en el Anexo II del presente decreto".

De este anexo II hemos extraido aquellos que afectan al presente trabajo que son los siguientes:

Grupo A
1.10. Industrias de Materiales de la Construcción
1.10.1. Fabricación de clinker y de cemento
1.10.2. Fabricación de cal y yeso más de 5.000 Tn año
1.10.3. Calcinación de dolomita
1.10.4. Fabricación de lana de roca y otras lanas minerales
1.10.5. Fabricación de aglomerados Asfálticos.

Grupo B
2.2. Mineria
2.2.1. Extracción de rocas,piedras,gravas y arena (canteras)
2.2.2. Instalaciones de tratamiento de piedras,guijarros y otros productos minerales (machaqueo,desmenuzado, triturado,pulverizado,moliendo,tamizado,cribado,mezclado,limpiado,ensacado) cuando la capacidad es superior a 200.000 toneladas anuales, o para cualquier capacidad cuando la instalación se encuentre a menos de 500m. de un núcleo de población.

2.10. Industrias de materiales para la construcción

2.10.1. Fabricación de cal y yeso con capacidad de producción inferior a 5.000 Tn/año.

2.10.2. Fabricación de productos de arcilla para la construcción,azulejos,material refractario y articulos de porcelana,loza y gres.

2.10.3. Fábricas de vidrio

2.10.4. Plantas de preparación de hormigón

Grupo C

3.2. Mineria

3.2.1. Instalaciones de tratamiento de piedras, guijarros y otros productos minerales (machaqueo,desmenuzado,triturado,pulverizado,moliendo,tamizado, cribado,mezclado,ensacado) cuando la capacidad es inferior a 200.000 toneladas anuales.

3.2.2. Tallado aserrado y pulido por medios mecánicos de rocas y piedras naturales.

En el titulo II se indican las condiciones para la instación o traslado de actividades contaminantes, especificando que las del grupo A necesitan permiso de los Servicios Centrales de los Ministerios competentes.Los del grupo B de los Servicios Provinciales o los del grupo C pueden trasladarse o modificarse libremente sin mas que la declaración formal ante la Delegación Provincial correspondiente.

En el anejo IV se establecen los niveles de emisión que según el art. 58 den cumplir estas industrias. En los que hacen referencia a nuestro estudio se estaban permitiendo en emisión de partículas sólidas o polvo 500 ó 300 (mg/Nm^3) pero siempre se fija la previsión para 1980 en 150 mg/Nm^3 por lo que se puede asegurar que el nivel de emisión a exigir en este momento a las nuevas industrias (cementos,plantas asfálticas,fabricación de cal,cerámica y otras) es de 150 mg/Nm^3.

El capitulo III del mismo titulo, se refiere a vigilancia y control que recae en las Delgaciones Provinciales de los Ministerios competentes, sin perjuicio de las funciones atribuidas a las Corporaciones Locales.

En sus disposiciones finales exige la Adaptación del Reglamento de Activi-

dades Molestas a las nuevas normas que conllevará la consiguiente adaptación de su nomenclator.

La orden de 18 de Octubre de 1976 (BOE 3 de Diciembre) sobre Previsión y y Corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial determina en su Art. 2 que compete a la Dirección General de Promoción Industrial la propuesta de criterios para la ordenación industrial del medio ambiente.

El capitulo III (Art. 7 al 15) marca las condiciones de proyecto, y en él pueden leerse claúsulas referentes a materias primas; a la necesidad de adjuntar un mapa 1:25000 ó 1:50000 del entorno 20 km. para industrias del grupo A y 8 km. para industrial del grupo B.

En el capitulo IV se refieren las condiciones de puesta en marcha destacando entre sus articulos el que se refiere a la emisión de polvos que fija en 10Kg/hora habiendo metido el nivel de emisión durante un mes.

7.3.- Referencias en la ley del suelo y Reglamento de Policia de Aguas

El Titulo Preliminar que se refiere a finalidad y campo de aplicación de dicha ley (decreto 1346/1976 BOE de 16 y 17 de Junio), expresa que la actividad urbanística se referirá al fomento e intervención del ejercicio en las facultades relativas al uso del suelo y edificación. Deberá emplazar los centros de producción y de resistencias. Prohibir los usos del suelo que no se ajustena los planes.

El articulo 8 dice que los Planes Directores Territoriales deberán contener las medidas de protección a adoptar en orden a la conservación del suelo,de los demás recursos naturales y a la defensa, mejora,desarrollo o renovación del medio ambiente natural.

En el articulo 12 se habla de las medidas para la protección del medio ambiente y en su apartado 2.4. especifica como el plan general establecerá en el Suelo no urbanizable las medidas y condiciones que sean precisas para la protección y conservación de todos y cada uno de sus elementos naturales, si bien sea suelo,flora, fauna o paisaje a fin de evitar su degradación.

El articulo 17 prevé la redacción de planes especiales para protección del paisaje etc. cuando se consideren necesarios pero sin que en ningún caso puedan sustituir a los planes Generales Municipales como instrumentos de ordenación - integral del territorio.

En el articulo 19 se hace hincapié en la protección del paisaje en "a). Bellezas naturales en su complejo panorámico o en perspectivas que convinieren al fomento del turismo.

En el Reglamento de la Policia de Aguas, (Decreto de 14 de Noviembre de 1958 BOE de 2 de Diciembre) organismo dependiente del MOPU tiene competencia según su art. 29 para conceder y vigilar la extracción de materiales (gravas y arenas) en los cauces y riberas en cumplimiento de la Ley de 20-2-42 y decreto de 9-1-53.

7.4.- Comentarios a la Legislación

Hemos expuesto en los párrafos anteriores los articulos que más directamente afectan a las explotaciones a cielo abierto sobre todo en su relación a la ordenación territorial, sin embargo en las leyes de máximo rango tambien se encuentran algunos articulos que pueden interesar en nuestro caso asi la Constitución Española en su articulo 148 reconoce a las Comunidades Autónomas competencias en las siguientes materias:

3º Ordenación del Territorio,Urbanismo y Vivienda
8º Los montes y aprovechamientos forestales
9º La gestión en materia de protección del medio ambiente

El articulo 149 dice que competen exclusivamente al Estado:
23. Legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las Comunidades Autónomas de establecer NORMAS ADICIONALES de protección. La legislación sobre montes, aprovechamientos forestales y vias pecuarias.

El decreto 754/1978 crea el CIMA (Comisión Interministerial del Medio Ambiente) que parece el organismo encargado de elaborar la legislación moderna sobre el Medio Ambiente, aunque dada la complejidad de su estructura puede

convertirse en un organismo burocrático e inoperante, de no impedirlo la Dirección General del Medio Ambiente, dependiente del MOPU,ya que su director es el Secretario General del CIMA según el articulo 482 de dicho reglamento.

El Código Civil Español recoge en el Art. 426 el derecho a la exploración de minerales sin mas que dar cuenta a la Administración Local.En la ley de Régimen Local se especifica en su art. 101 entre las competencias del Municipio, la de la defensa forestal aun cuando se trate de montes no declarados de utilidad pública. A la Administración Provincial el fomento de la riqueza forestal y la repoblación.

En cuanto a lo expresado por la Ley de Minas, queda claro que se puede incidir en el tema que nos ocupa a través de las Ordenanzas de los Municipios.

Si las Corporaciones Locales disponen de unas Ordenanzas donde se regule el tema de explotaciones,imponiendo las condiciones adecuadas para conseguir explotaciones racionales con arreglo a la ordenación global del territorio, y que incidan lo menos posible en la contaminación del medio ambiente, ya que esta ley deja bien clara la competencia de las Corporaciones Locales.

El reglamento de actividades molestas incluye en estas, todas las explotaciones de la Sección A) de la Ley de Minas y se insiste asimismo en la competencia de las Corporaciones Locales en la otorgación de Permisos y en la vigilancia de la explotación en cuanto al cumplimiento de las normas contenidas en las ordenanzas municipales y leyes del Estado.

La Ley del Medio Ambiente contiene la formación de la Comisión Interministerial del Medio Ambiente donde todos los representantes son de la Administración Central. Sin embargo en el articulado se citan competencias para los Entes locales en cuanto que adoptaran sus ordenanzas a esta ley.

En el anexo II se encuentran clasificadas en grupos todas las actividades potencialmente contaminantes, encontrándose en los distintos grupos todas las explotaciones y elaboración de áridos.

El anejo IV establece límites de emisión, que precisamente deben comenzar a ser mínimos a partir de 1980. En el capitulo III se refiere a vigilancia y en

él se atribuye esta a las Delegaciones Provinciales siempre sin perjuicio de las funciones propias de las Corporaciones Locales.

La orden de 18 de Octubre de 1976 insiste en distancias a núcleos urbanos y en el nivel de emisión de polvos. La Ley del Suelo, contiene menos artículos que puedan afectar a nuestro tema, de no ser a través de aquellos que a protección del medio ambiente y protección del paisaje se refieren.

En resumen que la linea de actuación de la Generalitat en cuanto a una mejor ordenación y racionalización de explotaciones parece clara en cuanto a incidir en la puesta al dia en este tema de las Ordenanzas Municipales de todos los Ayuntamientos de Cataluña y poner a su disposición un asesoramiento técnico eficaz a la hora de la concesión de permisos y de la estrecha vigilancia que el tema exige si se pretende no ver negativamente afectado el medio ambiente, al mismo tiempo que las limitaciones no sean tan exageradas que se llegue a una auténtica falta de áridos en el mercado.

Se trata, por tanto, de a través del arma que proporcionan las Ordenanzas de la Administración Local se pueden explotar los áridos necesarios con calidad suficiente para la construcción en las zonas de menor incidencia negativa para el medio ambiente, y bajo un control razonable pero efectivo.

8.- Otros usos industriales de las rocas.

Se trata de describir en el presente capitulo, aquellos otros usos que se da a ciertas rocas de Cataluña, contando siempre con que sean explotaciones a cielo abierto.

No se pretende realizar un estudio exhaustivo de dichas industrias,sino localizar y analizar el desarrollo de algunas de las más importantes. Tampoco pretendemos que el mapa de situación de estas explotaciones sea completo,ya que los datos de que se ha dispuesto para su confección probablemente no lo eran. Pero si creemos que a través de estos datos se puede llegar a tener una idea del panorama en el Pais Catalán, y cuales son las direcciones a seguir en futuros estudios, teniendo en cuenta la base sintética que se presenta en este capitulo sobre recursos existentes que no entran dentro de lo que podriamos de-

nominar recursos mineros, sino recursos industriales para la construcción.

8.1.- Fabricación de cemento

En Catalunya existen grandes fábricas de cemento que no hemos situado, pero citaremos las mas conocidas: Asland en Montcada, donde explotaba las calizas paleozoicas del Turó de Montcada, agotadas en la actualidad y cuya explotación cambio totalmente la fisonomia del Turó, convirtiendo un cono casi perfecto en un tronco de cono, pues el yacimiento ocupaba la cima de la montaña. Ahora explotan una cantera en Garraf, que posee una instalación modélica, tanto para árido, como materia prima para cemento que se transporta a Montcada por ferrocarril.

Cementos Sanson con fábrica en St. Just, antes al borde de la N-II y ahora en lo alto de la montaña, explota las calizas paleozoicas próximas a la fábrica. Cementos Molins en cuatro Caminos explota calizas de Vallirana y dolomias en Pallejá. Cementos Fradera tiene fábrica y explotación en Vallcarca en pleno macizo de Garraf. Cementos Griffi se situa en las proximidades de Vilanova y la Geltrú explotando afloramientos próximos de calizas y margas. En Alcanar se encuentra una fábrica de cementos del Mar que explota las calizas de la sierra del Montsiá. La primera fábrica moderna de cemento se habia situado entre Castellar de N'Hug y la Pobla de Lillet. Se fabrica tambien en Figols.

Hasta hace muy poco ha funcionado una potente fábrica de cemento en el Xerrallo (Ribagorça) que primero dedicó su producción a la construcción de todas las presas del complejo ENHER en el Noguera Ribargorzana, y posteriormente exportaba empleando el ferrocarril de Pobla de Segur a Lérida. Empleaba caliza y arenisca de las proximidades.

Existen algunas fábricas de cemento, distribuidas por toda Cataluña, que emplean materiales próximos a su ubicación. En el mapa hemos marcado las explotaciones de calizas,margas dolomias, etc. que se emplean en la fabricación de cemento y cal. Gran parte de las formaciones geológicas han sido o son utilizadas con estos fines, presentando calidades muy diversas.

Se dispone de gran cantidad de datos sobre análisis químicos de los cuales solamente se puede concluir la pureza de las calizas, y por tanto los porcentajes a adicionar de arcillas y otros componentes, hasta conseguir la mezcla nece-

saria para el cemento.

Asimismo para algunas muestras hemos encontrado datos sobre todo nódulos que se emplean como índice de calidad en fabricación de cemento, y sus valores óptimos son:

-Módulo hidraulico	1,7 - 2,2
-Módulo férrico	1,0 - 4,0
-Módulo de silicatos	1,2 - 4,0

Los resultados son muy dispersos, destacando unicamente por su homogeneidad dentro de los límites algunas rocas cretácicas de Garraf (Cementos Fradera).La discusión de calidad para cementos sale fuera de este somero estudio y deberá ser objeto de actualización de datos, si se quiere llegar a conclusiones válidas sobre cual son las formaciones de mejor calidad, sobre todo en un pais donde las calizas y margas aptas siempre para este fin.

De aqui que pensemos que la fabricación de cemento en su localización debe venir condicionado por otros factores de ordenación del territorio,mercado y condiciones de transporte ya que excepto en la depresión central en el resto abundan rocas aptas para su fabricación.

Este tema debe ser objeto de un trabajo de altualización de datos sobre las distintas calizas usadas, asi como de la situación más idónea con respecto a las condiciones de mercado y transporte.

8.2. Yesos

Una simple mirada al mapa de explotaciones diversas nos ilustra sobre la abundancia y dispersión de los yacimientos de yeso en Catalunya, solamente se han reflejado aquellas explotaciones que figuran inscritas en la Delegación de Minas, lo que da una idea de lo abundantes que son los yesos en todo el territorio.

Geologicamente encontramos en Catalunya niveles de yeso desde el Triásico al Oligoceno. Los niveles yesiferos más antiguos se encuentran en el tramo rojo del Musehelkalk, aunque no son en general explotados.

El nivel de yesos del Keuper se ha explotado y explota con intensidad, como sucedió en Corbera y sucede actualmente en la zona del Ebro. Los análisis sobre yesos del Keuper dan siempre una riqueza del orden del 96% en $SO_4Ca\ 2H_2O$ excepto unas muestras de la Llacuna que no llegan al 90%.

El yeso del Keuper suele presentarse en masas estratificadas casi siempre muy replegados pero bastante puro. Generalmente se ha explotado siempre a cielo abierto, pero se encuentran restos de explotación por cámaras, en zonas de recubrimiento alto, la explotación se hacia dejando pilares de mantenimiento como sucedia en dos cuevas existentes en Corbera, y conservados en la actualidad.

Los niveles del Eoceno son ampliamente explotados en muchas zonas apareciendo como niveles masivos en algunas zonas, y en otras con finisimas intercalaciones arcillosas grises. Ni que decir tiene que en general estan menos tectonizados presentándose en capas continuas.

Como es lógico los niveles del Eoceno y posteriormente los del Oligoceno, marcan en cierto modo los bordes de la gran cuenca salina del terciario catalán, ya que son las sales que se disponen al fondo de la misma. Los análisis disponibles, sobre yesos de esta edad los situan algo mas bajos en pureza que los triásicos.

Por fin en el Oligoceno se situan gran cantidad de explotaciones de yeso, se trata de niveles blancos y grisáceos, con intercalación de algunos niveles arcillosos. Las potencias en estos niveles oligocénicos oscilan ya entre los 15 y 30 m. encajándose generalmente entre paquetes margosos.

Los análisis químicos consultados ofrecen una riqueza en yeso entre 86 y 90 para la zona Tarraconense, donde a veces se encuentran indicios de cuarzo. En la zona central y del Penedés la riqueza debe ser superior, sobre todo en las zonas seleccionadas para la explotación.

Merece especial mención la explotación de yeso que se lleva a cabo en Vimlobí unos 10 km. al NW de Vilafranca del Penedés. Se trata de una formación de yesos masivos bien estratificados separados por débiles intercalaciones de fango arcilloso de color negro, llenos de restos vegetales,lignitos y pirita. En algunos frentes se pueden recoger grandes ejemplares de yeso en punta de flecha, completamente transparentes.

Esta formación se atribuia al Eoceno y Oligoceno, pero modernamente en la descripción de la hoja 419 del plan MAGNA se describe como formación Vilobi incluida en la gran formación de base del Mioceno, como hacia Llopis en 1947, esto la convierte en la más importante explotación miocenica de yeso.

La explotación llevada a cabo por la empresa actual es muy adecuada, con instalacion moderna y una racional explotación de las canteras, que no de lugar como en las antiguas a la acumulación de aguas en el fondo, que perjudican por disolución a las reservas existentes. Es de notar que se cuida sobre manera la calidad de los productos elaborados, con continuo control analítico de la producción.

Los yesos se explotan con dos fines, de una parte para su elaboración directa como aglomerante, y un porcentaje elevado para fabricación de cementos.

El estudio detallado del yeso en Cataluña deberia comportar una sintesis de los yacimientos y un estudio de la calidad de cada uno de ellos, asi como su rendimiento y utilidad, objetivos estos que salen fuera de esta labor de sintesis y revisión,donde unicamente debemos apuntar la necesidad de un estudio con toma de muestras en todas las formaciones interesantes. Citemos asi mismo que en la zona del Montblanc se explota algo de alabastro, que se emplea en decoración.

8.3. Rocas ornamentales y de construcción

Describimos en este apartado algunas formaciones que se emplean como rocas ornamentales, asi como aquellas que sin llegar a la categoria de ornamentales, se emplean en la construcción como piedra vista o para fabricación de terrazo.

En el mapa hemos representado aquellas canteras que estan declaradas en el momento actual aunque algunas de ellas no se hallan en explotación sino de una forma intermitente. Son varias las rocas que se han explotado o explotan para la construcción. Con fines estrictamente ornamentales se explotan las calizas de "nummiles" del Eoceno por lo menos entres puntos. En S. Vicens de Castellet existen explotaciones de bloques para serrar y pulir con producción de unas 12000 Tn.

Tambien en Centelles se extraian bloques asi como el lado de Gerona.Exis-

ten dos tipos de "marmol" conseguido con estas rocas,uno de ellos perfectamente gris donde destacan los fósiles de calcita más blanca y otra variedad de color ocre (café con leche) donde asi mismo destacan las secciones de los fósiles.Probablemente la diferencia de color sea debida unicamente al estado de oxidación del catión hierro que se halla como impureza formando óxidos de hierro divalente en los grises y como óxidos de hierro trivalente para los ocre, esto habla de un mayor grado de alteración de estos segundos, de aqui que sean mas escasos,por tener que presentar esa alteración de los óxidos y por otra parte la dureza suficiente para su uso.

Con este mismo fin se han explotado unas calizas aptenses en el Barranco de la Leche en Tortosa, se trata de unas rocas tectonizadas por unas fallas, y posteriormente cementadas por una pasta dolomitica de color rojo. Constituye una milonita de gran belleza que se ha explotado en bloques encontrándose por la zona y en el Monasterio de El Escorial. En la actualidad no se explotan.

Los granitos han sido asi mismo objeto de explotación como roca ornamental siendo apreciados los del Pirineo, cerca de Seo Urgell y Valle de Aran, asi como las tonalidades rosadas que se obtinen en la cordillera litoral.

El granito sin pulir como piedra de construcción se ha empleado con intensidad para fachadas,zócalos y muros, en toda la zona pirenaica explotándose tambien con este fin y para bloques de escollera en la zona de Mataró.

Algunas calizas jurásicas y Cretácicas han sido asi mismo usadas en bloque para pulir, en la zona del Ebro y el Cretácico en los alrededores de Figueras. Tambien se explotan algunas areniscas triásicas y terciarias en la obtención de losas aprovechandose para ello las zonas tableadas donde se pueden obtener caras perfectamente planas.

Con el mismo fin se explotan ciertas formaciones del Eoceno entre areniscas y margosas, que dan lugar a piezas paralelepipédicas de 5 a 8 cm. de espesor de tonalidad gris u ocre según el estado del catión hierro. Gran parte de areniscas se dedican a usos constructivos, aunque si afines, como es el de refractarios, para el cual se explotan en Alcover.

Las dolomias se usan asi mismo como rocas de construcción explotándose con este fin unas dolomias tableadas del Muschelkalk de la zona de Alcover.

Las pizarras paleozoicas se explotan para tejados al menos en Civis pueblecito al lado de la frontera de Andorra. Tambien han existido explotaciones en otros puntos de la Cerdanya como Llivia.

Tambien se han explotado pizarras carboníferas en el interior de la comarca del Priorato. En la actualidad apenas se explotan, pero es indudable que deben existir yacimientos útiles aunque parecen carecer de mercado, como no fuera como aditivo en aglomeraciones hidraúlicas.

Otros usos de la pizarra son como roca de construcción en zócalos y muros. Antiguamente en toda la montaña donde abundaban (Pirineo,Priorato,etc) constituyen el material básico en la construcción de viviendas y otras edificaciones. En el mapa de explotación de pizarras se han agrupado dentro de las rocas siliceas,dada su escasa importancia.

En la fabricación de terrazos se emplean gran cantidad de rocas, la belleza y calidad de las mismas está en función del producto a obtener, como más noble citaremos en primer lugar el marmol. Se explotan mármoles con intensidad en la zona de Gualba de Dalt en el Montseny que se trituran en Sant Celoni. Asi mismo se explota un afloramiento más pequeño en el Pasteral. Estos mármoles estan muy tectonizados y no son aptos para bloques.

Existen algunas formaciones de calizas marmóreas en el pirineo, se han explotado en el valle de Arán unas calizas grises tableadas muy marmoreas,pero que no permiten la obtención de bloques, por lo que solo se usan triturados. Asi mismo existen y se han explotado trituradas otras calizas marmóreas,muy cristalinas como algunas de la zona de Tortosa.

Se explotan tambien en la construcción de terrazo de calidad las costras de calcita depositadas en el Karst de algunos yacimientos de caliza, es el caso de una cantera de Corbera de Llobregat donde se reservan las costras para este fin. Son costras de tonalidad ocre traslucidas que se intriducen en trozos grandes para mayor belleza del terrazo.

En la zona del Vallés se explotan calizas cristalinas de tonalidades rojizas que se emplean en fabricación de terrazo. Asi mismo se explotan con intensidad las calizas cretácicas microcristalinas de tonalidades ocres que se emplean

con un aglomerante amarillo. Se encuentran en las proximidades de Figueras en algunas canteras de la zona Barcelonesa y en las proximidades de Tarragona.

Los basaltos se han empleado como piedras de construcción sobre todo de forma local en la proximidad de los yacimientos y a veces triturados para terrazo. Por fin algunas gravas bien rodadas se emplean para fabricación de terrazo mediante una selección de los cantos. Existen multitud de rocas útiles, como marmol en el Pirineo (Macizo de Beret) que no se emplean. Los filones aplíticos del granito se usan en varios lugares de la costa brava para fachadas.

La industria de los adoquines hoy casi paralizada fue muy floreciente en el granito del Maresme, en los pórfidos al SW de Reus. Se han fabricado adoquines con basalto en Sils y zona de Olot asi como con algunas corneanas del Montseny y cuarcitas de Tarragona. Los bordillos han empleado tambien caliza además de granito, en Gerona era muy usada la caliza de nummulites mientras la zona tarraconense aprovechaba calizas cretácicas.

8.4.- Cerámica

Como puede verse en el mapa de explotaciones diversas las arcillas son objeto de extracción en múltiples puntos de la geografia catalana, su uso principal es la ladrilleria y en algunas zonas la industria de cerámica,casi artesana, como en la Bisbal,Breda,Tivenys y otros puntos de la zona tarraconense . El volumen de extracción es muy variable, existiendo industrias importantes en Jorba,Agramunt,Tortosa, Tárrega,zona del Vallés y Seo de Urgell. Es muy dificil proporcionar datos cuantitativos en un pequeño resumen como el presente.

Geologicamente se explotan distintas formaciones arcillosas que abarcan desde el Triásico al Cuaternario, especificaremos someramente las características de las distintas formaciones. Las arcillas Triásicas son afloramientos del Keuper y en algun caso del Muschelkalk medio.

Son arcillas rojo vino plásticas en paquetes bastante replegados. Se explotan en distintos puntos, como Montblanc,Santa Mª de Miralles, Espluga de Francolí,Valls, etc.

Quimicamente presentan un 60% de SiO_2,12% de Al_2O_3 y 15% de CO_3Ca. Los límites de Atteberg van desde 35 a 55 para el límite liquido y de 20 a 40 el índice de plasticidad. Arcillas cretácicas del Doniense y Albense de Prat del Conte y Pinell del Bray se usan para refractarios, son las únicas explotaciones - catalanas de este tipo de arcillas. En muchos casos estas arcillas, sobre todo las albenses se presentan asociadas a caolines o arenas siliceas.

Los límites de Atteberg oscilan entre 15 y 40 para el límite liquido y 1 y 23 para el índice de plasticidad. Son arcillas con un 63% de SiO_2,21% de Al_2O_3, 3,5% Fe_2O_3 y 0,8% CaO. En el Paleoceno encontramos niveles arcillosos que se explotan en varios puntos, como la zona de Calaf,Agramunt,Jorba,casi unicamen- para ladrilleria.

Son formaciones de arcillas rojizas en bancos de no mucho espesor, máximo 8 m. que alternan con estratos más finos areniscosos, generalmente las arcias son carbonatadas y las areniscas de cemento calcáreo. Quimicamente presentan las siguientes características SiO_2 45%, Fe_2O_3 5%, CaO 10%,MgO 3%. Los yacimientos del Mioceno, constituyen un grupo muy amplio de arcillas explotables. Existiendo varios tipos de distinta coloración y características.

En la zona de Castellbisbal y Rubí se explotan arcillas rojas en bancos potentes, a veces 30 m. Su quimismo es el siguiente: SiO_2 53%,Al_2O_3 20%,Fe_2O_3 4%, CaO 6%,MgO 4%. En todo el borde del Vallés Occidental hasta Martorell se encuentran formaciones de este tipo, que debemos asimilar a la parte alta del Burdigaliense, o quizá a veces Viudoboniense continental.

Las arcillas azuladas y grises se explotan en el Penedés son arcillas bien estratificadas, en bancos de 10 a 15 m. pero a veces presentan recubrimiento. Tambien se encuentran explotaciones importantes de arcillas miocenas grises u ocre en Tortosa,Cerro de St. Onofre. Allí se extiende una potente formación arcillo-margosa compacta y bien estratificada.

El quimismo de las arcillas del Penedés se resume en la forma siguiente: SiO_2 52%, Al_2O_3 20%, FeO_3 6%, CaO 10%, MgO 2,5%. Los afloramientos de Tortosa presentan los siguientes límites de Atteberg, Limite liquido 40, Indice de - Plasticidad 25.

El Plioceno es asi mismo una formación arcillosa, que da buenos yacimientos aprovechados en cerámica. Son frecuentes las explotaciones en el Plioceno de la zona Gerundense,en Papiol y localmente en varios puntos más. En la Selva se aprovechan las arcillas pardo amarillentas, su calidad se ve mermada por algunas intercalaciones de grava. En la zona de Papiol y todos los afloramientos al Sur del umbral de la Selva se explotan las denominadas margas azules que casi siempre son arcillas ricas en carbonato.

Las arcillas de la Bisbal pertenecientes al Plioceno,han dado el siguiente análisis químico: SiO_2 52%,Al_2O_3 18%,CaO 10%,Fe_2O_3 5%. Por fin gran cantidad de afloramientos de arcillas cuaternarias se aprovechan en muchos puntos de la geografia catalana.

La calidad de estos es muy variable, pues se trata de yacimientos localizados, generalmente en terrazas fluviales y por tanto muy heterogéneas contaminadas de limo y arena que los hacen de muy inferior calidad.

Un análisis de Rayos X de arcilla de Gerona de fracciones de cuarzo,feldespato,calcita,illita y caolinita. El quimismo para los del Llobregat es como sigue: SiO_2 43%,Al_2O_3 22%, Fe_2O_3 3%,CaO 12%,MgO 2%. Estos afloramientos cuaternarios se emplean en pequeñas industrias cerámicas, o para la fabricación del cemento.

Relacionados con los yacimientos de arcilla, aunque con distinta utilidad, se han reseñado dos tipos de explotaciones con cierta importancia. En el borde del Baix Llobregat se explota con intensidad una formación de creta,son en realidad calizas blancas muy puras y pulverulentas pertenecientes al Mioceno. Se realila la explotación a cielo abierto transportándose a instalaciones próximas, para su tratamiento.

En algun caso se usan para fabricación de cal, en otras la instalación es unicamente de purificación y molido de material que se envasa clasificado como aditivo para industrias químicas o como "filler" para mezclas asfálticas.

La composición química de esta creta es la siguiente: SiO_2 1%,Al_2O_3 0,1%, Fe_2O_3 0,15%, CaO 55%,MgO 0,3%,NaO 0,0%, K_2O 0,02%,CO_3^{2-} 58%. Estos porcentajes significan en realidad una pureza de carbonato cálcico de 96%.

En la zona de Prat del Compte se explotan arenas siliceas del cretácico, que se usan como arenas de moldeo; su composición química da SiO_2 89%,Al_2O3 6%, Fe_2O_3 0,8%,TiO_2 0,5%. Esta composición podria hacerlas aptas incluso para vidrio impreso.

8.5.- Aridos artificiales

La industria de los áridos artificiales se ha desarrollado a base de bauxitas y arcillas calcinadas. Las bauxitas se investigaron como áridos resistentes al pulimento, pero han resultado altamente costosas.

Por el contrario a base de arcilla sometida a tratamiento térmico se obtienen distintos afidos, generalmente áridos ligeros para hormigón, y en algunos casos áridos no pulimentables.

En Cataluña a pesar de existir extensos yacimientos de arcilla y mercado en la construcción, no se ha establecido ninguna industria de este tipo, siendo por tanto un campo que debe investigarse máxime que donde más abundante es la arcilla más escasos son los áridos naturales de buena calidad, como sucede en la depresión central.

En este sentido un establecimiento de tecnologia adecuada podria ser de utilidad en grandes áreas de la peninsula, que estan ocupadas por arcillas del mismo tipo y sufren la misma escasez de yacimientos.

Este tema del aprovechamiento de arcillas para la fabricación de áridos artificiales, debe ser objeto de un estudio cuidándose primero de las calidades exigidas a las arcillas y reservas de la misma y despues de su competividad en el posible mercado en la zona, asi como de su margen de transporte en condiciones de mercado.

9.- Lineas de futura actuación.

El estudio que aqui presentamos no ha pretendido otra cosa, que poner de nifiesto la situación actual del tema de los áridos y otras explotaciones afines, con el fin de despertar la atención sobre una posible ordenación del sector.

Esta ordenación ha de pasar necesariamente por una serie de etapas de estudio de las cuales esta síntesis no es sino un punto válido de partida. En principio se nota la necesidad de confeccionar un inventario de yacimientos con una ficha donde figuren las características de cada yacimiento, y donde estos se hallan ordenados geograficamente y por naturalezas.

Este archivo lo concebimos como una cosa viva que debe revisarse en campo con una periodicidad adecuada. Es primordial en la confección de este inventario que las visitas y la recogida de muestras sean realizadas por técnicos cualificados, no aceptando en general los datos y muestras proporcionados por los propietarios de no ser con expresa indicación de la fuente de procedencia.

Un primer paso para este inventario puede ser un cuestionario a los Ayuntamientos sobre explotaciones en su término municipal seguido de otra a todos los propietarios con preguntas técnicas sobre la explotación, asi como un croquis de situación.

A estos datos debe añadirse los que sobre cada explotación figuren en la Jefatura de Minas correspondiente, y en el caso de gravas en la Comisaria de Aguas correspondiente.

Estos datos formaran la base del dosier de cada yacimiento, donde al menos ya están los datos administrativos. Todos los datos técnicos y de calidad, seran estudiados en campo y Laboratorio por personal cualificado al Servicio de la Generalitat y totalmente independiente tanto de los Gremios de Explotadores, como de los Gremios de Consumidores.

Este archivo puede adecuarse para su tratamiento por ordenador. Los modelos de fichas y datos que deben figurar deberan estar perfectamente definidos con el fin de evitar la disparidad de criterios al ser tratados por distintos profesionales. Es sugerible una ficha en tres partes a saber:

A) Datos administrativos y de producción
B) Datos técnicos de calidad y explotación
C) Datos de laboratorio y fotográficos.

La confección de estas fichas debe ser estudiada y elaborada por técnicos con experiencia práctica en el tema.

El mejor modo de ir completando este archivo se sugiere a continuación en lo que a campo afecta, en cuanto a la parte bibliográfica puede realizarse en conjunto para todo el territorio.

9.1.- Estudios comarcales

Encuentro que la mejor forma de abordar el tema de la ordenación del mercado de áridos y sus posibilidades, es tratar el tema fraccionadamente, y para esto nada mejor que tomar como base la unidad natural mejor definida, La Comarca.

En esta linea debe realizarse un estudio comarcal de unidades explotables, reservas y su explotación comercial. Otro orden de cosas debe considerar las necesidades de la comarca, sus comunicaciones y la incidencia en el medio ambiente y socio-económico de cualquier explotación.

Los áridos de calidad excepcional logicamente deben considerarse rentables aun con transporte importante, por lo que podran considerarse como núcleos a - bastecedores de varias comarcas excepto en aquellas zonas que su abundancia les haga explotables en cualquier lugar.

Estos estudios requieren entonces un plan de trabajo que parta de la geologia para definir las unidades de interés. Unas consideraciones geográficas que definirán las necesidades de materiales y condiciones de explotación, asi como en sintesis las características de la comarca.

El estado actual de las explotaciones a través de inventario a realizar y una estimación de los centros de consumo, nos lleva a un balance de explotaciones, lo cual con los criterios de calidad lleva al balance de materiales disponibles. Por fin un estudio de relaciones con las comarcas vecinas nos daria idea de las condiciones de exportación o importación intercomarcal.

Ni que decir tiene que el estudio comarcal deberá seguir un orden de prioridad segun las existencias y necesidades de cada comarca, y debe formar parte de los estudios comarcales de ordenación del territorio, del cual son un capítulo más.

9.2.- Estudios sobre regulación y acondicionamiento de las explotaciones.

En cuanto a las explotaciones ya existentes deberá estudiar las actuales condiciones de explotación y rendimiento para una mejor ordenación territorial. Es importante el tema de conservación de la naturaleza y la contaminación del medio ambiente, por lo que deberán tomarse medidas sobre diversos extremos,como son los rellenos efectuados despues de la explotación de gravas y arenas. La alteración en cauces fluviales por esta causa o su invasión por detritus.

Especial atención merece el estado y disposición de las escombreras,las aguas de lluvia arrastran los materiales hacia cauces fluviales provocando a veces verdaderos aludes de fangos.

La repoblación forestal tanto de las zonas explotadas como de las escombreras es la mejor defensa contra una rápida erosión de las zonas, además de regenerar el paisaje y el equilibrio ecológico.

Estudios sobre modernización y mejora de instalaciones, pueden a veces ser interesantes para aquellas explotaciones que se consideren de utilidad de una zona.

Estos estudios especiales vendrian definidos en cada caso tras el estudio comarcal que ya deberá incluir los de regeneración del paisaje en aquellas explotaciones abandonadas donde no se aconseje la reanudación de explotación.

RECURSOS ENERGETICOS PRIMARIOS

E. ARAGONES

(Compañia General de Sondeos)

I. EL SECTOR ENERGETICO EN ESPAÑA: ESTRUCTURA; PLANIFICACION E INVERSIONES.

1.1.- El sector energético en la Administración Española.-

Por diversas razones, como son la dependencia exterior y el gran volumen de inversiones, el sector energético ha adquirido gran importancia en los últimos años.

Como consecuencia, la Administración del Estado ha citado la siguiente infraestructura:

- Ministerio de Industria y Energia
- Comisaria de Energia y Recursos Minerales
- Comisión Nacional de Energia
- Junta de Energia Nuclear
- Instituto Nacional del Carbón

Además de estos organismos, el Estado cuenta con una serie de Empresas Nacionales que no son Administración y que se encargan de actuaciones específicas en cada campo:

- HISPANOIL - ENIEPSA (hidrocarburos)
- ENUSA (radioactivos)
- HUNOSA (hullas y antracitas)
- ENDESA (lignitos)
- ADARO (investigación minera)

1.2.- La planificación energética en España.-

La planificación se efectúa mediante los Planes Energéticos Nacionales, propuestos por la Comisaria de la Energia y Recursos Minerales, aprobados por el Consejo de Ministros y sometidos al Parlamento.

El primer Plan Energético fué aprobado en Enero de 1975. Posteriormente la crisis energética impuso una revisión del Plan dos años más tarde, modificando las previsiones y la estructura del consumo en un nuevo Plan 1977-1987.

Los objetivos del nuevo Plan se resumen en dos puntos:

- intensificación de la utilización de los recursos propios, pasando de una de-

pendencia del 70,3% al 54,2%.

- diversificación del origen de los recursos ajenos.

1.3.- La importancia de los recursos energéticos fósiles.-

En los próximos cuarenta años, la satisfacción de las necesidades energéticas de la humanidad será problemática. Pasado este plazo, se espera que la tecnologia estará en condiciones de aportar nuevos recursos en cantidades prácticamente inagotables.

Durante este período, el abastecimiento energético deberá necesariamente basarse en los recursos fósiles (hidrocarburos, uranio y carbón). La exploración de estos recursos es por consiguiente un problema básico, y todos los estados están empeñados en ello.

En España, estos recursos cubren el 86% del consumo energético; el 14% restante procede de la energia hidraúlica (tabla 1). La participación de los distintos tipos en el total es desigual; así los hidrocarburos suponen el 67,8% (59,6% en 1987); el carbón el 16%, y la energia nuclear pasará del 2% al 15% en 1987.

La cobertura española de los recursos fósiles consumidos es desigual. Para 1987, se estima una cobertura del 100% de la energia nuclear; el 87,7% del carbón y el 13,6% de los hidrocarburos.

1.4.- Las inversiones en exploración de hidrocarburos.-

A mediados de los setenta, las inversiones medias eran de unos 5.000 Mp. anuales, que se estima pasarán a 10.000 Mp. anuales durante los cinco años siguientes el 1978.

El Estado, a través del INI y CAMPSA, cubre un 31% de la inversión,mientras que la industria privada extranjera participa con un 57% y las compañias privadas españolas suponen el 12%. (Tabla 2)

TABLA 1

ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGETICO EN ESPAÑA. PREVISIONES DEL PLAN 1977/1987

Fuente de energia	1977 Consumo Mtec.	%	1977 Producción Mtec.	%	% de cobertura	1987 Consumo Mtec	%	1987 Producción Mtec	%	% de cobertura
Hidráulica	13.9	14.0	13.9	46.8	100.0	13.6	9.4	13.6	20.5	100.0
Petróleo	65.5	66.1	1.4	4.7	2.1	78.7	54.3	10.7	16.1	13.6
Gas Natural	1.7	1.7	- -	- -	- -	7.7	5.3	- -	- -	- -
Nuclear	2.0	2.0	2.0	6.7	100.0	21.5	14.8	21.5	32.4	100.0
Carbón	16.0	16.2	12.4	41.8	77.5	23.5	16.2	20.6	31.0	87.7
Total	99.1	100.0	29.7	100.0	30.0	145.0	100.0	66.4	100.0	45.8

Fuente: Inventario de Recursos de Carbón en España

TABLA 2

INVERSIONES EN EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS

	1974-76		Total hasta 1976	
	Mp.	%	Mp.	%
Ind. privada Esp.	1.906.6	12.9	3.797.1	12.0
Ind. privada Extr.	8.283.8	56.2	17.810.9	56.3
Total Ind. privada	10.190.4	69.1	21.608.0	68.3
INI	2.875.5	19.6	6.852.8	21.7
CAMPSA	1.672.1	11.3	3.178.7	10.0
Total ind. pública	4.547.6	30.9	10.639.5	100.0
Total General	14.738.0	100.0	31.639.5	100.0

Fuente: R. QUEROL: Perspectivas de la exploración de petróleo y gas en España

1.5.- El Plan Nacional de Exploración de Uranio.-

En 1974, el Consejo de Ministros aprobó el Plan Nacional de Exploración de Uranio, preparado por la JEN en colaboración con otros organismos. En el Plan únicamente se contemplaba la investigación del Sedimentario.

El período de realización seria de diez años, cubriendo una superficie de 110.000 Km2, con un presupuesto total de 12.500 Mp; seria dirigido por la JEN, a quien se encomendaba también la ejecución de una parte del mismo. La financiación correria a cargo del Estado en la medida en que las cifras establecidas no fueran cubiertas por la inversión privada. Los yacimientos descubiertos por la JEN serian transferidos a ENUSA para su investigación minera y explotación.

El Plan de Exploración deberá ser actualizado anualmente con previsiones de actividades para los tres años siguientes. La proyección estimada de inversiones se detalla en la tabla 3.

1.6.- El Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales.-

El Plan, del que están excluidos los hidrocarburos y los minerales radioactivos, contienen un sector de sustitutivos de recursos energéticos deficitarios que incluye:

- carbones térmicos
- lignitos
- pizarras bituminosas
- energia geotérmica
- almacenes subterráneos de petróleo y gas

Los objetivos del Plan en este sector es la obtención rápida de cantidades crecientes de energia a partir de los recursos geológicos propios de cualquier tipo. Para ello se prevé la investigación de nuevas reservas, entre otras acciones.

Durante el trienio 1976-1979 se realizó una inversión en el sector de 560 Mp.

TABLA 3

PROYECCION ESTIMADA DE INVERSIONES EN EXPLORACION DE URANIO EN EL INTERIOR.

Año	Millones de pesetas de 1 de Sept. 1977
1.978	1.478
1.979	2.135
1.980	2.917
1.981	3.528
1.982	3.704
1.983	4.000
1.984	4.000
1.985	4.000
1.986	4.000
1.987	4.000

Fuente: J. SERRANO: Las necesidades y los recursos de Uranio en España

1.7.- Política de exploración de recursos primarios energéticos.-

La propuesta de una política de exploración de recursos es muy reciente. Efectivamente, en 1978, J. ROSON propugna una reestructuración administrativa que implicaria la coordinación entre sectores, tanto en lo referente a los instrumentos estatales de creación de programas, propuesta de leyes y control, como entre las empresas nacionales encargadas de actuar en cada uno de estos sectores, solas o en asociación con las compañias privadas españolas y extranjeras.

En la práctica, supone la extensión de los mecanismos análogos establecidos para la exploración de hidrocarburos, a los campos del carbón, radioactivos y geotermia. Al estar todos los sectores estructurados de modo semejante, se facilitaria la aplicación de una filosofia común a la política de exploración a llevar a cabo por la Comisaria de Energia y Recursos Mineros; para Hidrocarburos a través de la Dirección General de Energia; y para Carbones, Minerales Radioactivos y Geotermia a través de la Dirección General de Minas.

II. LOS RECURSOS ENERGETICOS PRIMARIOS EN CATALUNYA: SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS.

2.1.- Carbón.-

2.1.1.- Exploración.-

De manera general puede afirmarse que las cuencas de hulla y antracita son ya conocidas, y más que de verdadera exploración hay que hablar de cubicación de yacimientos.

Por el contrario los lignitos han sido poco explorados, ya que su precio no lo justificaba. La exploración, empieza en la práctica en el año 1975, con el Inventario de cuencas realizado por ENADIMSA. En el mismo año, la J.E.N. encarga al IGME el estudio geológico-minero de las cuencas lignito-uraníferas de Calaf, Mequinenza y Santa Coloma de Queralt. Posteriormente, algunas compañias privadas han realizado exploraciones en las cuencas de Tremp y del Ebro. En la actualidad, el Instituto Geológico investiga la zona de Tremp.

2.1.2.- La exploración del carbón en Catalunya.-

Si bien la práctica totalidad de los afloramientos de carbón han sido trabajados en tiempos más o menos antiguos, en realidad las cuencas catalanas no son bien conocidas, y sobre algunas se carece totalmente de datos.

La exploración de algunas cuencas se ha llevado a cabo en los últimos cinco años, en parte por las compañias privadas, como es el caso de la cuenca de Berga, suficientemente conocida debido a la actividad que registra la zona, que representa más del 90% de la producción catalana; además sabemos que la conca de Tremp ha sido explorada por una compañia privada, aunque los datos no se han hecho públicos.

Por otra parte, ha sido el capital público el que ha realizado el mayor esfuerzo exploratorio. Las cuencas de Calaf y Mequinenza fueron reconocidas en 1975 por el IGME por encargo de la Junta de Energia Nuclear. Es también en 1975 cuando ENADIMSA realiza el Inventario de Recursos de Carbón de España, por encargo de la Comisaria de Energia y Recursos Minerales, cuyo resumen se publica más tarde, en 1979. Actualmente el PEN y el PNAMPM han destinado un importante volumen de recursos a la exploración. En Catalunya, las cuencas de Tremp y la Pobla de Segur están siendo estudiadas hoy por el IGME.

2.1.3.- Documentación existente.-

La documentación que se refiere a los carbones de Catalunya es escasa,siendo inexistente en algunas cuencas. El mayor número de datos se refiere a las cuencas de explotación .

La documentación puede clasificarse en tres grupos:

- Documentos mineros objetivos, que incluyen planos de labores, de capas, de zonas explotadas, datos de capas, cortes estratigráficos, datos todos ellos objetivos que hacen referencia directa al carbón. Generalmente estos datos no se hacen públicos, sino que pertenecen a las compañias investigadoras.

- Investigaciones e informes aplicados a la mineria. Incluyen investigaciones

realizadas por empresas públicas o privadas en zonas más o menos amplias, con fines prácticos y aplicados a la mineria del carbón. Estas investigaciones comportan el examen y la utilización de la documentación del grupo anterior.

- Publicaciones geológicas. Se incluyen todas las publicaciones que hacen referencia a la zona de interés; no tiene finalidad práctica y el tema del carbón se trata como uno más.

La documentación consultada para la realización del presente inventario corresponde al segundo grupo; y es la siguiente: los estudios geológico-mineros de las cuencas de Calaf y Mequinenza, realizados por el IGME y sobre todo, el Inventario de Recursos Españoles de Carbón, realizado por ENADIMSA, excelente síntesis de la cual procede la mayor parte de los datos que presentamos.

2.1.4.- Generalidades sobre las cuencas catalanas de carbón.-

En la tabla nº 4 se resumen las principales características de las cuencas.

Destaca en primer lugar un grupo de tres cuencas de hulla-antracita de edad estefaniense, no productivas en la actualidad y sobre las que se poseen muy escasos datos. Todas ellas están situadas en los Pirineos, y en realidad son tres afloramientos de una misma corrida carbonífera, cuya dirección es E-W.

El Cretácico inferior presenta lignitos en el Montsec, que han sido explotados en Corlà, sobre los que tampoco se poseen datos suficientes.

En el Cretácico superior se cita una explotación en la cuenca de Tremp, pero es en el Garumniense donde se encuentra la mayor cuenca lignitífera conocida, actualmente en explotación (Berga).

En el Eoceno Superior se han citado lignitos en la Pobla de Segur,cuenca actualmente en estudio.

Las cuencas de Calaf y Mequinenza (Oligoceno Inferior), contienen lignitos uraníferos, y mantienen actualmente una actividad reducida.

Finalmente, en el Mioceno Superior de la Cerdanya se explotan lignitos ar-

TABLA 4

CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS CATALANAS DE CARBON

Cuenca	Edad	Carbón	Origen	Conocimientos	Actividad
Pont de Suert	Estefaniense	Hulla-Antracita	Parálico	Muy escasos	Abandonada
La Seu D'Urgell	"	" "	"	"	"
St. Joan de les A.	"	" "	"	"	"
Corçá	Cretác. Inf.	Lignito	"	"	"
Tremp	Cretác. Sup.	"	"	En estudio	"
Berga	Cret. Sup. Paleoc.	"	"	Suficientes	Activa
Pobla de S.	Eoc. Sup.	"	Lacustre	En estudio	No explotada
Calaf	Oligoc. Inf.	"	"	Suficientes	Activa
Mequinença	" "	"	"	"	"
Cerdanya	Mioc. Sup	"	"	Muy escasos	"

tesanalmente; apenas se tienen datos de esta cuenca.

Indicios de menor importancia han sido señalados en el Oligoceno del Ebro (Santa Coloma de Queralt) y en el Mioceno del Vallés.

2.1.5.- Cuenca de Berga.-

Está situada unos 12 Km. al N de la capital del Berguedá, y se extiende unos 25 Km. en dirección E-W, ocupando un área de unos 200 Km2.

2.1.5.1.- Geologia.-

Los estratos más antiguos corresponden al trias, representado por calizas, dolomias y margas. Los afloramientos jurásicos (margas negras, dolomias y calizas) se sitúan al Oeste de la cuenca.

Durante el Cretácico Superior se produjo una transgresión marina, seguida de una regresión que culminó con la sedimentación continental garumniense.

La facies garumniense, depositada durante el final del Cretácico Superior y el Paleoceno, contienen lignitos, en capas de 10 a 30 cm. de potencia, intercalados entre margas y calizas, sedimentos detríticos rojos, calizas dolomíticas y calizas de alveolinas.

El tránsito al Terciario es gradual, con sedimentos continentales seguidos por una transgresión marina que duraria hasta el final del Eoceno, a la que suceden nuevos sedimentos continentales terciarios y cuaternarios.

En cuanto a tectónica, se han identificado en la cuenca tres fases de plegamiento: una fase pre y otras dos intraeocenas. Se cree que el desplazamiento del manto del Pedraforca en dirección NW-SE produjo pliegues de compresión NE-SW. La parte central de la cuenca está poco plegada; sin embargo en los bordes de Cretácico aparece volcado o cabalgante sobre el Eoceno. El Trías presenta afloramientos de tipo diapírico en la Pobla de Lillet y Cercs.

2.1.5.2.- Características mineras de los paquetes.-

Los paquetes están formados por vetas de lignito de espesor variable, intercaladas en calizas o margas. Se distinguen cuatro paquetes en la cuenca: Ceros, Primeras, Segundas y Terceras.

El carácter discontinuo de las capas hace que raramente puedan explotarse todas ellas en un mismo tramo; generalmente no se benefician simultáneamente Ceros y Primeras; y en algunas partes, Segundas y Terceras presentan excesiva proporción de estériles.

Atendiendo al buzamiento, las reservas totales se distribuyen en la siguiente forma: el 70% entre 0 y 15º; el 20% entre 35 y 40º, y el 10% entre 50 y 80º.

Las características generales de los paquetes mineros se exponen en la tabla 5.

2.1.5.3.- Calidad del carbón.-

Según carbones de Berga, S.A., el lignito contiene un 26 a 55% de cenizas; un 45 a 60% de volátiles, y un 2 a 6% de azufre.

El carbón que se comercializa a la térmica tiene alrededor del 40% de cenizas, y una humedad del 4%. Las fracciones tratadas en lavadero contienen entre el 8 y el 12% de cenizas.

2.1.5.4.- Reservas.-

A efectos de cubicación se consideran tres subáreas:

Subárea 1: Comprende la zona de buzamientos comprendidos entre 30 y 60º. Partiendo de una potencia media total en carbónade 2.57 m, resulta un tonelaje teórico de 27.2 Mt, que, aplicando los coeficientes de alternancia, esterilidades y pérdidas, queda en 10.4 Mt. (tonelaje práctico). La potencia media de caja es de 4.55 m.

Subárea 2: Corresponde al campo con pendientes inferiores a 35º, que es el explotado en la actualidad. El tonelaje teórico, con una potencia en carbón de 3.53 m,

TABLA 5

CARACTERISTICAS DE LOS PAQUETES CARBONIFEROS DE LA CUENCA DE BERGA

(Según ENADIMSA,1979).

	Pot carbón	Pot. estéril	pot. total	Hastiales techo	Hastiales muro
Ceros	0.70-0.95	0.65-0.90	1.35-1.85	Caliza fuerte	Caliza fuerte
Primeras	0.70-0.90	0.40-0.60	1.10-1.50	" "	" "
Segundas	0.90-1.10	1.00-1.10	1.90-2.20	Caliza	" "
Terceras	0.80-1.00	0.90-0.95	1.70-1.95	Marga fuerte	Caliza

es de 163.3 Mt, y el tonelaje práctico de 70.5 Mt. La potencia de caja en esta subárea es de 6.77 m.

Subárea 3: Comprende la zona situada al E del área, que no se explota en la actualidad. Las pendientes y características de la formación son similares a las de la subárea 2. El tonelaje teórico es de 30.2 Mt, mientras que el práctico es de 13 Mt.

Sumando los tonelajes obtenidos, tenemos para el total de la cuenca un tonelaje teórico de 220.8 y un tonelaje práctico de 94.0 Mt.

Como tonelaje muy probable, definido por más profundas tomando como altura de explotación 100 m. (correspondientes a dos plantas): 0,5 Mt. en la subárea 1 y 6,1 en la Subárea 2.

2.1.6.- Cuanca de Calaf.-

Está situada en la Depresión del Ebro, en el sector N de la comarca del Anoia.

2.1.6.1.- Geologia.-

El Eoceno, que aflora en el borde N de la cuenca, está representado por un importante paquete de evaporitas.

Hacia el Eoceno final se pasa progresivamente a una unidad de facies lacustre, formada por calizas y margas en la base, margas intermedias y un tramo superior detrítico rítmico (Capas de Torà). Sobre este complejo lacustre se desarrollan potentes unidades molásicas (Molasas de Artés y de Solsona) que contienen o pasan lateralmente a miembros lignitíferos. Se distinguen dos unidades con lignitos: un tramo inferior (Lignitos de Les Basses), con un espesor de 80 a 90 m, y un tramo superior (Lignitos de Calaf), de 70 a 180 m. de potencia. Entre ambos se encuentra una unidad carbonatada (Calizas de Aleny). En base a yacimientos de vertebrados, las unidades lignitíferas se atribuyen al Sannoisiense (Oligoceno Inferior).

Desde el punto de vista estructural, la cuenca está afectada por plegamien-

to y fracturación semidiapíricos, en parte sinsedimentarios. En el área de interés, los materiales forman un debil sinclinal que se hunde hacia el W, y están afectados por la falla N-S de Sant Martí, contemporánea con la sedimentación, y por pequeñas fallas posteriores NW-SE, que hunden los bloques hacia el N.

2.1.6.2.- Características mineras de los paquetes.-

Los pocos datos mineros que se poseen unicamente permiten enumerar los paquetes lignitíferos. Existen 11 paquetes,de los cuales 6 están en la unidad "Lignitos de Les Basses" (paquetes 1, Ars, Roca, Basses, 5 y Roca i Torra), y 5 en los "Lignitos de Calaf" (paquetes Vintró-Ricardo, Valentina, Cerámica, Matilde y Mirambell).

Los paquetes contienen varios niveles de lignito, con espesores que oscilan entre algunos cm. y 0.5 m. Algunos son explotados, aunque con una mecanización muy elemental.

2.1.6.3.- Calidad del carbón.-

De acuerdo con las características macroscópicas, se trata de lignitos duros mates. Según la relación C-H_2, están comprendidos entre lignitos para-subbituminosos y para-bituminosos. A nivel minero, se clasifican como lignitos negros.

En cuanto a calidades técnicas, la humedad es escasa (menos de 10% en sondeos), el contenido en cenizas es elevado, los volátiles están entre el 25 y el 35%; el carbono fijo de 59% según M. Martín, y el poder calorífico es de 6.000 a 7.000 Kc/Kg, según el mismo autor. El azufre da contenidos elevados, entre el 3 y el 8%.

El Uranio aparece ligado a la materia orgánica, en proporciones que llegan al 0.8 por mil. Las leyes máximas se encuentran al parecer en capas de 20 cm.

2.1.6.4.- Reservas.-

La cuenca ha sido objeto de investigación, si bien con fines distintos a la cubicación de lignitos como tales, pero permitiendo la cuantificación de las

potencias mediante sondeos.

Con una potencia total media de carbón de 7.39 m., repartidos en 10 capas, se obtiene un tonelaje teórico de 182 Mt, del que se obtiene un tonelaje práctico de 34.9 Mt.

Las reservas teóricas de uranio contenido en los lignitos se han cifrado en una 50.000 tU308, de las cuales 3.000 con leyes superiores a o.54 por mil y 10.000 t. con más del 0.32 por mil.

2.1.7.- Cuenca de Mequinenza.-

Forma parte del Valle del Ebro y se extiende a los dos lados del límite entre Aragón y Catalunya. La parte catalana supone el 36% de la superficie de la cuenca, correspondiente el 29% a la provincia de Lleida (comarca del Segriá), y el 7% a la de Tarragona (comarca de la Ribera d'Ebre).

2.1.7.1.- Geologia.-

La formación lignitífera de Mequinenza es una de las unidades de la Depresión del Ebro más variables en cuanto a litologia y espesor. Comprende dos miembros principales: Los Arcos, superior, de 150 m de potencia, y Mequinenza, inferior, de 90 m. El primero está formado por calizas y margas alternando en bancos potentes, con predominio de las calizas en los niveles superiores; la mitad inferior es predominantemente margosa, con intercalaciones de calizas,yesos y areniscas. El miembro inferior, constituido por calizas y a margas alternantes, presenta intercalaciones yesíferas, preferentemente en su mitad inferior, así como algunos lechos y capas de lignito y algunas areniscas finas. Sobre el miembro Los Arcos descansa un conjunto de paleocanales intercalados en margas rojizas, areniscas y limos margosos (Mb. Valdelarreina).

Las estructuras son prácticamente inexistentes. El conjunto buza debilmente al WNW, unos 2º. El relieve es tabular.

2.1.7.2.- Características mineras de los paquetes.-

Los lignitos se encuentran interestratificados en una potente secuencia terciaria, fundamentalmente calcárea, que puede subdividirse en dos paquetes principales: superior o improductivo, e inferior o productivo.

El paquete superior presenta finos lechos de lignito, que no han sido beneficiados ya que no alcanzan los 10 cm. de potencia.

Las principales capas se localizan en el paquete inferior, cuya potencia oscila entre 80 y 100m.De ellas se explotan ocho capas, con potencias comprendidas entre 0.4 y 0.6 m.

La correlación entre las diferentes capas explotadas es muy dificil, debido a la frecuencia y a la irregularidad de los niveles. De hecho se aplica el mismo nombre en distintas explotaciones a capas cuya situación estratigráfica es diferente:

- A techo del paquete se encuentran: Boqueretas, Española, Regalada, Cooperativa, Luche, Dichosa, Enriqueta y Previsión.

- Entre 25 y 30 m. a muro de las anteriores: Cloratita, Fradera, Virgen del Pilar, Andresita, Dichosa, Previsión, Zaragoza y María.

- Entre 10 y 20 m. a muro de las anteriores: Andresita, Carmen, Dichosa, Enriqueta, Previsión y Virgen del Rosario.

- Entre 15 y 20 m. a muro: Virgen del Rosario, Emilia, Guadalupe, Magdalena, Mª Paz, Mª Teresa, Pepita, Susana y Mª Antonia.

- Entre 15 y 20 m. a muro: Fustigueras, Isidro, Ricart II, Del Pas y Sta Isabel.

2.1.7.3.- Características del carbón.-

Se trata de lignitos cuya composición oscila entre el 12 y el 31% de humedad (en las explotaciones actuales 15%); el carbón total entre el 62 y el 78% y el carbono fijo entre el 30 y el 50%.

Las cenizas oscilan entre el 8 y el 16% (el bruto de las explotaciones ac-

tuales está entre el 15 y el 20%. El azufre oscila alrededor del 12%. El poder calorífico se puede establecer entre 3.000 y 6.000 kcal/kg. Los carbones se comercializan brutos, con 17% de humedad y 20% de cenizas.

2.1.7.4.- Reservas.-

El campo potencialmente productivo no es posible delimitarlo en el estado actual de los conocimientos, por falta de datos de subsuelo. La valoración, efectuada por ENADIMSA, se limita al área comprendida en las hojas de Mequinenza y Fabara, entre los paralelos de Masalcoreig y N y Faió al S.

Las seis capas explotadas suponen una potencia total de 3 m, lo que da para el área considerada un tonelaje teórico de 2.038 Mt, del que se obtiene un tonelaje práctico de 260.9 Mt. Ambas cifras se refieren a la totalidad de la cuenca; para la zona catalana el tonelaje teórico es de 734 Mt y el tonelaje práctico de 94 Mt.

Como tonelaje muy probable se toma como altura de explotación el 5% de la corrida de 20 Km, resultando un total de 18,4 Mt.

Además de las cuencas descritas, existen en Catalunya otras cuencas carboníferas sobre las que se tienen pocos datos. Algunas de ellas corresponden a yacimientos de hulla y antracita (el Pont de Suert, la Seu d'Urgell i Sant Joan de les Abadeses), y otras a yacimientos de lignito Corçà, Tremp, La Pobla de Segur y la Cerdanya. En la actualidad, las cuencas de Tremp y la Pobla de Segur están en fase de reconocimiento y evaluación por parte del IGME:

2.1.8.- Cuenca del Pont de Suert.-

Se extiende en dirección E-W, entre Aguiró y Erill-Castell, con una longitud de 12 Km (Pallars Jussà). Los sedimentos comprendidos entre el Westfaliense D y el Trias inferior alcanzan una potencia de 2.300 m, y se subdividen en las formaciones Aguiró, Erill-Castell, Malpàs y Peranera. La Fm. Malpàs contiene esquistos arcillosos hullíferos, además de fangolitas, calizas,sílex,dolomias, areniscas y conglomerados, y representa el relleno de un paleovalle. Su edad es Estefaniense (Carbonífero superior).

Desde el punto de vista estructural, se distingue al N un anticlinal hullero marcado por la linea Erill-Castell, fracturado. Al S aparece el sinclinal Malpàs, de edad pirenaica.

Los datos mineros de que se dispone son muy escasos. Se cita la existencia de dos capas que han sido objeto de explotación. El nivel inferior se denominó "Primera", y el superior, con 3 m. de potencia, fué denominado "Segunda" o "de la pudinga". La corrida de las capas es de 12 Km, entre Castell y Aguiró.

2.1.9.- Cuenca de la Seu d'Urgell.-

Se encuentra en la falda N del Cadí, a unos 5 Km. de la Seu (Alt Urgell). El afloramiento tiene unos 50 a 100 Km. de anchura, y se extiende a lo largo de 15 Km. en dirección E-W.

La Fm. Malpàs está constituida aquí por una alternancia de areniscas y grauwacas de color pardoamarillento, con material tobáceo reelaborado,conglomerados de cantos bien redondeados, esquistos grises y negros y pizarras que a veces contienen concreciones de siderita y delgados lechos de carbón, éstos se localizan sobre todo en la parte baja de la secuencia. La potencia máxima de esta formación es de 300 m.

La dirección de los estratos en el barranco de Segars es de OLON y el buzamiento de unos 13º al S.

En cuanto a mineria, se citan en Segars varias capas de 0.5 a 0.8 m. de espesor, si bien dos de ellas se unian alcanzando 1.2 m. Todas ellas sumaban 2.5 m. de potencia. En el barranco "Les Clots", situado en el extremo W, la faja carbonífera tiene una potencia de 10 m. de los cuales 4 son de carbón, distribuidos en 4 capas de 0.8 a 1.5 m.

2.1.10.- Cuenca de St. Joan de les Abadeses.-

Se encuentra entre los rios Ter y Fresser, extendiéndose en dirección E-W a la altura de Camprodón, a unos 5 Km al N de St. Joan (Comarca del Ripollés).

La formación carbonífera, que se apoya sobre sedimentos devónicos, está

constituida de techo a muro por los siguientes materiales:

- Pudingas que pasan a areniscas rojas
- Arcillas pizarrosas negras
- Capas de carbón
- Brechas silíceas alternando con margas

La edad de los materiales se supone estefaniense. La tectónica es compli-
..., llegando a invertirse la serie a causa de una intrusión porfídica.

En cuanto a mineria, el número y la potencia de las capas son variables. La parte más interesante de la cuenca, hoy dia agotada, está comprendida entre ...ncà y Surroca. Puede subdividirse en tres zonas: en la zona Sur afloran dos capas, cuya potencia varia entre 2 y 4 m. la primera, y 3 m. la segunda. La dirección es E-O, oscilando los buzamientos entre 60º y 70º N. La zona Centro comprende cinco capas de carbón, cuyos espesores de techo a muro fueron respectivamente de 1,6,3,2 y 3 m. En la zona Norte se descubrieron tres capas cuyas potencias respectivas eran de 1.5, 1.5 y 3 m.

2.1.11.- Cuenca de Corçà.-

Situada en la vertiente S. del Montsec, se extiende unos 30 Km en dirección E-W, entre Corçà y Vilanova de Meià (La Noguera).

A techo del Cretácico inferior se encuentra una sucesión formada por - margas arenosas ocres; lignitos; areniscas; y calizas de carofitas; la edad está comprendida en el Aptense y Albense inferior.

Los lignitos, de 0.4 a 0.8 m, han sido explotados en Corçà y Vilanova y Sta. Mª de Meià.

2.1.12.- Cuenca de Tremp.-

Se encuentra al SE de Tremp, y está limitada por la Serra de Carreu, al N, y por el Montsec, al S (pallars Jussà). Los materiales que integran la mayor parte de la cuenca son garmnienses (Cretácico terminal-Paleoceno). Los materia-

les son conglomerados, margas y lignitos; éstos se sitúan en la parte inferior de la secuencia.

La estructura es suave, con pliegues E-W de gran radio, vergentes al S y con el flanco meridional a veces fallado.

Los datos mineros son escasos, conociéndose solamente la existencia de una capa de lignito de unos 20 cm. de potencia con dirección y buzamiento al SW, situada unos 3 Km. al E de Isona, que ha sido objeto de explotación.

2.1.13.- Cuenca de la Pobla de Segur.-

Se encuentra unos 5 Km. al N de la población que le da el nombre (Pallars Jussà).

Está formada por conglomerdados del Terciario Superior, discordantes sobre el Cretácico (Fm. Collegats), en los que se distinguen las siguientes unidades:

- Mb. Montsor: conglomerados de elementos paleozoicos triásicos de (1.300 m).
- Mb. Casa Gramuntil: margas amarillentas y grises, calizas de carofitas, areniscas, y esporádicos niveles poco potentes de lignito. (210 m.).
- Mb. Roc de Santa: Conglomerados de cantos cretácicos (170 m.).
- Mb. Sossís: calizas, margas,areniscas y lignitos.
- Mb. Claverol: conglomerados de cantos cretácicos (700 m.)

La Fm. Collegats ha sido datada como Ludiense, en base a los abundantes hallazgos de mamíferos. Los conglomerados son solapantes hacia el N y tienen un buzamiento de 17º N.

No se tienen datos de las explotaciones de lignito, sabiéndose solamente de la existencia de unas minas abandonadas en Sossís.

2.1.14.- Cuenca de la Cerdanya.-

Se encuentra situada en la parte más nororiental de la fosa de la Cerdanya, constituida por sedimentos neógenos de origen lacustre depositados sobre un

basamento paleozoico.

El Neógeno comienza con una serie de capas arcillosas alternantes con delgados lechos de lignito, y edad Vindoboniense, sobre los que aparecen materiales pontienses constituidos por arcillas y areniscas con niveles de lignito - (lignitos de Prats, Sanabastre, Das y Bellver). El Pontiense no es uniforme en la cuenca, pasando vertical y horizontalmente a niveles arenosos y conglomerádos. Recubriendo al Pontiense se halla una potente formación Pliocena-Villafranquiense predominantemente arcillosa, pasando a materiales detríticos groseros hacia el techo. Recubriendo casi totalmente al Neógeno, existen depósitos cuaternarios de diverso origen.

De los dos paquetes lignitíferos existentes, el de muro está datado como Vindoboniense y el de techo como Pontiense. En cuanto a mineria, solamente se sabe que existe una pequeña explotación activa.

2.1.15.- Producción de carbón en Catalunya y conclusiones.-

Existen en Catalunya diez cuencas de carbón inventariadas, de las cuales tres son de hulla-antracita y las siete restantes de lignito. De todas ellas únicamente tres registran una producción significativa, si bien más del 90% de la misma se concentra en la cuenca de Berga; el resto de la actividad corresponde a las cuencas de Calaf y Mequinenza, y la Cerdanya.

Los carbones que se explotan son lignitos negros de edad cretácica y oligocena. La explotación se efectúa mediante labores de interior, siendo mecanizada en Berga y Mequinenza, y manual en Calaf y Cerdanya.

En los últimos años se viene produciendo una media de 500.000 tm. anuales de lignitos negros, de los cuales más del 90% procede de la cuenca de Berga. La producción total presenta una clara tendencia decreciente, pasando - desde 750.000 tm. en 1971 a 450.000 tm. en 1976.

La economicidad de los recursos es normal para las cuencas de Berga y Calaf, y baja para la de Mequinenza (Tabla 6). El grado de conocimiento es bajo a medio en las cuencas activas, y prácticamente nulo en las demás.

TABLA 6

INDICE DE ECONOMICIDAD DE LOS RECURSOS DE CARBON EN ESPAÑA (Según ENADIMSA 1979)

Cuenca	POM	PEN	REG	PRO	DEN	POT	CAL	ECO	ECO unificado
Berga									
Subárea 1	1	1	3	3	1	1	2	1.42	3 (favorable
Subárea 2	2	3	3	1	3	2	1	1.13	2 (medio)
Subárea 3	2	3	3	1	3	2	1	1.13	2 (medio)
Calaf	1	3	3	2	1	2	2	1.25	2 (medio)
Mequinenza	1	3	3	2	1	2	3	*	1 (bajo)

POM: Potencia media de capa;PEN: pendiente;REG: regularidad; PRO:profundidad de la explotación; DEN:Densidad; POT: Potencia total explotada; CAL:calidad del carbón; ECO:índice de economicidad,expresado como cociente precio venta/coste técnico.

Indices: 3: favorable; 2:medio; 1:bajo;

* no calculable.

El tonelaje total ha sido estimado en 222.8 Mt, de las cuales 13.2 muy probables (probadas mediante labores). Las cuencas de Berga y Mequinenza cuentan con 94 Mt totales cada una, mientras que en Calaf se han citado 35 Mt. (Tabla 7).El resto de las cuencas catalanas está sin cuantificar.

Los datos de actividad actual, referidos al año 1976, se resumen el la Tabla 8.

El número de empresas dedicadas a la producción de carbón en Catalunya de siete, de las cuales dos operan en la cuenca de Berga, dos en la de Calaf, dos en la de Mequinenza y una en la de la Cerdanya. El personal empleado es en total de 1.785, de los cuales el 94% pertenece a la cuenca de Berga.

La producción total vendible fué de 435 mil toneladas, de las cuales el 93% procede de la cuenca de Berga, y el 5% de Mequinenza, el 1.4% de Calaf y el 0.1 de la Cerdanya.

El 90% de la producción se destinó a las centrales térmicas. La central de Cercs (Cerdanya) consume el carbón procedente de las cuencas de Berga y Calaf, en tanto que el lignito de Mequinenza es consumido en la central de Escatrón (Aragón).

2.1.16.- Perspectivas.-

Las perspectivas de encontrar nuevas cuencas lignitíferas económicas no parecen muy elevadas. Sin embargo los recursos conocidos de lignito permitirán teóricamente sostener una producción cuatro veces mayor que la actual durante 100 años, y además, en un futuro a largo plazo, se podria recuperar el uranio contenido en los lignitos uraníferos de Calaf y Mequinenza, aunque para ello seria preciso resolver previamente los problemas mineralúrgicos que ello plantea, y en segundo lugar, las enormes dificultades ecológicas que para Catalunya representaria la explotación.

2.2.- Hidrocarburos.

2.2.1.- La exploración en tierra.

La exploración en tierra de hidrocarburos se inicia en Catalunya en los

TABLA 7

RECURSOS CATALANES DE CARBON (Según ENADIMSA, 1979)

Campo	Conocimiento	Economicidad	Total (MT)	Tonelaje muy probable (MT)	Tonelaje probable posible e hipotético (1) (MT)
Berga			94.0	6.6	87.4
Subárea 1	1	3	10.4	0.5	9.9
Subárea 2	2	2	70.6	6.1	64.5
Subárea 3	1	2	13.0	- -	13.0
Calaf	1	2	34.9	- -	34.9
Mequinenza (2)	1	1	93.9	6.6	87.3
Total Catalunya			222.8	13.2	209.6

(1): el resto del tonelaje (total menos muy probable` suele distribuirse como sigue:25% probable;25% posible y 50% hipotético).

(2): Se consideran recursos catalanes el 36% de los de la cuenca de Mequinenza.

TABLA 8

ACTIVIDAD MINERA (1976) EN CATALUNYA. (Según ENADIMSA, 1979).

Empresa	Plantilla			Producción	Destino	
	Int.	Ext.	Total	total vendible	Térmica	Resto
Carbones de Berga S.A.	1.225	380	1.605	365.433	342.390	23.043
Carbones Pedraforca S.A.	53	23	76	40.104	40.080	24
Total cuenta Bergal.	278	403	1.681	405.537	382.470	23.067
Devant Torras	11	2	13	6.656	317	6.339
Unión Minera S.A.	?	?	?	325	- - -	325
Total Calaf	?	?	?	6.981	317	6.664
C.M. Bajo Segre	40	6	46	16.713	7.589	9.124
Freixes Maria	34	8	42	5.821	4.689	1.132
Total Mequinenza	74	14	88	22.534	12.278	10.256
Domenjó Sastre (Cerd.)	3	- -	3	760	- - -	760
TOTAL	1.366	419	1.785	435.812	395.065	40.747

años cuarenta. El primer sondeo (oliana) se realizó en los años 1947 y 1948. La exploración prosigue en la actualidad, si bien la actividad no es muy intensa. La práctica totalidad de los sondeos perforados en tierra se efectuó durante los periodos 1961-1965 y 1970-1975.

La mayor parte de los sondeos están situados en el prepirineo; el resto se encuentra en la Depresión del Ebro, el Vallés y el Delta del Ebro.

Los objetivos han sido principalmente eocenos, cretácicos y triásicos. Ninguno de los 34 sondeos realizados en tierra hasta hoy ha dado resultados positivos.

En la actualidad se está perforando un sondeo en Olván (Bergadà)en la concesión Jabali 1. El operador es Unión Texas, y el objetivo son las calizas del eoceno inferior a unos 4.000 m de profundidad, que se alcanzarán dentro de los próximos 5 meses.

2.2.2.- La exploración en la plataforma continental.-

Los estudios geológicos y geofísicos se iniciaron en 1963 por INI Coparex en el Delta del Ebro, donde se perforaron tres sondeos.

La prospección sísmica marina empezó en 1965 (Shell-Campsa), y como resultado se realizó el primer sondeo offshore: Castellón B-1, perforado por este grupo y acabado como pozo seco en 1968.

El campo Amposta Marino fué descubierto dos años más tarde por el grupo Shell-Campsa-Ini Coparex, probando la existencia de una nueva provincia petrolífera, y como resultado, numerosos permisos de explotación fueron solicitados en áreas adyacentes por gran número de compañias.

Nuevos descubrimientos se efectuaron en 1975 por Union-Texas-Getty-Eniepsa (Campo Dorada), y por Chevron-Ciepsa-CNWL-Pacific-Eniepsa (Campo Casablanca).

Otro descubrimiento se debe a Shell-Campsa, en 1976 (Campo Tarraco). El último sondeo positivo fué Montanazo C-1, perforado por Chevron en 1977 en una profundidad de agua de 673 m. (primer descubrimiento en aguas profundas).

2.2.3.- Documentación existente.-

La mayor parte de la documentación existente se encuentra en poder de las compañias prospectoras, con carácter confidencial. Sin embargo existen publicaciones sobre los campos Amposta y Casablanca, así como una excelente síntesis sobre la provincia petrolífera mediterránea, presentado por varios autores españoles en el reciente congreso de Bucarest, cuyos datos han sido usados en la presente recopilación.

2.2.4.- Generalidades sobre los campos petrolíferos de la plataforma continental catalana.-

Los campos se sitúan en un radio de unos 50 m. trazados desde el Delta del Ebro. Hasta el presente se han identificado cuatro campos economicamente interesantes: Casablanca, Amposta, Dorada y Tarraco.

En todos ellos el petróleo se encuentra atrapado en carbonatos mesozoicos fracturados y meteorizados, recubiertos discordantemente por sedimentos marinos de edad miocena. Los carbonatos basales del Terciario contienen también petroleo, aunque sus características como reservorio son pobres. Algunas arenas miocenas están saturadas de gas. Todas las acumulaciones están estructuralmente controladas.

2.2.5.- Campo Amposta Marino.-

Está situado en el permiso San Carlos I y II (Shell 51.7%, Campsa 8.3%,INI 24% y Coparex 16%. El operador es Shell. El campo fué descubierto por el sondeo Amposta Marino C-1 (AMC-1) perforado en 1970 con una profundidad de agua de 62m. Dos sondeos más fueron perforados con éxito, probando una capacidad de producción de 10.000 bopd/pozo.

2.2.5.1.- Geologia.-

La trampa consiste en una paleoelevación topográfica enterrada, formada por carbonatos mesozoicos, alineada NE-SO. La estructura fué erosionada antes de ser rescubierta por sedimentos miocenos.

El mayor reservorio está constituido por calizas bien estratificadas, de edad Barremiense-Aptiense que buzan 18º hacia el ESE; el fanco O. está cortado por una falla o por la erosión. Los carbonatos están intensamente fracturados y meteorizados en su parte superior. La carstificación es caótica, aunque generalmente decrece hasta una profundidad de 90 m.; algunas carstificaciones fueron rellenadas por materiales arcillosos. La porosidad primaria es solamente de un 3% y la saturación de agua de un 38%. La porosidad secundaria es elevada, con valores del orden del 25% cuando no existe relleno vadoso. La permeabilidad de la matriz fina es excelente donde el paleokarst está bien desarrollado, pero de lo contrario es muy pobre.

Las calizas barremiense-aptiense están recubiertas en discordancia angular por la unidad transgresiva "Amposta Chalk", de edad Miocena, cuya potencia varía entre los 5 m. (AMC-2), y los 25 m. (AMC-1). La porosidad intergranular es por término medio del 10%, pero la permeabilidad es muy baja, con un máximo de 4 md en los testigos de máxima porosidad (superior al 20%). La pérdida de circulación durante la perforación demuestra que existe porosidad de fractura, pero su valor es probablemente bajo. En esta unidad se encuentran elevadas saturaciones de petróleo, pero las reservas recuperables son pequeñas.

La unidad de Amposta Chalk está recubierta por arcillas que constituyen el "cap rock" (Fm. Castellón), de edad Miocena medio-superior. En la parte inferior hay un miembro arenoso (Mb. Castellón), algunas de cuyas arenas están saturadas de gas, y son excepcionalmente productoras en el pozo AMB-2A, cuyo gas se usa en las operaciones de producción. Las mismas arenas contienen una acumulación de gas no aprovechada en una estructura satélite al S del campo Amposta, descubierta por el pozo Castellón E-1.

La Fm. Castellón está recubierta en discordancia por las arcillas y arenas de la Fm. Enro, de edad Mioceno final a Reciente. Esta unidad no contiene hidrocarburos, y probablemente es demasiado joven para haberlos producido.

2.2.5.2.- Reservas.-

Debido a la naturaleza irregular de la porosidad, es dificil estimar el petróleo contenido ("oil in place"). Tampoco fue facil determinar el contacto original petróleo/agua a causa de las bajas porosidades en la zona donde fué localizado (a-1940m.).

El petróleo contenido varia entre 13.9 y 18.7 Mt. (92 a 124 mb). El factor de recuperación es muy alto, debido a la excelente porosidad y permeabilidad en la mayor parte del reservorio y a la elevada presión del agua.

Las reservas recuperables son del orden de los 8 Mt (entre 50 y 57 millones de barriles). El 66% de las reservas se encuentran en la porosidad secundaria (karst) en el reservorio mesozoico; el 33% en su porosidad primaria, y solamente el 1% en Amposta Chalk.

2.2.5.3.- Calidad del petróleo.-

El crudo tiene una densidad de 17º API; contenido en azufre 5.5%, con un GOR inicial de 250 CF/BBL. El 70% del gas asociado es inerte. (En su mayor parte CO_2, con algo de H_2S).

2.2.6.- Campo Dorada.-

Está situado en la concesión Salou (Unión Texas 33,1/3%, Getty 33,1/3%; y Eniepsa 33,13%). El operador durante la exploración fué Unión Texas, y Eniepsa lo es durante el desarrollo y producción. El pozo de descubrimiento fué el Tarragona E-1 (TE-1), perforado en 1975, que encontró 5379 bopb entre 2064 y 2074 m. La profundidad de agua es de 95 m. Más tarde fueron perforados cuatro sondeos; TE-3 (seco), TE-4, TE-5 y TE-7; estos tres últimos son productores y están perforados en el mismo emplazamiento.

2.2.6.1.- Geologia.-

La estructura de Dorada es similar a la de Amposta Marino. La formación Terciaria Alcanar recubre en discordancia un paleorelieve elevado resultante de la erosión de un horst alpino.

El reservorio mayor consiste en tres capas comunicadas. En la base hay dolomías jurásicas, con porosidad intercristalina muy escasa y porosidad de fractura del 3%; están recubiertas por brechas (probablemente jurásico meteorizado) y conglomerados (Terciario), con una porosidad de fractura del 11%. El nivel superior es una dolarenita terciaria con buena porosidad intergranular (21% de promedio).

En la parte N del campo el sondeo TE-5 descubrió dos nuevos reservorios estratigráficamente más altos, consistentes en delgadas calizas del miembro intermedio de las Pizarras de Castellón. La porosidad media es del 3%; solamente se considera efectiva la porosidad de fractura. Parece que estos niveles tienen un OWC común con el reservorio mayor, del cual están separados por margas. La trampa es primariamente estratigráfica (la porosidad desaparece hacia arrib).

La sección del mioceno es completa. Los carbonatos y margas del miembro basal de las pizarras de Castellón está recubierto por pizarras interestratificadas con arenas finas del miembro intermedio. El miembro superior está recubierto por la Arenisca de Castellón, que consiste en arcillas y arenas interestratificadas, con algunas calizas hacia el techo, recubierto a su vez por una delgada sección del Plioceno.

2.2.6.2.- Calidad del petróleo.-

El crudo tiene una densidad de 22º API y contiene 0.6% de azufre. El GOR original fué de 315 CF/BBL.

2.2.6.3.- Reservas

El contacto petróleo/agua original se estimó en -2090 m. bnm. El petróleo contenido se estimó en 6.2 Mt (42 millones de barriles), el 88% de las cuales se asigna al gran reservorio, y el 12% a las calizas de la Fm. Alcanar. Las pruebas realizadas en los sondeos indicaron elevada permeabilidad en el reservorio. Parece existir fuerte presión de agua, y se supone un elevado factor de recuperación.

2.2.7.- Campo Casablanca.-

La mayor parte del campo se encuentra en el permiso de exploración Casablanca, pero su parte N sobrepasa el límite con el permiso de exploración Montarazo D. Los titulares de estos permisos son: Permiso Casablanca: Chevron (15%), Canadian North West Land (15%), Denison Mines (15%),Pacific (7.5%), Ciepsa (7,5%), Eniepsa (40%). Permiso Montanazo D: Chevron (40%),Amoco (20%), CNWL (10%), Denison (10%), Ciepsa (10%), Pacific (10%). Este grupo asignará a Eniepsa entre 30 y 40%, según la producción. Chevron es el operador en ambos permisos.

El campo fué descubierto en 1975 por el pozo Casablanca-1 (CA-1), que encontró 10.670 bopb entre 2640 y 2759 m. La profundidad del agua es del 33 m. Dos sondeos más encontraron petróleo (Casablanca 2 y Montanazo D-1), mientras que CA-3, CA-4 y CA-5 fueron negativos. La profundidad del agua varia entre 121 m. en CA-3, y 470 m. en MD-1, al estar el campo situado en el borde la plataforma.

2.2.7.1.- Geologia.-

Al igual que en los demás campos, el petróleo está atrapado en una paleoelevación formada por carbonatos mesozoicos, recubierta en discordancia por sedimentos miocenos. La estructura tiene una dirección NE-SW, con un flanco SE ve, y una abrupta falla en el fanco NW.

El reservorio más importante consiste en dolomias jurásicas fracturadas, con desarrollo kárstico cerca del techo del paleoalto. La porosidad secundaria por meteorización y fracturas es más importante que la porosidad primaria,que no excede del 6%.

En la base de la Fm. Alcanar, delgados niveles de calizas están saturados de petróleo, pero tienen pobres caracteres de almacén. Están recubiertas por una sucesión predominantemente arcillosa que incluye las formaciones Alcanar, Castellón y Ebro.

2.2.7.2.- Calidad del petróleo

El crudo tiene una densidad de 34º API. El contenido en azufre es de 0.2%, y el GOR es solamente 38 SCF/BBL.

2.2.7.3.- Reservas.-

El contacto petróleo/agua se encuentra entre -2733 y 2770; su profundidad puede variar según la permeabilidad vertical de los carbonatos fracturados. El petróleo contenido en el campo ha sido calculado con alguna indeterminación.Suponiendo el OWC a -2767 m., el campo debe contener 22,6 (165 Mbbl). Como quiera que la presión del agua es fuerte, el factor de recuperación debe de ser alto.

2.2.8.- Campo Tarraco.-

Se encuentra en la concesión Tarraco (Shell 75%,Campsa 25%). El operador

es Shell. Fué descubierto en 1976 por el sondeo Castellón B-5 (CB-5), que encontró 7.000 bopd entre 2695 y 2705 m., que es aún el único productor. La profundidad del agua es de 117 m.

2.2.8.1.- Geologia.-

La estructura es adyacente a la de Casablanca, y al igual que ésta, consiste en un paleoalto con dolomías y calizas jurásicas que buzan 20 -35º recubiertas por calizas y arcillas terciarias. Solamente la porosidad de fractura del reservorio jurásico se considera como efectiva, puesto que la matriz es bastante impermeable.

2.2.8.2.- Calidad del petróleo.-

El crudo tiene una densidad de 35º API; 0,2% de azufre, y su GOR es de 70 SCF/BBL.

2.2.8.3.- Reservas.-

El contacto petróleo/agua se ha establecido a los -2767 m. Las reservas recuperables se estiman en 2.2. Mt (16 Mbbl). La elevada presión del agua, combinada con las elevadas permeabilidades, favorece un elevado factor de recuperación.

2.2.9.- Otros descubrimientos.-

Otros pozos han detectado pequeñas cantidades de petróleo, o han encontrado acumulaciones no comerciales:

- Castellón C-L, perforado por el grupo Shell-Campsa en 1971, con una profundidad de agua de 91 m., encontrado 2000 bopd de 37% API, sin azufre. El reservorio era una delgada caliza mesozoica (?) sobre carbonífero y debajo de la discordancia miocena. Un pozo de evaluación (Castellón C-2) no encontró en reservorio, pasando directamente del Terciario al Carbonífero.

- Castellón B-2, también perforado por el grupo Shell-Campsa, en 1973 en 116 m. de agua. Encontró más de 1700 barriles de crudo de 38º API por dia, a los 2600 m.,

en las calizas del Mioceno inferior, que descansan aquí sobre un permotrías detrítico. Por encima del petróleo hay una acumulación de gas. Dos sondeos de evaluación probaron que el campo solamente contiene 1 Mt (7 Mbbl), que entonces no eran comerciales.

- Tarragona F-1, perforado por Amoco-Eniepsa-Medosa, siendo Amoco operador, en 95 m. de agua en 1976. Encontró 115 bopd de 42º API en las calizas del grupo Lucanar a 3900 m. Los carbonatos mesozoicos infrayacentes no contenian agua.

- Montanazo C-1, perforado en 1977 siendo operador Chevron. en 673 m. de agua. Encontró más de 9.000 bopd de petróleo 34º API en los carbonatos mesozoicos recubiertos por el Terciario, en el intérvalo -2324 a - 2460, un nuevo sondeo (MD-2, 1978) encontró 3500 bopd. La evaluación de este campo, situado en aguas profundas, continua hoy.

2.2.10.- Reservas conocidas, posibilidades y conclusiones.-

A finales de 1977 se habian perforado 55 sondeos. Como resultado, se descubrieron cuatro campos comerciales que totalizan aproximadamente 200 millones de barriles de reservas recuperables, de las cuales se habian producido 60 a finales de 1977.

Se cree que en el futuro se efectuarán nuevos descubrimientos, con el incremento de la resolución de los métodos sísmicos. Aparecerán nuevos objetivos al obtener información de los nuevos sondeos. Los mejores objetivos deben asociarse con la discordancia preterciaria y su substrato, mientras que acumulaciones de gas pueden ser encontradas en arenas terciarias.

Las predicciones sobre las reservas totales contenidas en el Mediterráneo, con carácter especulativo, apuntan a 500-1000 Mbbl.

La producción media de los últimos tres años es de 1 Mt. El petróleo procede de los cuatro campos productivos: Casablanca, Tarraco,Dorada y Amposta.

Desde el año 1973, en que empezó la producción, hasta el 1976, solamente el campo Amposta estuvo en produciión, con cerca de 2 Mt de media anual. Actualmente este campo está practicamente agotado produciendo solamente 250.000 tm. anuales.

TABLA 9

RESERVAS DE PETROLEO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL CATALANA. (Según Garcia Siñeriz et al., 1980)

Campo	Petróleo contenido (MT)	Reservas recuperables (MT)	Densidad (API)	Azufre %
Casablanca	22.6	12 (?)	34	0,2
Amposta	14 a 19	1 (*)	17	5.5
Tarraco	?	2.2	35	0.2
Dorada	6.2	2 (?)	22	0.6

(*) El campo Amposta ha producido 7 MT, de los 8 MT recuperables.

Para 1981 está prevista la segunda fase de explotación del Campo Casablanca, del que se espera obtener 2 Mt anuales, con lo cual la producción total puede subir a 3 Mt por año.

2.3.- Pizarras bituminosas.-

2.3.1.- La explotación de pizarras bituminosas en Catalunya.-

Se considera actualmente como "pizarras bituminosas" aquellas rocas sedimentaria que contienen más del 5% de materia orgánica, y que producen por lo menos de 5 a 10 galones (de 20 a 40 litros) de crudo por tonelada mediante la destilación destructiva del Kerógeno por Pirólisis.

Ya a principios de siglo se conocian las "minas de petróleo" de los Pirineos catalanes, que fueron explotadas y sobre las que existe abundante bibliografia.

En 1977 el IGME desarrolló un proyecto de exploración de pizarras bituminosas en España, que localizó varias zonas de interés, entre ellas el Eoceno Marino Catalán. El estudio de esta zona se inició en 1978 y prosigue en la actualidad, con el reconocimiento mediante sondeos de la zona comprendida entre Oix y Bagà.

2.3.2.- Campo de Sant Pau de Seguries.-

2.3.2.1.- Geologia.-

Las unidades de interés son las formaciones Armáncias y Corones. La primera está construida por un nivel de margas y calizas limosas que descansan sobre las calizas con silex de la segunda. Estas últimas calizas constituyen una cresta cartografiable que se extiende desde Sant Pau de Seguries hasta las proximidades de la Sierra del Cadí. Su edad es Cuisiense.

Desde el punto de vista estructural, los materiales están levantados a la vertical e incluso invertidos. El conjunto margoso de Armáncias está fuertemente replegado según ejes de dirección ENE-WSW, asociados a fallas cabalgantes y despegues. Localmente se observa esquistosidad de plano axial.

2.3.2.2.- Hidrocarburos.-

Existe una franja dentro de la Fm. Armáncies que da análisis positivos, a veces hasta de 65 l/tm. Esta franja se extiende sobre 61 Km. de longitud, entre Bagà y Oix, y su espesor puede llegar a los 100 m.

2.3.2.3.- Reservas.-

Mediante algunos sondeos realizados en 1979, se han estimado 75 Mm3 en Sant Pau de Segúries, y 36 Mm3 en Riutort, con más de 20 l/tm. Por el momento se trata de reservas no explotables, ya que la ley económica es hoy de 42 l/tm. El estudio de la cuenca no puede considerarse terminado.

2.4.- Minerales radioactivos.-

2.4.1.- Yacimientos tipo "Sandstone", yacimientos ligados a rocas detríticas (arenisca y arcosas). Dentro de este tipo se diferencian: las peneconcordantes, los de tipo "roll" y los de control tectónico.

Dentro de los tres subtipos, el más importante en el sector catalán son los Peneconcordantes y los Tectónicos. Los de tipo "roll" no parecen tipificados en el sector.

Peneconcordantes. Estos yacimientos son epigenéticos y su control es litológico. La litofacies característica son rocas arenosas continentales y su máximo representante serían los terrenos Permotriásicos y Triásicos (Bundsandstein) y los Terciarios s.l.

El área de extensión de los Permotriásicos y Triásicos, abarcarían los materiales rojos de gran parte de la cobertera de las Cadenas Litorales catalanas y toda una franja Prepirenaica desde el Alt Empordá hasta el Pallars Jussá. Así tenemos: Begues (Baix Llobregat), Boadella (Alt Empordá) y Pla de Mont-ros (Pallars Jussá).

El área de extensión de los materiales areniscosos-arcósicos de la Depresión del Ebro, abarcarían gran parte del borde de dicha depresión con la cadena

Prelitoral Catalana, principalmente en Osona, Garrotxa y Ripollés, concretamente en VIlanova-Tavertet y en la parte septentrional de la Selva.

Otras zonas de menor incidencia y posibilidades para este tipo de yacimientos serían el resto de la Depresión en las comarcas de conca de Barberá, Bages, Anoia, etc.

Este tipo de yacimiento es de muy baja ley pero de extensión mediana a grande con lo que su posible explotación se hallará influenciada por la demanda y las características tecnológicas y políticas del momento. Sus minerales típicos son : Pechblenda,y Coffinita, asi como una serie de minerales secundarios tales como óxidos, sulfatos, etc (carnotita). Otros elementos accesorios que se pueden beneficiar en el transcurso de su explotación, son el Vanadio, Molibdeno, Cobalto y Cobre.

El gran yacimiento tipo (E.E.U.U.), es el del "Colorado Plateau" con leyes del 0,15 al 0,4% y extensiones laterales de centenares de metros.

Las reservas catalanas en este tipo de yacimientos son desconocidas aunque a 90 $/libra podriamos determinar unas reservas especulativas de unas 20.000 Tn U_3O_8, con un error de apreciación del 60%.

"Roll". Se hallarian representados en la tipologia mundial de los grandes yacimientos de Shirley Basins en Wyoming (E.E.U.U.), asociados a rocas de tipo arcósico.

Según comunicación oral por miembros de la Junta de Energia Nuclear (JEN) no parecen claramente tipificados en Catalunya, no obstante las áreas más sensibles serían las mismas que para el tipo anterior y principalmente cerca de los bordes de cuenca en contacto con el área fuerte que en nuestro caso, aunque con anomalias bajas, serian de granitos y esquistos negros del Zócalo Hercínico de las cadenas costero catalanas y pirenaicas.

La mineralogia de este tipo de yacimientos es muy similar a la anterior con un predominio algo mayor en Mo, Se, etc.

Tectónicos o de control tectónico. Serian, al igual que los de tipo "roll", muy

similares a los del tipo "sandstone", con mineralogia parecida y leyes también análogas. Estos se situarian principalmente en el borde Prepirenaico y Oriental de la Depresión del Ebro y probablemente en las series triásicas.

2.4.2.- Yacimientos Hidrotermales.-

Este tipo de mineralización, generalmente rica en Uranita y Pechblenda como relleno en fracturas originadas en los granitos (episienitas) o en rocas metamórficas, generalmente de contacto. Un caso típico de yacimientos ligados a episienitas, serian los yacimientos del Macizo Central francés y los ligados a rocas metamórficas los yacimientos uraníferos de Salamanca.

En Catalunya este tipo de yacimientos se localizarian en todo el sector que abarcarian los macizos cristalinos hercínicos (Litoral,Prelitoral y Pirenaico). No obstante no se conocen grandes indicios de este tipo, en parte debido a la pobreza en minerales radioactivos de estos granitos : 3 a6 ppm, ya que la estructura tectónica que los afecta les es propicia. Uno de los indicios señalados en la literatura, serian los de Darnius (Alt Empordá) y otros presumibles, se situarian en el Corredor (Maresme).

Las reservas de este tipo de yacimientos son practicamente desconocidas para nosotros aún de tipo especulativo, no obstante la J.E.N. ha realizado algunos sondeos en la zona de Darnius que por el momento no parecen ser interesantes.

2.4.3.- Yacimientos Intrusivos.-

El más representativo en Catalunya, seria el de las pegmatitas, concretamente en las del Cabo de Creus (Alt Empordá) y quizás las de la Vall d'Arán en el Pirineo Central.

Las mineralizaciones en este caso serian de Uraninita, Torita,etc. de las que parecen haberse encontrado en el Cabo de Creus sin interés en la actualidad. Hay que hacer constar que este tipo de yacimientos junto con los hidrotermales, son generalmente de alta ley, pero de bajo tonelaje y su extracción muy costosa.

2.4.4.- Yacimientos Potenciales de recursos futuros.-

Dentro de este cajón de sastre se incluyen pizarras negras (blak shales) y los Carbones.

Las pizarras negras, con fondos geoquímicos muy elevados en cuanto a radioactividad, pueden contener entre 8 ppm (L'Avençó, Vallés Oriental) y quizás ..s de 20 ppm (en fase de estudio). La repartición geográfica de dichas rocas es muy grande y se situan preferentemente en el Ordovício Superior-Silúrico-Devónico Inferior (Carbonífero ?) en los macizos paleozoicos de las cadenas costero-catalanas y pirenaicas. Las zonas en donde se han detectado mayores anomalias (traducidas en fondos geoquímicos) serian: Conca de Barberá, Baix Llobregat, Maresme, Alt y Baix Empordá, Garrotxa, Ripollés, Cerdanya, Urgell, Pallars Jussá y Sobirá, Vall d'Arán y Priorat.

El potencial de estos esquistos negros a baja ley, es elevada en cuanto a límites de explotación superen los 90 $/libra. Las reservas especulativas son muy dificiles de evaluar debido a la gran magnitud de estos esquistos negros y su diversidad ya que en algunas zonas el fondo geoquímico y radioactivo coincide con el fondo regional.

El otro tipo importante y en la actualidad el que presenta un potencial más próximo: 30-90$/libra, serian los yacimientos de minerales radioactivos asociados a los lignitos. Sus reservas (comunicación oral por parte del J.E.N.) las situarian sobre unas 10.000 Tns. U_3O_8, pero su tratamiento mineralúrgico complejo y caro. La repartición de este tipo de yacimientos es muy elevada ya que casi todas las cuencas lignitíferas, a excepción de las del Berguedá, presentan anomalias, así por ejemplo las más importantes serian las de Calaf (Anoia), Mequinença (Baix Cinca), les Garrigues, Cerdanya, etc.

2.4.5.- Resumen.-

La producción de recursos energéticos fósiles en Catalunya es escasa, y se limita al lignito y al petróleo. La producción de lignito, procedente de la cuenca de Berga, representa un 10% de la producción española, y cubre el 75% del consumo catalán, la mayor parte centrado en la térmica de Sercs.

La provincia petrolífera del Mediterráneo supone el 95% de la producción española, pero hay que tener en cuenta que ésta es muy baja, puesto que solamente cubre el 3% del consumo. Referida a Catalunya, la producción del Mediterráneo supuso en 1975 el 17% del consumo.

No se producen en Catalunya gas natural, carbones térmicos, uranio ni cualquier otra sustancia energética primaria.

Las reservas recuperables conocidas en Catalunya son relativamente elevadas en cuanto a lignito:223 Mt (Cuencas de Berga,Calaf y Mequinenza), que representan el 15% de las reservas de España; si bien hay que tener en cuenta que su economicidad es tan sólo medio a baja, debido a sus características de calidad y afloramiento..

Las reservas de petróleo descubiertas en el Mediterráneo no superan los 30 Mt, lo que no basta para cubrir el consumo español durante un año.

Como reservas no explotables a corto y medio plazo, citaremos las 50.000 tm. U_3O_8 de Calaf, que representan cuatro veces los recursos actuales de España; y los 110 Mm3 de pizarras bituminosas del Prepirineo, equivalentes a unos 300 Mt de petróleo.

En definitiva, el panorama a corto plazo es preocupante, ya que si bien la explotación del lignito catalán podria teoricamente multiplicarse por cuatro y sostenerse durante cien años, en cambio las reservas de petróleo no cubren el consumo Catalunya más allá de cuatro años. A largo plazo las perspectivas son más optimistas, ya que Catalunya podria abastecer el consumo español de Uranio durante 50 años, y satisfacer a su vez sus propias necesidades de petróleo durante 30 años. Hasta entonces, se realizará un gran esfuerzo exploratorio para poner de manifiesto nuevos yacimientos economicamente explotables. A nivel estatal, calculamos las inversiones en exploración en más de 14.000 Mp anuales en los próximos años, de los que a Catalunya corresponderán más de 4.000.

BIBLIOGRAFIA.-

ALVAREZ MIRANDA,A, 1978:"El desarrollo nuclear y sus dificultades". Oilgas,Julio 1978; pp. 59-63.

ANUARIO DE ENERGIA, 1977

ARAGONES,E; CANICIO,A; PARADINAS,A; RHODEN,N 1980: "El potencial uranífero español con respecto a las tipologias metalogenéticas mundiales". Jornadas Mineralo-metalúrgicas de Huelva, Secc. I-2, 11 pp.

C.G.S., S.A., 1975: "Investigación geológico-minera del área lignitífera de Calaf". I.G.M.E., inédito.

ENADIMSA,1975: "Inventario geológico-minero de cuencas carboníferas españolas. T.1: cuencas Pirenaicas". I.G.M.E., inédito.

ENADIMSA,1975-76: "Programa de investigación de radioactivos: Area lignitífera de Mequinenza". I.G.M.E., inédtito

ENADIMSA, 1979: "Inventario de Recursos de Carbón de España". Centro de Estudios de la Energia. 168 pp.

GRUPO ESPECIALIZADO DE ENERGIA DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE INGENIEROS DE MINAS, 1980: "Plan Energético Nacional (5)". Industria minera, nº 200, pp.11-17.

PLAN NACIONAL DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MINERALES: Industria minera, nº 155.

QUEROL, R., 1978: Perspectivas de la exploración de petróleo y gas en España". Oilgas, Julio 1978, pp 35-41

ROSON,J., 1978: Politica de exploración de recursos primarios energéticos.Oilgas, febrero de 1978.

SERRANO,J., 1978: "Las necesidades y los recursos de uranio en España".Fundación Gómez-Pardo.

TEMBOURY,J., 1978: "Desarrollo en España de energias alternativas". Oilgas,Julio,

1978, pp. 81-83

USSIA Y GAVALDA, L.,1978: "Perspectiva nacional e internacional del carbón". Oilgas, Julio 1978, pp. 73-79.

ENERGIA GEOTERMICA

J. F. ALBERT

(Compañia General de Sondeos)

I N D I C E

1.- Introducción

2.- La Energia Geotérmica a escala mundial

2.1.- Utilización

2.2.- Costes de la energia geotérmica

2.3.- Ejemplos de utilización en algunos paises

3.- La Geotermia en España

4.- La Geotermia en Cataluña

4.1.- Planteamiento geotérmico en general

4.2.- Zonas en estudio e inversiones realizadas

4.3.- Previsiones a corto plazo.

1.- INTRODUCCION

La crisis energética y económica que viene sufriendo el mundo a partir del año 1973, como consecuencia del brusco aumento del precio de los crudos, ha provocado que todos los gobiernos reconsiderasen sus políticas de consumo y aprovechamiento de los recursos energéticos, dando especial importancia al desarrollo de las denominadas fuentes energéticas complementarias.

El desarrollo de los recursos energéticos propios, como principal garantía de suministro, favorecido además por los nuevos niveles de precios, constituye un criterio adaptado por todos los países.

Otro principio generalmente aceptado es pasar de una situación de dependencia masiva y mayoritaria de un solo tipo de combustible, los hidrocarburos, a una diversificación de recursos.

Dentro de las alternativas complementárias, la energía geotérmica es la que posee mayor potencia instalada de todas ellas, gracias a ser la única - que ofrece precios competitivos frente a las convencionales, y contar con - una tecnología perfectamente desarrollada, no hallándose como los restantes (solar (solar, eólica, etc.) a nivel experimental.

En los apartados siguientes se resumirá el desarrollo mundial de la energía geotérmica -explotada económicamente desde principio de siglo- con 4000 MWe instalados en el mundo para producir electricidad, alimentando centrales individuales de hasta 600 MWe, (la nuclear de Vandellós, a titulo de ejemplo tiene 500 MWe) y con 5000 MWe equivalentes en usos domésticos agricolas e industriales.

Conviene señalar en esta introducción qué es un yacimiento geotérmico y su calsificación:

La energía geotérmica consiste simplemente en el aprovechamiento del calor natural interno del planeta, que puede considerarse continuo e inagotable a escala humana. Como valor medio general, en la corteza terrestre la - temperatura aumenta 1ºC cada 30-33 m. de profundidad, debido al simple efecto del flujo térmico. En determinadas zonas tectónicamente activas, volcánicas o no, estos valores se ven incrementados notablemente y constituyen verdaderas anomalías geotermicas que suelen ser energéticamente aprovechables.

Es necesario, además, un fluido vector que extraiga estas calorias del subsuelo. Se trata sencillamente del agua de lluvia, que, al infiltrarse, to

ma calor de la roca por la que circula y transporta a la superficie dando lugar a manifestaciones como manantiales termales, géiseres, etc. A escala productiva, y si la estructura geológica es favorable, se va a buscar el almacén de fluido geotérmico mediante sondeos a profundidades de 500 a 2.500 m.

En base a la temperatura del agua extraída, la energía geotérmica presenta dos modalidades:

- Energía geotérmica de alta entalpía

El fluido extraido es vapor con unas condiciones de presión y temperatura suficientes para mover un grupo turboalternador y generar electricidad directamente a costes competitivos con las demás fuentes enregéticas convencionales. La temperatura del vapor que alimenta las centrales de este tipo oscila entre 150 y 300ºC. El fluido de descarga de las turbinas puede reinyectarse de nuevo mediante pozos en el almacén subterráneo con lo que se mantiene siempre un equilibrio de presión en el mismo y se evita su agotamiento.

Debe advertirse que los yacimientos de alta emtalpía, originados por un gradiente geotérmico anómal que actúa sobre un determinado almacén, se hallan tan localizados como lo puedan estar los mineros o de petróleo. La potencia de las centrales geotérmicas existentes en estas zonas oscila entre 100 y 600 mWe.

- Energía geotérmica de baja entalpía

Engloba a los fluidos cuya temperatura se sitúa entre 25º y 150ºC. Su empleo usual no es la generación de electricidad, sino que su aplicación se diversifica hacia procesos industriales, agrícolas y domésticos en forma de calefacción, refrigeración, desalinización de aguas, piscifactorías, etc.

Los yacimientos de baja entalpía son mucho mas abundantes que los de alta, pues para que se alcancen estas temperaturas a profundidades económicas basta, en muchas ocasiones, un grandiente geotérmico normal. Presentan, no obstante, el inconveniente de que la energía de ellos extraída en forma de agua caliente, vapor o mezcla de ambas fases acuosas no es transportable a distancia por lo que debe ser consumida en zonas próximas al yacimiento.

Sin embargo, tambien es posible generar electricidad con fluídos de baja entalpía, aunque a costes más elevados. el Método consiste en poner en contacto el fluído geotérmico con un intercambiador de calor, que suele ser un líquido -

de bajo punto de vaporización (isobutano, freón, etc.) encargado de impulsar el grupo turboalternador.

El coste de la electricidad así generada aumenta y su competitividad está en función de la disponibilidad de otras fuentes energéticas convencionales.

Cerramos esta introducción resumiendo, muy esquematicamente, las razones que justifican la prospección geotérmica:

- El desarrollo tecnológico alcanzado en más de 75 años de aplicación, frente a otras fuentes complementarias en estado piloto.

- La potencia mundial instalada (9000 mWe) muy modesta frente a las fuentes convencionales, pero demostrando su rentabilidad frente a ellas.

- La analogía geológica entre nuestro pais -con dispositivos favorables de multiple naturaleza- y los que actualmente disfrutan de este recurso (FRancia, Italia, Hungría etc.)

En los siguientes apartados que constituyen este informe se detallan con más rigor los tres aspectos referidos.

Finalmente, refiriéndonos exclusivamente al empleo de las aguas de baja entalpía -las de mayor seguridad y facilidad de alumbramiento- cabe señalar que:

-Un gran porcentaje de las necesidades básicas de energía de nación industrializada, es para calefacción a temperaturas bajas o medianas.

- Las necesidades de calefacción a bajas o medianas temperaturas son difíciles de satisfacer eficientemente ya sea usando electricidad o combustibles fósiles, como indica la baja eficiencia termodinámica de la mayoría de los sistemas actuales que cubren dichas necesidades.

- Las aplicaciones no eléctricas son el empleo más eficiente, desde el punto de vista termodinámico, de los recursos geotérmicos. (90% frente al 15% de rendimiento en la geneneración de electricidad).

- Existe una gran variedad de aplicaciones práctica y muchas sugerencias para nuevos usos (producción de agua pesada, cultivo de proteinas). Bajo

jo ciertas condiciones la energía geotérmica puede ser tan barata como para permitir actividades comerciales que de otra manera no serían posibles.

2.- LA ENERGIA GEOTERMICA A ESCALA MUNDIAL

2.1. UTILIZACION

El empleo de la energía geotérmica de alta entalpía (Ta 150ºC) se dirige exclusivamente a la generación de electricidad.

Las potencias unitarias por países y totales se recogen en la tabla 1, que se refiere a la situación hasta 1980 en cuyo momento la potencia total será de 4000 mWe.

Generación mundial de electricidad (MW) mediante energía geotérmica (1976)

(Datos de SPEG y U.S. Geological Survey)

PAIS	Potencia instalada		Potencia prevista		
	Parcial	Total	En construc.	En proyecto	Año previsión
ITALIA					
– Larderello – región boracífera	350,6	–	–	45	1978
– Región de Monte Amiata – Travale	40	420,6	–	–	–
– Cesano – Torre Alfina	–	–	–	15	1978
EE.UU.					
– The Geysers – grupo 1-10	396	–	–	–	–
– The Geysers – grupo 11-12	212	608.	–	–	–
– The Geysers – grupo 13-15	–	–	–	306	1977
– Salton Sea y Nevada	–	–	60	200	1978
NUEVA ZELANDA					
– Wairakei	192	–	–	58	1978
– Kawerau	10	202	–	–	–
– Broadlands	–	–	120	–	1977
MEXICO					
– Pathé	3,5	–	–	–	–
– Cerro Prieto (1.ª fase)	75	78,5	–	–	–
– Cerro Prieto (2.ª fase)	–	–	75	150	1978
JAPON					
– Matsukawa y Otake	35	–	–	–	–
– Ohnuma y Onikobe	35	–	–	–	–
– Hatchobaru 1 – Tachinowe	100	170	–	–	–
– Hatchobaru 2 – Kak Konda	–	–	50	250	1978-80
URSS					
– Paratunka – Pauzhetka	5,75	5,75	–	–	–
– Kamchatka	–	–	25	75	1979-80
ISLANDIA					
– Namajfall	3	–	–	–	–
– Krafla	30	33	–	55	1979
EL SALVADOR					
– Ahuachapan (1.ª fase)	30	30	–	–	–
– Ahuachapan (2.ª fase)	–	–	30	30	1978
GUATEMALA: Moyuta – Azulco	–	–	–	90	1979
NICARAGUA: Momotombo	–	–	–	10	1978
FILIPINAS: Leyte – Tiwi	100	100	–	300	1978-80
TURQUIA: Kizildere	2,5	2,5	–	10	1978
GRECIA	–	–	–	30	Antes de 1985
INDIA	–	–	–	30	"
KENIA	–	–	–	30	"
CHILE	–	–	–	18	"
INDONESIA	–	–	–	250	"
TOTAL	1.650,35	1.650,35	330	1.952	"

TABLA 1

En cuanto a baja entalpia la diversificación de usos es muy notable (tabla 2). La última estadística sobre potencia total utilizada corresponde a 1975 y se reseña en la tabla 3.

Aplicaciones no eléctricas de las aguas de baja entalpía.

(Tomando de R.E. Peterson y N. EP Ramley, Universidad de Hawaii)

1.- VIVIENDAS/COMERCIALES.
- 1.1. Calefacción
- 1.2. Aire acondicionado
- 1.3. Agua caliente y fría para hogares.
- 1.4. Piscinas.
- 1.5. Cocinas.
- 1.6. Secado de ropa.
- 1.7. Refrigeración.
- 1.8 Horticultura.
- 1.9. Fundido de nieve y hielo en carreteras, deshelado de conducciones en zonas rurales frías.

2.- BALNEARIOS/TURISMO.
- 2.1. Manantiales termales.
- 2.2. Hospitales, sanatorios.
- 2.3 Instalaciones turísticas.
- 2.4. Agua embotellada.

3.- AGRICULTURA
- 3.1. Invernaderos para vegetales, flores, plantas.
- 3.2. Lechos caldeados.
- 3.3. Calentamiento de suelos.
- 3.4. Cría de ganado, animales de labranza, pocilgas, granjas.
- 3.5. Irrigación.
- 3.6. Desalinización de aguas.
- 3.7. Refrigeración para almacenamiento de alimentos.
- 3.8. Cultivos térmicos de alimentos, algas, etc.
- 3.9. Protección de heladas.
- 3.10 Control de temperatura y humedad de las plantas.
- 3.11. Pesticidas y control de plagas.
- 3.12. Piscifactorías.

4.- INDUSTRIAS AGRICOLAS
- 4.1. Secado: comida para piscifactorías, grano, arroz, tabaco, etc.
- 4.2 Conservas.
- 4.3 Refrigeración.
- 4.4. Liofilización de cebollas, pescado, sopas, café, etc.
- 4.5. Destilación y alcoholeras.
- 4.6. Fabricación y refino de azúcar.
- 4.7. Pasteurización de la leche.
- 4.8 Producción de leche en polvo, cafeína, etc.
- 4.9. Cosechado de algas marinas y fabricación de alginatos.
- 4.10 Refrigeración para la producción de proteínas y preparación de vitaminas.
- 4.11. Limpieza y envasado de arroz.
- 4.12 Idem queso.
- 4.13. Deshidratación de productos de la patata.
- 4.14. Fabricación de yogourth.

5.- INDUSTRIAL
- 5.1. Eliminación del hielo.
- 5.2. Calefacción.
- 5.3. Refrigeración.
- 5.4. Fabricación de pulpa y papel.
- 5.5. Aclimatado de madera y secado, aserraderos.
- 5.6. Procesado de fibras de caáamo.
- 5.7. Procesado de textiles, lavado de lana y secado.
- 5.8 Fabricación de espumas plásticas.
- 5.9 Gasificación del carbón.
- 5.10 Producción de hilo para la fabricación de goma sintética.
- 5.11. Tratamientos térmicos de aguas estancadas.

6.- MINERALURGIA, METALURGIA, ETC
- 6.1. Producción de diatomita.
- 6.2. Procesos de fabricación química (amoníaco, carbonato amónico, yeso anhidro, borax, hidrógeno para fertilizantes, ácido clorhídrico, cloruro potásico, bicarbonato sódico, azufre, etc.).
- 6.3. Recuperación de elementos tierra.
- 6.4. Fermentaciones (alcohol etílico, acetona, ácido cítrico).
- 6.5 Secado de cemento.
- 6.6 Climatización de instalaciones mineras.
- 6.7. Minerurgia (oro, cinc, titanio, plata, plomo, estaño, bronce, cobre, antimonio, etc.).

TABLA 2

2.2. - COSTES DE LA ENERGIA GEOTERMICA

El capítulo de costes debe abordarse también en función de si se trata de energía geoteérmica de alta o baja entalpía.

No obstante, resulta siempre aleatorio hablar de costes cuando en realidad el cálculo de los mismos es variable en cada situación en función de numerosos condicionantes, unos relacionados con el propio yacimiento (inversión en prospección y construcción de los pozos de producción, calidad de los fluidos geotérmicos y temperatura de éstos, tipos de turbinas y/o intercambiadores de calor, producción estimada, etc.) y otros ajenos a él (horas de funcionamiento, amortización de equipos, tasas de interés bancarios, etc).

- Alta entalpía:

A pesar de todo y tomando como referencia valores medios en los diferentes países productores, la composición de precios resultantes con otras fuentes energéticas convencionales resulta siempre favorable a la generación de electricidad mediante vapor geotérmico.

Esta rentabilidad era ya patente antes de la crisis energética en 1973 (tablas 4 y 5). Después de esta fecha, a pesar del incremento general de costos que afecta también al precio del Kw geotérmico, la rentabilidad sigue siendo manifiesta (tablas 8 y 9). Las tablas 6 y 7 desglosan los costes de centrales geotérmicas tipo para diferentes potencias instaladas.

EMPLEO DE LA ENERGIA GEOTERMICA DE BAJA ENTALPIA (1975) (Datos de procedencia diversa)

Uso	EE.UU.	Resto Mundo	Total	%
Agricultura	193,8	739,2	933,0	20,7
Balneario/turismo.	861,4	977,3	1.838,7	40,8
Eléctrico-Domést..	396,0	734,4	1.130,4	25,1
Industria	52,7	150,3	203,0	4,5
Calefacción	8,3	395,2	403,5	8,9
Total	1.512 MW	2.996 MW	4.508 MW	100,0

TABLA 3

TABLA 4.- COSTES COMPARATIVOS USA DE LA ENERGIA ELECTRICA GENERADA MEDIANTE DIFERENTES METODOS (1970).
Según E.R. Berman, Energy Technology Review).

	GEOTERMICA	NUCLEAR	HIDRAULICA	TERMICA CARBON
Inversión ($/Kw)	110	225	250	150
Gastos fijos (14%/año/Kw)	15,40	31,50	35,00	21,00
Gastos fijos (10^{-3} $/Kwh)	1,95	4,00	6,10	4,36
Costes de operación (10^{-3} $/Kwh)	0,25	0,50	0,10	0,25
Coste energía (10^{-3} $/Kwh)	2,26	2,00	-	3,00
Costes totales:				
Factor de carga variable (10^{-3} $/Kwh)	4,86	6,50	6,20	7,61
Factor de carga 90% (10^{-3} $/Kwh)	4,86	6,50	4,55	5,92

TABLA 5.- COSTES COMPARATIVOS POR PAISES DE LA ENERGIA ELECTRICA GENERADA MEDIANTE VAPOR GEOTERMICO DE ALTA ENTALPIA Y OTRAS FUENTES CONVENCIONALES (en 10^{-3} S/Kwh) (1973).
Según J.B. Koenig. California. Division of Mines. Colorado)

PAIS	ENERGIA GEOTERMICA	MEDIA OTRAS FUENTES
EEUU	5,0	7,0
URSS	7,2	10,0
Mexico	4,1 - 4,9	8,0
Japón	4,6	6,0
Italia	4,8 - 6,0	7,5
Islandia	2,3 - 3,5	-

TABLA - 6

COSTES TEORICOS DE DIFERENTES TIPOS DE CENTRALES ELECTRICAS.

Capacidad en MW	Factor de utilización	Tipo de central	Fecha de referencia	Precio de coste en 10^{-3} $/kWh
0.5	97%	Geotérmica	1.973	10.2 (x)
0.5	35%	Geotérmica	1.973	27.3 (x)
4	97%	Geotérmica	1.973	6.5
4	35%	Geotérmica	1.973	18.5
20	92%	Geotérmica	1.973	7.22 (x)
20	85%	Geotérmica	1.973	7.75 (x)
50	92%	Geotérmica	1.973	5.11 (x)
50	85%	Geotérmica	1.973	5.49 (x)
100	92%	Geotérmica	1.973	4.29 (x)
100	85%	Geotérmica	1.973	4.61 (x)
200	92%	Geotérmica	1.973	3.74
200	85%	Geotérmica	1.973	4.02
200	92%	Geot. 204ºC	1.976	10.2-10.6
200	80%	Geot. 204ºC	1.976	10.9-11.4
200	92%	Geot. 260ºC	1.976	8.8- 9.1
200	80%	Geot. 260ºC	1.976	9.4- 9.8
200	92%	Geot. vapor	1.976	5.8- 6.0
200	80%	Geot. vapor	1.976	6.2- 6.5
0,5	93%	Diesel	1.973	13.5
0.5	35%	Diesel	1.973	28.5
1000	55%	Nuclear	1.975	15.2
1000	85%	Carbón	1.975	18.0
1000	85%	Fuel	1.975	28.5

(x) Casos desglosados en la tabla 7.

TABLA 7.- RESUMEN ECONOMICO DE LAS CENTRALES GEOTERMICAS (1973) EN FUNCION DE SU POTENCIA (vapor seco a 5-8 atm.)

(según H. ARMSTEAD, 1973)

CENTRAL DE 0,5 MW

1) Costes de exploración y desarrollo.	165.000 $		
2) Costes de la central:			
- Conducciones y accesorios	30.000		
- turbinas y alternadores	60.000		
- imprevistos	10.000		
TOTAL	100.000 $		
3) Costes de utilización para factores del:	35%	97%	
- producción (KWh/año x 10^6)	4	1,5	
- amortización (1) + (2)	20,6	7,7	
- mantenimiento	6,7	2,5	
TOTAL	27,3	10,2	10^{-3} $/kWh

TABLA 9.- COSTES DE LA ENERGIA GEOTERMICA (ALTA ENTALPIA) EN DIFERENTES PAISES Y COMPARACION CON OTRAS FUENTES CONVENCIONALES (1974) (Según C.J. Banwell, ONU)

PAIS	TASA DE INTERES %	ENERGIA GEOTERMICA ALTA ENTALPIA			ENERGIA CONVENCIONAL		
		Potencia instalada (MW)	Inversión por Kw instalado ($/Kw)	Coste kwh en central ($10^{-3}$$)	Potencia instalada en una central (MW)	Inversión por Kw instalado ($/Kw)	Coste kwh en central ($10^{-3}$$)
U.S.A.		500	125	6,9			
México		75	264	8			
El Salvador	10	33	382	6,19			
Nicaragua	10	30	250	5,6	60 (térmica)	186	9,1
Guatemala	10	30	279	5,7	60 (térmica)	174	9,1
Etiopía	6,5	100	233	5	100(hidráulica)	320	6
		5	223	5,8	5 (diesel)	197	27,6
Filipinas	10	30	184	3,6	330 (térmica)	105	6,25
		5	201	9,2	5 (diesel)	207	16
Grecia	7	30	194	3,2	200 (térmica carbón)	217	6,7
India	6	30	194	3	200 (térmica carbón)	248	7,1
Kenia	7	30	211	4,1	30(hidráulica)	532	8,9

TABLA 9.- COSTES COMPARATIVOS EN REINO (1976) DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS ENERGETICAS PARA GENERAR ELECTRICIDAD.

(Según datos de C. J. Banwell, ONU y B. Greider, — Chevron Minerals, USA).

CENTRAL	POTENCIA INSTALADA en la que se basa el cálculo	COSTE Kwh EN LA CENTRAL (10^{-3} $/Kwh)	INVERSION POR Kw INSTALADO ($/Kw)	OBSERVACIONES
TERMICA CARBON	500 MW	28-30	400-500	precio carbón $0,90/$10^6$ BTU
TERMICA FUEL	500 MW	20-30	500-600	precio fuel $12-13,6/bbl
NUCLEAR	1000 MW	15-20	600-720	precio U_3O_8 $20/lb
GEOTERMICA	500 MW	8-15	200-400	fluido de alta entalpía - (sin empleo de intercambiadores de calor).
SOLAR sin acumulación de calor.	100 MW	35-55	990	500.000 m^2 de heliostatos
SOLAR con acumulación de calor de 6 horas.	100 MW	35-55	1340	700.000 m^2 de heliostatos
EOLICA	(a)6 Kw	35(a)-500	2050(a)-29000	(a) Sin almacenamiento energético y en zona de fuertes vientos

TABLA 10.- COSTES COMPARATIVOS DE DIVERSAS APLICACIONES DE LA ENERGIA GEOTERMICA DE BAJA ENTALPIA.

(Según J.B. Koening. California Division of Mines. Colorado).

CALEFACCION ($/Gcal)	GEOTERMICA	OTRAS FUENTES (Media)
Islandia (1974)	4,0	6,7
Hungría (1974)	3,0	11,0
Francia (1976) (x)	5,3-8,7	15
REFRIGERACION ($/Frig.)		
N. Zelanda (1974)	0,12	2,40
PLANTAS DE DIATOMITA ($/Tm)		
Islandia (1974)	2	12

(x) Desglose del precio de la calefacción geotérmica en la cuenca de París (Según SPEG. 1976).

PARAMETROS:

- Potencia útil máxima: 5,25 Gcal ó 6 MW equivalentes.
- Inversión total: $ 276,498/Gcal ó $ 241,93/kW equivalentes.
- Factor de utilización: 50% a 75%.
- Sondeos: un doblete produciendo 160 m^3/h de agua a 70º C.
- Número de apartamentos servidos: 3000.

CARGAS ANUALES: en $ por kW equivalente.

- Interés 10%: 24.19
- " 11%: 26.61
- Amortización 20 años - 2%: 4.54
- Costes de explotación: 1.75
- TOTAL cargas anuales: 10%: 30.78 US $/kW equivalente
  11%: 33.20 US $/kW equivalente

COSTES:		10^{-3} $/kW eq.	$/Gcal.
- Factor de utilización: 75%	interés 10%:	4,6	5,34
	interés 11%:	5,0	5,50
- Factor de utilización: 50%	interés 10%:	7,0	8,13
	interés 11%:	7,5	8,71

- Baja entalpía:

Esta modalidad de energía geotérmica, cuantitativamente más importante, - aunque quizás menos espectacular que la de alta ya comentada, se caracteriza también por su menor coste en relación con las otras fuentes convencionales.

A título de ejemplo, en la tabla 10 se enumeran algunos costes comparativos para diferentes utilizaciones de la baja entalpía. No obstante, quizás el dato más concluyente y significativo lo constituye el estudio adjunto (figus. 1,2 y 3) sobre calefacción doméstica en una zona como es Aquitania con clima y en consecuencia, horas de utilización, muy semejantes a las de España.

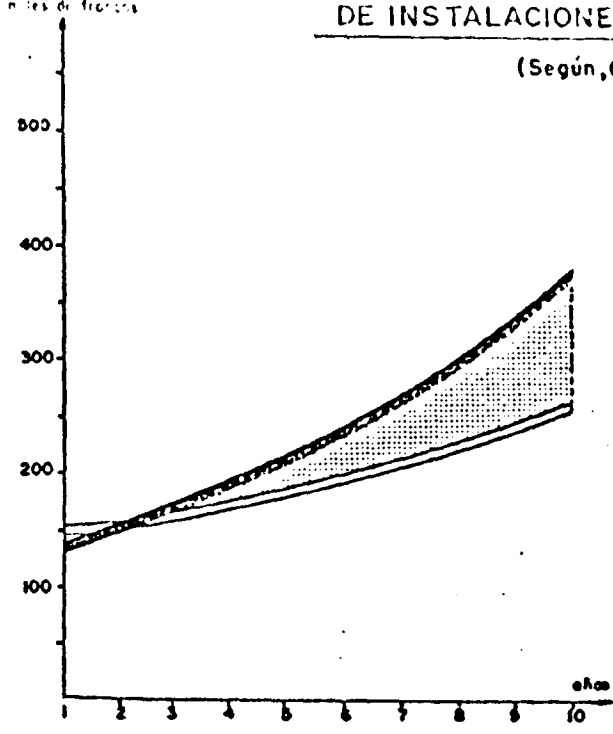
Adviértase que los casos 1 y 2 se refieren al empleo de agua a tan sólo 25º intercalando bomba de calor mediante un salto térmico de 10ºC. La economía lograda frente a la calefacción tradicional de fuel es evidente en ambos casos, aunque más importante si el edificio es nuevo y la instalación calefactora es la adecuada a esta nueva fuente energética (ejemplao 2).

En el caso de que el agua esté tan sólo a 45º y el salto térmico de utilización sea de 20ºC, el grado de economía es ya cuantioso desde el primer momento de su puesta en funcionamiento (caso 3).

Son ya numerosos los países de Europa que cuentan con un potencial energético basado en las posibilidades de la geotermia de la baja entalpía aplicada a usos domésticos, industriales o agrícolas, (Francia, Alemania, Italia, URSS, Hungría, Rumanía etc). En el apartado anterior, al referirnos a su utilización ya se han citado ejemplos y motivos que, junto al esencial de la economía , justifican el enorme impulso que está tomando esta nueva fuente energética sobre todas las demás de nueva concepción (solar, eólica y mareas). Con toda seguridad es de entre estas citadas la de mayor efectividad, la mejor estudiada y la de coste real, en estos momentos, más bajo. Lo demuestran los 6100 MW instalados, 5000 de los cuales han sido en los ultimos quince años, así como los ambiciosos programas de inversión que tienen planteados los países que, de alguna - manera, han roto ya las suspicacias sobre su rentabilidad al tener ejemplos prácticos en su propio suelo.

2.3.- EJEMPLOS DE UTILIZACION EN ALGUNOS PAISES

Para finalizar las consideraciones económicas incluimos los programas de - utilización de energía geotérmica de diversos paises que cubren una escala varia



Empleo de calefacción geotérmica mixta en un conjunto inmobiliario nuevo, de 200 apartamentos en BURDEOS.

Fig. 1

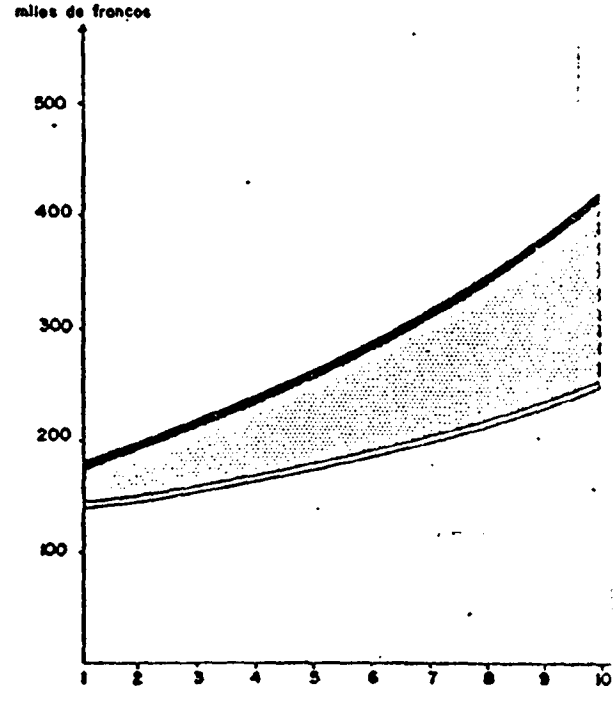
Temperatura del agua = 25° C

Δ t = 10° C

Caudal = 100 m³/h

Inversión = 530.000 Francos F.

Anualidad = 8,75 % sobre 10 años



Calefacción geotérmica mixta, por módulos en el suelo, de un conjunto inmobiliario nuevo, de 200 apartamentos en BURDEOS

Temperatura del agua = 25° C

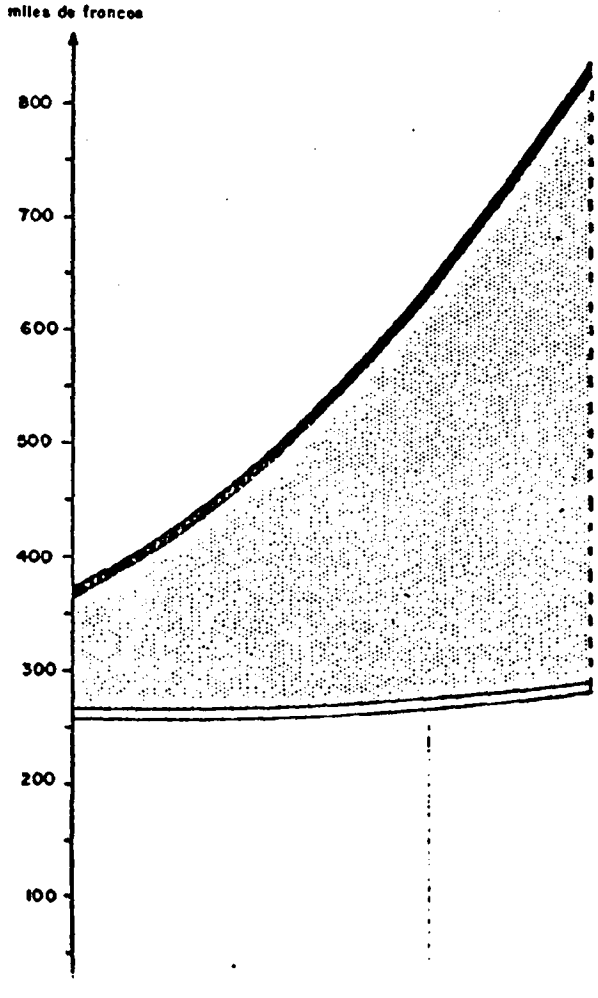
Δt = 10° C

Caudal = 100 m³/h

Inversión = 530.000 Francos F.

Anualidad = 8,75 % sobre 10 años

Fig. 2



Calefacción geotérmica por módulos instalados en el suelo de un co inmobiliario nuevo, de 400 apartamentos en BURDEOS

Fig. 3

Temperatura del agua = 45° C

Δt = 20° C

Caudal = 100 m³/h

Inversión = 1.600.000 Francos F.

Anualidad = 8,75 % sobre 10 años

LEYENDA

COSTE GLOBAL { FUEL / GEOTERMIA

ECONOMIA

da de problemáticas e inversiones. Igualmente son un aval notable de la importância y viabilidad del recurso energético que nos ocupa.

Francia:

Conocido es el caso de Melun, funcionando con un doblete geotérmico desde 1970, con agua artesiana de 71º, con un caudal de 100 m3./h, procedente de un acuífero de 1800 m, en una zona de gradiente geotérmico normal, ahorrando 3000 t/año de petroleo.

El caso de Francia es particularmente significativo por los logros conseguidos en la última década, optimizando la utilización de los pozos geotérmicos, maximizando el factor de carga y la cantidad de calor extraído de la fuente geotérmica.

La calefacción de varios distritos alrededor de Paris tiene importância en cuanto: primero, representa una demostración a gran escala del proceso de empleo del gradiente normal, y, segundo, prueba la viabilidad de la reinyección para evacuar el agua después de usada.

Hay actualmente cuatro instalaciones que suministran calor a 13.000 viviendas en la región de París. El sistema prototipo de Melun, 1970, se ha extendido a Villeneuve la Gerenne, Greil y Mée-sus Seine, en los dos últimos años. Se tiene un ahorro de 13 a 16% respecto al consumo de combustibles líquidos, Se tiene prevista una ampliación de las instalaciones para abastecer a - 25.000 viviendas y se espera llegar a 4-500.000 en todo el país.

Quizás el paso más importante ha sido analizar la demanda de calor de - los edificios en función del tiempo. Es posible suministrar el 80% de la carga de calor disponiendo solamente del 50% del pico de demanda. Instalando calderas adicionales de gasoleo, para satisfacer los picos, se puede reducir el el número de pozos necesarios y maximizar el factor de carga.

La instalación de Creil, 4000 viviendas, a 30 Km. al N. de Parias, aporta como novedad de interés el empleo de bombas de calor, de modo que el agua se evacua a 7º, doblándose la cantidad de calor obtenida, lo que permite pagar los gastos de la instalación y mantenimiento de las bombas.

El tercer punto de interés es la reinyección, solo en Creil se emplean - 200 m3/h de agua, lo que supone la eliminación diaria de 120 t. de sal. Con

el agua reinyectada en el almacén subterráneo se logra una mayor eficacia - de extracción de su calor, solo el 25% de éste está contenido en el agua.

Las dotaciones presupuestarias francesas, para contemplar un caso de un país semejante al nuestro, ha sido de 81,5 millones de FF en el período 1975-78 distribuidos del modo siguiente: 7MF en 1975; 16,5 MF en 1976; - 20,5 MF en 1977 y 37,5 MF en 1978.

Hungría:

En Hungría los sondeos a profundidades medias de 1.500 a 2.000 metros producen una potencia calorífica de 4 a 5 millones de Kilocalorias/h, aprovechando un salto de temperatura del orden de 20ºC.

La potencia de calefacción instalada y en 1969 representa alrededor de 150.000 KW. En la acutalidad, crece rápidamente, pues el precio de la caloría geotérmica después de amortizar las instalaciones, es de 2 a 3 veces - inferior al precio de la caloría obtenida mediante fuel o carbón; a pesar de que sólo se utiliza el 30 o 40% del rendimiento teórico del sondeo geotérmico.

Desde 1962 funciona en Szged una instalación piloto, con un sondeo que proporciona 1.400 lit/minuto de agua a 89ºC y que suministra calefacción a 1.000 apartamentos de 53 m2.

La temperatura de retorno del agua es del orden de 4ºC y se utiliza - para calefacción de invernaderos y para alimentación de piscinas.

Para aumentar el rendimiento de un sondeo geotérmico se emplean instalaciones auxiliares de calefacción clásica, fuel o gas. Así un segundo sondeo de tipo con 80 m3/h de agua a 90ºC, que daría calefacción a 1.200 apartamentos de 53 m2. (aparte instalaciones anexas de escuelas, edificios públicos, piscinas y agua caliente sanitaria), aumentaría su capacidad de suministro a 1.800 apartamentos con una instalación auxiliar del tipo referido.

El precio del calor, comprendidas las instalaciones es de 180 ptas - (150 forints) para 10^6Kcal. que costarían 660 ptas (550 forints) con un dispositivos de calefacción con carbón.

En 1.970 existían en Hungria 80 pozos geotérmicos con caudal total de - 6.800 m3/h. y una potencia calorífica de 390 x 10^6 Kcal/H.

Esta energía corresponde a una potencia electrica de 440.000 KW. El crecimiento es del orden de 20.000 KW por año.

Estados Unidos:

Tenían programas de investigación y desarrollo geotérmico, en 1978, los iguientes organísmos oficiales: Geological Survey, Bureau Of Reclamation, - Office of Saline Water, Bureau Of Mines, Bureau of Land Mangement, National Science Foundation, Atomic Energy Commission, Departament Of Defense, National Areonautics and Space Administration, y varias Organizaciones de la Administración a nivel de los diferentes estados de la Unión. La Industrial privada, sobre todo compañías petroleras, gasta decenas de millones de dólares en investigación y desarrollo, además de los gastos de permisos; pozos de producción y plantas de producción.

En 1977, entre otras compañías privadas (Unión, Aminoil, Republic, Shell, Phillips, Chevron, Mc Culloch y Magma) perforaron 120.000 m. en prospección geotérmica.

A titulo comparativo puede decirse que durante el mismo 1977 en España se perforaron 47.190 m. en sondeos petrolíferos con una inversión de 8.978 millones de pesetas.

El presupuesto de la ERDA (Energy Research and Development Administration) para este mismo año fué de 100 millones de dólares.

Evidentemente estas inversiones justifican el hecho de que posean la Central mas potente del mundo (The Geysers, Ca.) con 670 MWe instalados y 506 en previsión (semejante pues a las nucleares de segunda generación.

Otros paises:

- Italia cubre con energía geotérmica el 3% de su demanda energética nacional.

- El 90% de la población islandesa goza de calefacción geotérmica.

- Sin tener en cuenta ya países de clara tradicción geotérmica como USA, Italia; japón, Mexico o Nueva Zelanda con centrales de alta entalpía a pleno -

funcionamiento, o sin ir más lejos los socialistas de Europa central Checoslovaquia, HUngría, Rumanía, etc) y la propia Islandia con importantes aprovechamientos de baja entalpía, son muchos los países de escaso o medio potencial económico que se hallan avanzados en su empleo gracias la inversiones - estatales con participación de la UNESCO en algunos casos. Tales son los ejemplos de El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Filipinas, Turquía, Grecia, India, Chile, Indonesia, Portugal, etc.

3.- LA GEOTERMIA EN ESPAÑA

En España la investigación geotérmica comienza con visos de metología y continuidad por parte de la Administración sobre 1975 con el Inventario Nacional de Manifestaciones Geotérmicas. Con anterioridad habia sido el C.S.I.C. el que había llevado a cabo algunos estudios en la isla de Lanzarote. A partir de esta fecha, y hasta 1979, las inversiones han sido crecientes cifrándose en unos 300 millones de pesetas en el período de 1975-79 entre el IGME y el INI. De estos 300 millones, 180 se destinaron al sondeo geotérmico de Lanzarote, financiado el 42,5% por el IGME; 37,2% INi y 20,3% por el Centro de Estudios de la Energía, y los 120 restantes a investigación geoquímica y geofísisca aportados siempre por el Ministerio de Industrial (IGME-INI).

Evidentemente se está muy lejos de alcanzar las cotas de inversión de otros países El estado francés se gasta del orden de 20 ptas por habitante y año en la investigación y desarrollo de la energía geotérmica. La ERDA estadounidense, unas 35 ptas por hab/a, sin contar las decenas de millones de dólares anuales que invierte la industria privada, sobre todo petrolera. Siguiendo esta aproximada relación podríamos fijar un presupuesto en España del orden de 10 ptas/hab/año, es decir, 360 millones anuales con cargo a los presupuestos del Estado. En cuatro años no se ha llegado a cubrir, por consiguiente el orden de magnitud de la inversión anual referida.

A pesar de la escasez de presupuesto se han llevado a cabo importantes y completos estudios de reconocimiento en Canarias, depresiones Béticas y Cataluña con alentadoras perspectivas de éxito. Después de las investigaciones realizadas en las tres zonas referidas existen cálculos de temperaturas del orden de 125º a 200ºC que pueden constituir interesantes yacimientos.

Aparte de estas zonas referidas, existen otras no investigadas todavía como son el campo volcánico de Ciudad Real, la zona galaico-asturiana-leonesa, etc. que permanecen practicamente desconocidas.

Por otra parte, la gran extensión de cuencas sedimentarias con potenciales acuíferos preterciarios existentes en nuestro país permite afirmar, conocidos los flujos caloríferos, que existen notables posibilidades de extensos acuíferos de baja entalpía con temperaturas comprendidas entre los 50º y 100º a profundidades economicamente alcanzables mediante sondeos. Todas las realizaciones francesas y de la Europa central son de este tipo.

4.- LA GEOTERMIA EN CATALUNYA

4.1.- PLANTEAMIENTO GEOTERMICO GENERAL

Al final del presente informe se adjuntan algunas publicaciones referentes a la geotérmia en Catalunya durante el periódo 1975-79 que contemplan aspectos diferentesde los trabajos realizados por el IGME pero sirven para centrar el problema.

En las dos últimas publicaciones en las que se compara la estructura cortical con el flujo calorífico y se enmarca en el contexto europeo, se advierte un punto a tener en cuenta: En Europa se localizan dos máximos de flujo, uno en Islandia y otro en un circulo que con centro aproximado en Cerdeña engloba la parte italiana con vulcanismo cuaternario y campos geotérmicos asociados y, practicamente toda Catalunya.

Como se expone en la última publicación (todavía en prensa) esta posibilidad se dedujo a partir de un modelo matemático que, con posterioridad y en base al cálculo de todos los logs petrolíferos debidamente corregidos, ha resultado cierta e incluso ampliada, pues en Catalunya se llega hasta los 100-110 mWm^{-2}, cuando los previstos en el módelo teórico eran del orden de 80-90 mWm^{2}.

Todas las investigaciones realizadas en Catalunya; perfiles sísmicos profundos hasta el manto, estudios micro y microsísmicos de terremotos, medidas de flujos caloríficos, geología, etc. conducen a pensar en la posibilidad de un borde de placa en las costas catalanas semejante al establecido para las costas tirrenas con sus campos geotérmicos asociados.

En el mapa 1 se reseñan todas las manifestaciones geotérmicas de Catalunya con sus temperaturas de salida y lo que es mas importante, la temperatura a la que se encuentra el posible almacén en profundidad, calculada a partir del estudio termodinámico de la última reación agua-roca almacén. Se expresa tambien la

evolución de las isotermas en la depresión del Ebro y la naturaleza del basamento preteciario de cara a yacimientos de baja entalpía.

La investigación estatal partió de los resultados de la tesis doctoral del que suscribe (1975). De las zonas reseñadas como potencialmente interesantes, el Pirineo se halla al mismo nivel de conocimientos pués, después de esta fecha, no se ha llevado a cabo ningún estudio posterior. A continuación se adjunta su resumen.

1.- VALLE DE ARAN

- Temperatura estimada: 90º-110ºC

- Zonas a investigar: Contactos del macizo granítico con las calizas devónicas y cambro-ordovícicas (acuíferos potenciales) Especial atención a las fracturas periféricas del macizo.

- Valores aproximados de permeabilidad: Sin datos

Calidad del agua termal: Excelente si se elimina la sílice (70-200 p.p.m.)

Residuo seco: 100 - 300 p.p.m.

Dureza total: 8 - 12 p.p.m. de CO_3Ca (0,8 - 1,2 ºF)

pH: 8,5

- Posibles usos: Calefacción a los importantes núcleos turísticos invernales del Valle de Arán y servicios complementarios (piscinas climatizadas, etc).

2.- ESPOT

- Temperatura estimada: 119ºC

- Zona a investigar: Borde oriental del macizo granítico de la Maladeta en contacto con el sinclinal de Llavorsí. El núcleo aflorante del sinclinal está integrado por esquistos carboníferos. Posibilidad, por tanto, de que las calizas devónicas o cambro--rdovícicas infrayacentes constituyan acuífero termal.

- Valores aproximados de permeabilidad: Sin datos

- Calidad del agua termal: Excelente si se elimina la sílice (156 p.p.m.)

  Residuo seco: 105 p.p.m.

  Dureza total: 10 p.p.m. de CO_3Ca (0, 1 ºF).

- Posibles usos : Calefacción a la estación invernal de Spot - Super Spot y servicios complementarios.

3.- ANDORRA

- Temperatura estimada: 100º

- Zona a investigar: Contacto del macizo granítico de Engolasters con las calizas devónicas en la zona de Les Escaldes - Andorra la Vella.

- Valores aproximados de permeabilidad: Sin datos

- Calidad del agua termal: Excelente si se elimina la sílice (78 - 130 p.p.m.)

  Residuo seco: 160 - 190 p.p.m.

  Dureza total: 8 - 10 p.p.m.

  pH: 8,5

- Posibles usos: Calefacción a las localidades de Les Escaldes y Andorra la Vella. Instalaciones Hoteleras complementarias. Invernaderos.

4.- DEPRESIONES TERCIARIAS PIRENAICAS

Aunque las depresiones del Urgellet y la Cerdanya no presentan manifestaciones termales, puede resultar de interés su estudio geotérmico. El corredor del Baridá que se extiende entre ambos es rico en manantiales termales, asi como la fractura NW que limita la fosa de Cerdanya, ya en parte francesa, con los materiales cristalinos de la zona axial.

Se trata de fosas asimétricas con relleno predominantemente pliocénico de naturaleza fina que condiciona bajos valores de permeabilidad. La investigación debería dirigirse hacia las fracturas que constituyen sus límites como vías de circulación preferente.

La temperatura estimada en el Baridá es de 80º-86º C y el agua posee características cualitativas semejantes a las descritas hasta ahora.

La posible utilidad estribaría en calefacción urbana a Seo de Urgell y/o Puigcerdá en función del cuál fuera la fosa productiva, así como a invernaderos o a las instalaciones ganaderas de vacuno existentes en esta zona pirenaica.

5.- RIBES DE FRESER

Dudosa utilidad por su baja temperatura (24ºC en superficie y 35º como - temperatura estimada) aunque con caudal de emisión importante (~1800 l/m) relacionado con calizas gerummenses.

4.2.- ZONAS EN ESTUDIO E INVERSIONES REALIZADAS

De las zonas reseñadas como potencialmente interesantes en base al estudio geoquímico de las manifestaciones (mapa 2), el IGME declaró reserva geotérmica del Estado en 1976 (BOE 7-2-77) una porción del Vallés que incluye las manifestaciones de Caldes y La Garriga comprendida entre:

Vértice	Longitud (E)	Latitud N)
1	5º 50' 00"	41º 42' 00"
2	6º 03' 00"	41º 42, 00"
3	6º 03' 00"	41º 38' 00"
4	5º 56' 00"	41º 38' 20"
5	5º 56' 00"	41º 36' 20"
6	5º 46' 00"	41º 36' 20"
7	5º 46' 00"	41º 40' 00"
8	5º 50' 00"	41º 40' 00"

reserva que se renovó por orden 4199 (BOE 10-2-79) con el fin de proseguir las investigaciones.

Posteriormente con fecha 1-12-77 el BOE (resolución 28828) declaraba también reserva geotérmica provisional del Estado una gran parte de la provincia de Girona (permiso Olot) que comprende las zonas de Olot-Selva-Ampurdán delimitadas por:

Vértice	Longitud (E)	Latitud (N)
1	5º 55'	42º 20'
2	6º 55'	42º 20'
3	6º 55'	41º 45'
4	5º 55'	41º 45'

Independientemente a todo lo referido, en 1974 un zahoní implantó frente a Mina Berta (St. Cugat) un pozo de riego en el cuaternario de la Riera de Rubí por encargo de FACOVESA. El pozo comenzó sobre aluvial colgado respecto al rio, no encontrando logicamente agua, atravesó 164 m. de arcillas rojas burdigalienses y a esta profundidad intersectó el plano de falla que delimita la fosa del Vallés por el este. Nada más penetrar en cristalino comenzó a surgir agua termal a 50ºC con la consiguiente desesperación de FACOVESA. El zahoní implantó un nuevo pozo a pocas decenas de metros del primero, con la esperanza de obtener agua fria, pero evidentemente, volvió a aparecer agua termal. Los pozos se abandonaron.

Dos años después, con las reservas estatales del IGME en Catalunya y determinadas noticias en los periódicos sobre las prospecciones, SIPSA (Sociedad de INvestigaciones Petrolíferas, S.A.), pretendió comprar los pozos y el terreno a FACOVESA. Se estableció una opción de compra por investigar 6 meses y, en caso de resultados interesantes para SIPSA, esta compraría los derechos de los pozos a FACOVESA la cual, inesperadamente, habia encontrado salida a unos terrenos que daba por económicamente improductivos.

Durante este periódo de tiempo, SIPSA llevó a cabo una prospección eléctrica y un ensayo de bombeo escalonado de 72 horas de duración con resultados bastante prometedores a pesar de la baja eficiencia de los pozos por pésima construcción y grandes perdidas de carga.

Al finalizar los sèis meses de opción de compra y después de haber llevado a cabo estas investigaciones, SIPSA no dispuso de dinero para comprar los pozos y el terreno a FACOVESA.

A partir de este momento, esta última sociedad ha procurado ofertar los - pozos al mejor postor.

En 1978, y en base a los alentadores resultados obtenidos en la pequeña - reserva estatal del Vallés, ENHER (Empresa Nacional Hidreléctrica del Ribagorzana) , de acuerdo con el INI (de quien depende) y con el IGME, reserva el resto de la fosa del Vallés y prácticamente toda la del Penedés, a la vez que el Valle de Arán y zona del Urgellet-Baridá-Cerdanya.

En la actualidad, FACOVESA ha ofrecido una opción de compra a ENHER de - sus pozos de St. Cugat y el correspondiente perímetro de protección.

En el mapa 2 se ha reseñado todos los permisos de exploración actuales. - Los límites geográficos son aproximados.

A continuación se exponen los trabajos e inversiones realizados:

VALLES (Reserva IGME: periodo 1976-1979)

- Cartografía 1:10.000 de la reserva estatal
- Prospección hidroquímica (100 análisis). Cálculos geotermométricos.
- Análisis de oxigeno-18, deuterio y tritio. Determinación zonas recarga y tiempo de tránsito.
- Prospección eléctrica hasta AB = 2000 m (1 SEV/Km^2)
- Estudio mediante potencial espontáneo (1 lectura cada 0,5 Km2)
- Gravimetría de la fosa (1 lectura cada 0,5 Km2)
- Reinterpretación de cuatro perfiles sísmicos petroleros existentes (APEX-CAMPSA)
- 60 sondeos termométricos (40 y 100 m de profundidad) para medir grandientes geotérmicos y calcular flujos caloríficos (1 sondeo/Km2)
- Estudio magnetotelúrico y audiomagnetotelúrico (1 lectura/Km2)
- Estudio mediante dipolos eléctricos.
- Análisis de gases disueltos en el agua
- Estudio macro y microsísmico de la fosa. Actividad de las fallas.

Empresa ejecutora del proyecto: C.G.S.

Inversión total: (1976-1979) = 28 millones de pesetas.

En la tabla adjunta se resumen los principales resultados obtenidos. Se acompaña también otra tabla comparativa de la excelente calidad de los fluídos del Vallés respecto a los empleados, por ejemplo, en Paris para calefacción de apartamentos con rentabilidad. Las anomalías detectadas lo han sido por métodos eléctricos (SEV, dipolos, magnetotelúrica), químicos y termométricos presentando excelente coincidencia.

VALLES (Reserva ENHER: período 1979-80)

Una vez adjudicada a ENHER la reserva geotérmica del resto del Vallés en 1978, se ha propuesto llegar al mismo estado de conocimiento que se tiene de la reserva estatal con idéntica metodología de trabajo a la empleada por el IGME.

A principios de 1979 comenzó la campaña de geoquímica tratando un orden de magnitud de 800 muestras (1 por Km^2) y adjudicado el estudio hidroquímico a dos empresas: desde el eje simetría longitudinal de la fosa hasta la falla occidental: GGS, y la mitad oriental: ADARO.

Cada empresa interpretó su mitad intercambiando después los datos con el fin de efectuar una interpretación hidroquímica total y por separado.

ADARO ha llevado a cabo, finalizándose en diciembre de 1979, el estudio eléctrico de toda la fosa con un total de 119 SEV de hasta AB = 6.300 m.

C.G.S. va a comenzar para EHNER en Febrero de 1980 una malla termométrica de 90 sondeos de 40 y 100 m con el fin de establecer el mapa de temperatura, gradientes y flujos caloríficos de toda la fosa.

Si los resultados van siendo positivos, parece ser que las futuras inversiones en el Vallés puedan ser conjuntas IGME-ENHER mientras se trate de investigación. Por supuesto será ENHER la que se encargue de la explotación si surge algo interesante, pués la misión del IGME es la investigación básica a escala nacional.

La financiación de la investigación de ENHER está apoyada por el INI al tratarse de una Empresa Nacional. El coste total de las investigaciones en curso: hidroquímica, geofísica y sondeo termométricos se cifra en unos 50 millones de pesetas que habrán sido invertidas en año y medio, pués la campaña de sondeos termométricos podrá finalizar en junio o julio de 1980.

VALLES: RESUMEN GEOTERMICO DE LA ZONA ESTUDIADA.

	CALDES	LA GARRIGA-SAMALUS
Temperatura manifestación (°C)	70°	60°
Temperatura almacén (°C)	125°	100°
Porosidad estimada almacén (%)	5	9
pH	7,9	8,5
Residuo seco (p.p.m)	1596	546
Dureza (p.p.m. $CaCo_3$)	68	26
Anomalía de temperatura (Km^2)	3	>4
Anomalía de gradiente (Km^2)	7	>9
Anomalía de flujo (Km^2)	5	>5
Gradientes (°C/10 m)		
e^{γ}	0,3	
$e^{\gamma+\sigma}$	0,8	
$e^{\gamma+2\sigma}$	1,9	
Flujos caloríficos (HFU)		
$\bar{x}$	2,7	
$\bar{x}+\sigma$	4,6	
$\bar{x}+2\sigma$	6,5	
Zona de recarga (isótopos)	Montseny	Montseny
Tiempo de residencia (isótopos)	50 años	30 años

CUADRO COMPARATIVO DE LAS CALIDADES QUIMICAS DE LAS AGUAS TERMALES.

	CALDES MONTBUI	LA GARRIGA	MELUN (FRANCIA)
pH a 18ºC	7,9	8,5	6,4
Temperatura	71º (previstos 110º-120ºC)	60º (previstos 100ºC)	70º
Residuo seco (p.p.m)	1.596	546	14.000
Dureza (p.p.m. CO_3Ca)	68	26	2.000
ClNa (p.p.m)	911	123	10.000
$SO_4^{=}$ (p.p.m)	27	28	700
Observaciones	Ausencia de SH_2 y de bacterias asociadas		SH_2 y bacterias sulforreductoras corrosivas

SELVA (Reserva IGME: trabajos en 1979)

Empresa ejecutora del proyecto: C.G.S.

Trabajos realizados

- Cartografía 1: 50.000
- Estudio hidrogeológico de la fosa
- Prospección eléctrica (200 SEV hasta rocas basamento)
- Potencial espontáneo
- Estudio hidroquímico (110 puntos de agua)
- Estudio isotópico mediante H^2 -H^3 y 0-18
- Análisis de gases de las aguas termales

Inversión: 6 millones de pesetas

RESULTADOS

- Determinación de la estructura del basamento y su profundidad.
- Conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de la fosa.
- Determinación de los flujos termales ascendentes por geofísica y geoquímica.
- Cuantificación de la temperaturas de almacén: Caldes de Malavella 120ºC y Sta. Coloma de Farners: 90ºC.
- Cálculo de las porosidades de los potenciales almacenes.

En fase de elaboración. Finalizado en enero de 1980.

Empresa ejecutora del proyecto: C.G.S.

OLOT Reserva IGME: trabajos en 1978)

Al contrario que en el Vallés y la Selva, en Olot no existe ninguna manifestación geotérmica que indique un potencial yacimiento en profundidad. No obstante el esque geológico es ideal para su existencia: fosa distensiva terciaria con notable actividad sísmica actual, basamento cristalino a 2000-25000 m. de profundidad, 300 m. de calizas eocenas sobre el cristalino que pueden constituir el potencial almacén y sobre ellas, unos 200 m. de impermeable con-

tinental y marino que puede sellar perfectamente el almacén impidiendo toda fuga.

A todo esto hay que añadirle un vulcanismo cuaternario que, según los cálculos actuales, se halla activo.

Empresa ejecutora del proyecto: C.G.S.

Trabajos realizados

- Cartografía 1:50.000

  Vuelo en infrarrojo térmico nocturno sobre la fosa
- Estudio hidroquímico e isotópico con el fin de delimitar posibles anomalías térmicas no conocidas.
- Perfiles sísmicos profundos, aprovechando el Proyecto Geodinámico Internacional para determinar la estructura cortical e interpretar el vulcanismo.

Empresa ejecutora del Proyecto: C.G.S.

Presupuesto: 3 millones de pesetas

Resultados obtenidos

- Hallazgo de una manifestación geotérmica, la primera conocida en la intersección de la falla occidental con el afloramiento meridional del basamento (19ºC)
- Cuantificación mediante isótopos de la misma mezcla con 85% de agua meteórica fria.
- Detección de anomalías químicas coincidentes a grandes rasgos con la de flujo calorífico obtenidas por infrarrojo térmico. El núcleo volcánico central (Sta. Margarita, etc.) es la zona más caliente.

Advierftase , pues, que de los 120 millones destinados a España para prospección geotérmica básica (no se tiene en cuenta el sondeo profundo de Lanzarote) en el período 1976-79, 87 se han destinado a Cataluña, lo que representa un - 72% de la inversión total.

Evidentemente la zona más avanzada en cuanto a prospección es el Vallés,

hasta el punto de que sólo queda ya pasar a sondeos de reconocimiento. En la Selva y Olot debe continuar durante uno o dos años más la investigación básica (geofísica fundamentalmente) antes de considerar la ejecución de sondeos de reconocimiento.

EL AGUA EN CATALUNYA

E. CUSTODIO Y A. GALOFRE

(Comisaria Aguas del Pirineo Oriental)

I N D I C E

1.- Necesidades humanas de agua

2.- Las aguas superficiales en Cataluña

3.- Trabajos hidrológicos superficiales en Cataluña

4.- Gestión de las aguas superficiales

5.- Las aguas subterráneas en Cataluña

5.1.- Clasificación de las tierras catalanas según su potencial hidráulico

5.1.1.- Depresión del Ebro

5.1.2.- Acuíferos calcáreos del Pirineo y Prepirineo

5.1.3.- Acuíferos calcáreos mediterráneos

5.1.4.- Acuíferos detríticos terciarios

5.1.5.- Acuíferos detríticos cuaternarios (aluviales)

6.- Trabajos geohidrológicos realizados en Cataluña

7.- Utilidad de los embalses subterráneos

8.- Gestión de los embalses subterráneos

9.- Actividades posibles

9.1.- En el plano de gestión

9.2.- En el plano de estudios

9.3.- En el plano de trabajos concretos

9.4.- En el plano educacional

9.5.- En el plano de divulgación

9.6.- En el plano jurídico-administrativo

9.7.- En el plano de la administración de las aguas

9.8.- En el plano de colaboración y coordinación entre organismos

Nota : Los autores son especialistas en hidrologia subterránea, y por lo tanto, en el presente trabajo, existe cierta desviación hacia las aguas subterráneas, las cuales, por otro lado, tienen un papel en Cataluña más importante que en muchas otras áreas de España.

1.- Necesidades humanas del agua -

Todas las actividades humanas se han desarrollado en torno del agua y esa será la tónica del futuro. El agua, la energia y el suelo son requisitos indispensables para que una sociedad pueda satisfacer sus necesidades, y aunque con energia es posible resolver muchos problemas, su disponibilidad se presenta asociada a la de agua, sea cual sea la fuente energética empleada.

Los problemas energéticos actuales que agobian a muchos paises y dan motivo para llevar toneladas de papel con noticias, estudios, augurios, cálculos, recomendaciones . . ., pueden bien ser pronto substituidos por los del agua, a menos que desde ahora se tomen las medidas necesarias para asegurar una disponibilidad suficiente, una calidad apropiada y un uso racional de la misma.

La riqueza de Cataluña está en buena parte asociada al agua. los grandes asentamientos humanos están junto a ríos, zonas deltaicas y áreas costeras, donde existe o ha existido una disponibilidad de agua, superficial o subterránea, facil y abundante, que ha permitido el desarrollo de una agricultura de regadio y de una industria de gran tradición.

La situación actual presenta numerosos problemas, que en buena parte se asocian a la escasez de recursos de agua por un desarrollo excesivo de las extracciones y por una competencia no equilibrada entre agricultura e industria.

Es urgente una planificación realista del territorio que considere como un elemento esencial al agua, superficial y subterránea, en cantidad, calidad y eficiencia de uso. De otro modo no será posible, no sólo el desarrollo, sino incluso el mantenimiento del actual nivel social.

2.- Las aguas superficiales en Cataluña -

En cuanto a las aguas superficiales en Cataluña existe una marcada diferencia entre el Pirineo Oriental y el resto de España.

En el Pirineo Oriental no existen rios importantes y es donde se asienta la mayor parte de la población de la industria y del turismo, y una parte importante de los regadios. Sólo los rios Llobregat y Ter tienen una con-

tribución nival y son los mayores, con una aportación muy irregular, cuya media se sitúa en el entorno de 600 hm3/año. Los otros son menores, y presentan aun mayor irregularidad. Sólo los rios Muga, Fluviá, Ter, Tordera, Besós, Llobregat y Francolí, y en cierto modo el Gaiá, son permanentes naturalmente. Sobre todos ellos existe un notable grado de aprovechamiento de los recursos de aguas naturales, que ya es antiguo, con una tradicional utilización de la energia hidráulica para usos industriales.

En la situación actual los rios Francolí y Besós están sobreexplotados,el Llobregat y el Tordera estan intensamente explotados, también está notablemente explotado el Ter y solo el Anoia y el Fluviá aun tienen algunos recursos infrautilizados. En varios de esos rios las concesiones consumitivas en vigor sobrepasan ampliamente el caudal medio del rio.

El rio Ter tiene una buena regulación con embalses, y el rio Llobregat está parcialmente regulado. El pequeño rio Gaiá posee un hiperembalse, excesivo para los reducidos recursos de su cuenca.

Otras numerosas subcuencas son realmente torrentes que solo corren durante y hasta poco después de tormentas en las que la intensidad rebasa su determinado valor umbral, que en el caso del Baix Camp de Tarragona puede ser de 30mm/ 24 horas, e incluso de 60 mm/24 horas sobre la Serra de Llaveria y Macizo de Vandellós.

En el momento actual se transvasan 8 m3/s del rio Ter hacia la provincia de Barcelona, de los que 1,5 m3/s se destinan al área metropolitana de Barcelona. Barcelona y su entorno se abastecen de esa agua, más 5,5 m3/s de agua tomada del Llobregat, cuando hay suficiente agua y su calidad admite depuración, quedando las numerosas captaciones de agua subterránea para reserva de emergencia, si bien esa posibilidad de abastecimiento de seguridad es cada vez menor a causa de un uso abusivo del acuífero aluvial del Baix Llobregat. Con el embalse de La Baells (en Berga) se dispone de 6 m3/s más, que aun no estan totalmente utilizados a causa de un frenado en el crecimiento de la demanda. De cara al futuro es posible disponer de 3 a 4 m3/s regulados más si se constrye el embalse de Sorba y algún otro menor. Todo ello, junto con la posible reutilización de las aguas residuales de Barcelona, permite ver con optimismo el abastecimiento en cantidad hasta el año 2000, aunque subsisten graves problemas de calidad

por vertidos urbanos, industriales y mineros. El vertido de salmueras por la industria potásica es uno de los mayores problemas planteados. Otro pequeño transvase se realiza para el servicio de la subcuenca del riu de Canyes y de Reus desde el rio Ciurana, ya de la cuenca del Ebro, el cual a su vez va a recibir agua del rio Montsant.

En la parte de Cataluña exterior al Pirineo Oriental es donde estan los rios más importantes, incluso a nivel nacional. La utilización de esos rios -Segre, Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorzana, y finalmente el Ebro - es para usos agrícolas (canal de l'Urgell y canales del Baix Ebre) y en gran manera hidroeléctricos. Existen importantes sobrantes que se vierten al mar. Parte de esos sobrantes pueden solucionar y deben solucionar con urgencia el problema del Campo de Tarragona, bien sea con una importación de agua desde Amposta-Tortosa (solución baja) o desde el canal de l'Urgell (toma fuera de la época de riego) entrando por las cabeceras de los rios Francolí o Gaiá.

Esa parte exterior del Pirineo Oriental es la que reune mejores condiciones para un desarrollo agrícola, si bien existen algunos problemas de clima y suelo, asi como para el establecimiento y traslado de industrias intensivas en agua.

Aunque existen numerosos embalses de regulación en esos rios, son con fines hidroeléctricos, y no existe una optimización para usos múltiples. Aún es posible aumentar la regulación mediante nuevos embalses.

La construcción de embalses requiere ciertas medidas adicionales para corregir efectos negativos,en especial en las zonas bajas. Así, la decantación de limos en los embalses del Ebro priva a las áreas regadas del delta de los nutrientes asociados a esos limos y del revestimiento natural impermeable de los canales no revestidos. Actualmente la erosión de los canales sin revestir es grande, con frecuentes averias y rupturas, fugas a través de los diques de contención y falta de agua en zonas terminales.

3.- Trabajos hidrológicos superficiales realizados en Cataluña -

Los trabajos hidrológicos de aguas superficiales realizados en Cataluña son numerosos y existe una suficiente base de información a nivel general que se puede encontrar:

a) En cuanto al Pirineo Oriental, Estudio de los Recursos Hidraúlicos Totales del Pirineo Oriental, realizado por la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental y el Servicio Geológico de Obras Públicas. Es un estudio global de aguas superficiales y aguas subterráneas, que además incluye un plan hidrológico y un estudio de un posible trasvase de aguas del Ebro.

b) En el área del Pirineo Oriental, proyectos y estudios de embalses y regadíos realizados por la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental, a diferentes niveles, pero que cubre todas las subcuencas.

c) Estudios de máximas crecidas y avenidas en varias cuencas del Pirineo Oriental, realizados por la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental.

d) Estudios de regulación de las áreas catalanas exteriores al Pirineo Oriental, realizados por:

-Comisaria de Aguas del Ebro
-Confederación Hidrográfica del Ebro
-Empresas hidroeléctricas catalanas (fecsa, Enher,Hecsa y Hidroeléctrica del Segre)

e) Estudios de regadío en áreas catalanas exteriores al Pirineo Oriental, con aguas superficiales realizados por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

f) Estudios generales realizados por el Centro de Estudios Hidrográficos,principalmente en cuanto a elaboración de datos hidrológicos y estudios de regadio. Es de destacar el Estudio Integral del Ebro.

g) Estudios locales o de áreas concretas realizados por la Diputación Provincial de Tarragona (existe un reciente estudio sobre el Baix Ebre y el posible transvase).

4.- Gestión de las aguas superficiales -

Al ser públicas las aguas superficiales, la gestión recae sobre las Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental (administración, concesiones, autorizaciones) y la Confederación Hidrográfica (planes,regadios,regulación, obras del Estado).

En el Pirineo Oriental existe una red de estaciones de aforos que en los últimos años se ha mejorado notablemente y cubre responsablemente la mayor parte de las subcuencas. En la cuenca del Ebro, en la parte catalana, la densidad de controles es menor por su gran extensión, aunque en principio es suficiente,aunque muchas de las estaciones conservan su finalidad hidroeléctrica inicial.

Además de la red de estaciones de aforo, existe una red de control de calidad de las aguas superficiales, con muestreo mensual y casi 10 años de datos. Esta red, cuyos datos sólo estan parcialmente elaborados, es suficiente, en primera aproximación, en especial en el Pirineo Oriental.

Tambien se opera una red pluviométrica, además de la del Servicio Meteorológico, dotada de pluviógrafos para determinar la intensidad de lluvia además de la precipitación total. En subcuencas se calculan y trazan mapas de aportaciones y de escorrentia.

Existe además un servicio de vigilancia de avenidas con base en abservaciones de la guarderia fluvial, y con apoyo en señales de intensidad de lluvia a partir de automatismos en los pluviógrafos.

La Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental y la Comisaria de Aguas del Ebro tienen una guarderia fluvial, y aunque disponen de escaso personal, su actuación es muy eficaz en cuanto al conocimiento de los rios, control de concesiones y autorizaciones y vigilancia de vertidos.

Por el momento ninguno de los dos organismos dispone de modelos de gestión, si bien la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental ha utilizado uno para la gestión del Llobregat.

5.- Clasificación de las tierras catalanas según su potencialidad hidráulica -

Cataluña posee una notable diversidad de formaciones geológicas que proporcionan importantes caudales de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano, doméstico e industrial, llegando en ocasiones a constituir piezas clave para el suministro a las comunidades, instalaciones industriales cercanas, o explotaciones agrícolas.

La distribución espacial de estos acuíferos o embalses subterráneos se ha representado, de forma muy esquemática, en el mapa adjunto, en el que se han incluido además, en la leyenda, algunas anotaciones de tipo cualitativo sobre los mismos.

5.1.1.- Depresión del Ebro -

En el mapa, se aprecia rapidamente la existencia de una gran área situada en el centro de Ctaluña en el que no existen acuíferos importantes: Se trata de toda la zona correspondiente a la denominada Depresión o Valle de Ebro,aunque en su parte más oriental corresponda hidrográficamente a la cuenca del Pirineo Oriental.

En efecto,se trata de una formación terciaria, de caracter continental y / o marino, en la que la predominancia de un tipo u otro de formaciones rocosas depende de la situación del lugar que se considere con respecto a la paleogeografia de la zona. Así, se tienen series estratigráficas muy potentes - de hasta 2000 y 3000 metros de espesor, e incluso superiores a estos valores - de areniscas, arcillas, margas, conglomerados, calizas, evaporitas, en regimen de alternancia y con frecuentes cambios de facies.

En toda esta área es característica la existencia de una serie de ondulaciones o pliegues, -anticlinales y sinclinales -, formados durante la orogenia alpina que, en algunos casos, permiten el afloramiento, en el núcleo de los anticlinales, de una masa evaporítica o salina.

De acuerdo con las características anteriores y de acuerdo asimismo con la compacidad y porosidad de aquellas series geológicas, no cabe esperar, en todo su espesor, la existencia de importantes formaciones acuíferas, ni siquiera poco importantes, ya que no existen porosidad ni permeabilidad suficientes para ello. De esta forma, la demanda de agua existente en toda ésta área debe nutrirse de los recursos hídricos superficiales de la misma, demanda que, por otro lado, no es muy elevada, dado que no existe una gran concentración industrial y la población es de caracter rural en un porcentaje significativo.

Solamente en algunos casos, de caracter eminentemente puntual o muy local, existen algunas posibilidades de captar aguas subterráneas en forma de pequeños

caudales, de hasta 2-3 litros/seg, debido a la existencia de algunos niveles detríticos (areniscas, conglomerados) o químicos (calizas), que han sufrido una fracturación o diaclasación originando una debil permeabilidad, de caracter secundario, por lo general. En estos casos, estos caudales pueden solucionar algunos pequeños problemas de abastecimiento, pero siempre de caracter local. Además,dado el pequeño volumen de regulación de los mismos, se ocasionan problemas de descenso continuado de niveles piezométricos - y por lo tanto, de caudales - con lo que el mantenimiento o seguridad de los abastecimientos en estas condiciones es muy precario.

Como una prueba de las desfavorables condiciones para la constitución de acuíferos en toda la depresión del Ebro, debe considerarse el hecho de que en los tres sondeos denominados MOP-1,MOP-2 y MOP-3, realizados hace algunos años y destinados a estudiar las posibilidades de una inyección profunda de los residuos salinos procedentes de las minas de potasa de Catalunya, en ninguno de ellos aparecieron niveles ni siquiera ligeramente permeables (dentro de las formaciones terciarias), a pesar de reconocerse un espesor total de 3.455 metros.

5.1.2.- Acuíferos calcáreos del Pirineo y Pre-pirineo -

En el área septentrional de Cataluña, concretamente en las zonas del Prepirineo y sierras exteriores al mismo (éstas últimas ya en la provincia de Lérida), existen una serie de acuíferos en rocas carbonatadas, de edad devónica,jurásica-cretácica y paleocena-eocena, que gracias a un proceso de carstificación y / o tectonización han adquirido una notable porosidad y permeabilidad secundarias, originando extensos acuíferos, a veces con una gran complicación tectónica. Tales son, por ejemplo, los macizos cársticos de las sierras del Cadí, Vallcebre,Verd, d'Ensija, del Boumort, del Montsec, etc., en las que, dadas sus condiciones socioeconómicas y geográficas (zonas de alta montaña, con muy poca densidad de población y escasas vias de comunicación), la demanda de agua en las mismas es muy reducida, surtiéndose, en la gran mayoria de casos, de las aguas superficiales.

Ello lleva consigo el que los mencionados acuíferos o formaciones permeables estén casi permanentemente llenos o saturados, desagüendo por los lugares donde la topografia corta a los distintos niveles acuíferos, produciéndose, en estos casos, sendos manantiales o surgencias(que suelen dar origen a ríos importantes y permanentes), cuya importancia se debe siempre al equilibrio entre la recarga(ge-

neralmente por las precipitaciones directas -lluvia y/o nieve- caidas sobre los afloramientos calcáreos) y la descarga, bajo la forma de los manantiales citados. Cabe asignar a este origen fuentes tan conocidas como de Les Fonts del Llobregat, Les Fonts del Bastareny, Les Fonts del Cardoner, Les Fonts del Aigua de Valls, dentro de la cuenca del Pirineo Oriental, y las de la Vansa, Fou de Bor y otras menos conocidas en la cuenca del Segre, cuyas aguas se dirigen, en último lugar, hacia el Ebro, a través de los cursos de agua a que dan lugar.

En conjunto, puede aceptarse la cifra de unos 400$\pm$ 100 hm3 como capacidad de embalse total de todos estos acuíferos (datos de Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental, 1971, e Instituto Geológico y Minero de España, 1971) que debe considerarse como mínima, es decir, hasta la cota de cada surgencia o aliviadero de cada unidad hidrogeológica, es decir sin contar las reservas situadas por debajo de aquella.

Sin embargo, es preciso recordar que, en determinados casos y bajo ciertas condiciones, no es descabellado pensar en llegar a explotar temporalmente estos acuíferos por debajo del nivel topográfico de las surgencias, - es decir, utilizar los recursos más una parte de las reservas - si en la siguiente época de recarga puede esperarse que el acuífero recupere su nivel piezométrico. En estos casos, la capacidad de regulación podria aumentar considerablemente y se obtendria un mejor aprovechamiento del acuífero. Ello exigiria la construcción de captaciones adecuadas en los lugares idóneos de menor cota compatibles con las condiciones hidrogeológicas generales de la zona, y sobre todo, una atención preferente a las posibles afecciones que se causarian a los aprovecha - mientos y/o usuarios situados aguas abajo de cada uno de los manantiales, pero a pesar de ello, es una alternativa digna de estudio, que mereceria atención sobre todo para los casos de emergencia.

5.1.3.- Acuíferos calcáreos mediterráneos -

Existe otro tipo de acuíferos calcáreos, fundamentalmente de edad jurásica o cretácica, localizados preferentemente en la área costera, desde los alrededores de Castelldefels (Barcelona) hasta sobrepasar la línea del Ebro.

Estos acuíferos forman los denominados macizos de Garraf, bloque del Gaiá, sierras de Prades, Macizo de Vandellós, bloque de Cardó, sierras dels Ports

de Tortosa y macizo del Montsiá, a través de una potente serie carbonatada, y afectada por una tectónica muy compleja de tipo germánico y/o alpino.

En general, la recarga de estos acuíferos se produce esencialmente por la infiltración directa de las lluvias, mientras que la descarga se distribuye entre las extracciones por bombeo (importantes solamente en el macizo de Garraf bloque del Gaiá y macizo de Vandellós) y por la salida a través de manantiales colgados (caso de la sierra de Prades, sierras dels Ports, bloque del Cardó) y/o salida directa al mar y otros acuíferos próximos.

En general, en estos niveles permeables la circulación del agua subterránea se realiza a través de las fisuras o diaclasas de fracturación y/o disolución de la roca madre, con lo que las probabilidades de conseguir pozos de caudales notables depende de si se corta o no niveles fracturados o muy carstificados,siendo por lo tanto una cuestión estadística, a pesar de existir un nivel piezométrico saturado, de caracter general o regional.

Si se considera además, que las áreas cubiertas por estos materiales calizos suelen estar poco pobladas (excepto en los alrededores de la linea de costa) y que poseen una topografia abrupta, se comprende que el nivel piezométrico se localice a gran profundidad. Ello conlleva el tener que perforar una gran longitud de roca no saturada, encareciendo en gran manera los costes de inversión, y posteriormente del bombeo, una vez puesto el pozo ya en operación.

Finalmente en algunos de estos acuíferos costeros, cabe citar la existencia de una marcada intrusión salina producida al romperse el equilibrio existente entre la recarga o alimentación y la descarga, intrusión que significa tener que abandonar captaciones situadas a veces a varios kilómetros hacia el interior del continente, como ocurre por ejemplo en el área de Sitges-Vilanova i la Geltrú.

En estos momentos es dificil dar unas cifras verosímiles en lo que a la recarga y/o volúmen útil de estos acuíferos se refiere pero pueden aceptarse las siguientes:

-Macizo de Vandellós
-Bloque de Cardó
-Ports de Tortosa

} Recarga = 80 hm3 (IGME, 1971)

-Macizo de Garraf Volumen útil = 90 hm3
-Bloque del Gaiá Volumen útil = 130 hm3 (X) (CAPO,1972)
-Sierra de Prades Volumen útil = 10 hm3
(X) Incluye el acuífero calizo de Carme - Capellades

Finalmente, debe mencionarse un pequeño acuífero constituido por las calizas y dolomitas triásicas - y hasta eocenas en algunos lugares - que existen en la cordillera Prelitoral, en la parte alta de los rios Ripoll, Caldas y en menor proporción, del Tenas, que dada su reducida extensión y complejidad tectónica, no se ha reproducido en el mapa adjunto.

A este acuífero, drenado en su mayor parte por los rios citados, se le calcula una capacidad útil de regulación de unos 5 hm3.

5.1.4.- Acuíferos detríticos terciarios -

Las grandes depresiones catalanas de l'Empordá, La Selva, Vallés-Penedés y Camp de Tarragona estan constituidas por unos depósitos enormes de materiales detríticos terciarios (conglomerados, areniscas, arcillas, margas, arenas, calizas arrecifales u organógenas, etc), depositados en ambientes marinos o continentales, interestratificados de forma coherente con su génesis sedimentológica, y con gran cantidad de cambios laterales de facies.

Los niveles detríticos más gruesos, e incluso las formaciones calcáreas pueden constituir acuíferos importantes de permeabilidad moderada a baja,siempre y cuando su recarga sea aceptable, lo cual, dada la cobertera y/o interestratificación arcillosa o margos a que suele recubrirlos es relativamente raro que suceda, por lo que suelen producirse problemas por agotamiento de los caudales al disminuir la sección mojada útil de las captaciones, y afectarse además,mutuamente, entre las diversas captaciones de un área cercana, como ocurre en el Camp de Tarragona. En realidad, pues se está procediendo a una verdadera mineria del agua subterránea, en especial, en algunas áreas del Vallés y sobre todo en el Baix Camp de Tarragona, donde la problemática del agua, en estos momentos es, literalmente, angustiosa y dramática, con una extraordinaria sensibilización popular por el tema del agua, extrayéndose grandes cantidades de aguas subterráneas - que, a pesar de todo, no son suficientes para el abastecimiento urbano, agrícola e industrial -, con gravísimos problemas de eficiencia de las

captaciones, y con una marcada intrusión salina, con un nivel piezométrico que llega incluso a situarse sobre los 20 y 30 metros por debajo del nivel del mar (verano de 1979), en los alrededores de Tarragona.

Así pues, en algunas de estas áreas se está procediendo a una fuerte explotación incontrolada de las reservas de agua dulce, acumuladas a través de un drenaje diferido durante miles y miles de años.

Por el contrario, en otras áreas, como la Selva y en l'Empordá, los problemas no son tan graves y acuciantes, ni con mucho, reduciéndose a casos de falta de permeabilidad suficiente, arrastres de materiales finos, pozos mal construidos,etc. De esta forma, en las áreas citadas son facilmente obtenibles caudales de 2 a 5 l/s, quizás hasta 10 l/s, en captaciones adecuadamente construidas.

En conjunto pueden aceptarse las siguientes cifras (CAPO,1971):

Areas	Volumen útil
L'Empordá	200 hm3
La Selva	50 hm3
Vallés-Penedés	165 hm3
Camp de Tarragona	75 hm3

minetras que en el resto (acuíferos del terciario y cuaternario detrítico de los alrededores del Ebro) no es posible dar cifras del volúmen útil por estar poco estudiado todavía.

2.5.- Acuíferos detríticos cuaternarios (Aluviales) -

Toda la costa catalana se halla jalonada por numerosos cursos de agua que desembocan en el Mediterráneo, como son el rio Muga, el Fluviá, el Ter, el Besós, el Tordera, el Llobregat, el Foix, el Francolí y el Ebro, entre los importantes, además de muchos otros, que son realmente rieras o torrenteras, por lo general de corta longitud y gran pendiente longitudinal, y con aguas vistas en muy contadas ocasiones (rieras de la Costa Brava, del Maresme, del macizo de Garraf, del Baix Camp, de la Plana del Perelló, etc).

Además, en la provincia de Lérida y desaguando en el Ebro se hallan el Noguera Ribagorzana (en la linea fronteriza con Aragón), el Noguera Pallaresa y el

Segre, cuya importancia individual y comunitaria es bastante mayor que la de los rios de la cuenca del Pirineo Oriental.

Todos estos rios, poseen en sus tramos medio e inferior sendos niveles permeables de gravas y arenas adosados a la linea de cauce, con anchura y espesores muy variables de acuerdo con la "importancia" de cada uno de ellos,constituyendo verdaderos acuíferos de caracter aluvial, que en algunos casos han representado piezas fundamentales para el desarrollo agrícola, industrial y urbano de las áreas cercanas. En efecto, los grandes centros fabriles del Baix Llobregat, del Besós medio y su delta, del Tordera, etc., no habrian sido posibles sin la existencia de estos acuíferos que facilitaran importantes caudales de agua limpia y potable dentro de cada propiedad, ya desde hace muchos años. Además, como sea que la permeabilidad de estos acuíferos suele ser muy alta, los caudales extraidos por cada pozo eran suficientemente elevados (de hasta 100 e incluso 200 litros /segundo) como para hacer frente a fuertes demandas industriales y/o urbanas, como ocurre en alguno de los grandes centros industriales del Baix Llobregat (La Seda, Papelera Española, SEAT, etc) o el propio abastecimiento de agua a Barcelona, que hasta el año 1954 dependia totalmente de las aguas subterráneas captadas en los alrededores de Cornellá, Sant Joan d'Espí y Mollet, ya en el área del Besós medio.

Todo ello fue posible gracias a la gran capacidad de embalse de estos acuíferos que puede resumirse en las siguientes cifras (CAPO, 1971):

Areas	Volumen útil	
-Acuíferos aluviales del sistema Fluviá-Muga	60 hm3	
-Acuífero aluvial del Ter	100 hm3	
-Acuífero aluvial del Oñar	9 hm3	
-Acuífero aluvial del Tordera	42 hm3	
-Acuíferos aluviales de las rieras de Lloret, Tossa,Ridaura,Calonge,Palamós	9 hm3	
-Delta del Besós y cubetas aluviales próximas	60 hm3	
-Acuíferos aluviales del Bajo Maresme	4 hm3	
-Aluvial de la cubeta de Abrera	5 hm3	
-Aluvial de la cubeta de Sant Andreu de la Barca	13 hm3	
-Valle Bajo y delta del Llobregat	160 hm3	
-Aluvial del Ebro (desde Tortosa al mar)	150 hm3	
-Aluviales de los afluentes del Ebro	50 hm3	(valor muy estimativo)

Sin embargo debe tenerse en cuenta que estos volúmenes útiles pueden llenarse y vaciarse varias veces al año, o servir como tuberia de distribución entre el rio (es decir, la fuente de recarga) y los puntos de explotación, con lo cual la extracción puede superar ampliamente aquellas cifras.

Por otro lado, dado que todos estos acuíferos están relacionados hidráulicamente con los rios que los originaron, se comprende facilmente que en condiciones normales (aguas superficiales sin contaminación grave que dificulten la infiltración, explotación pequeña-o nula en muchos casos- y ausencia de embalses reguladores que laminen las avenidas) se consiguiera una eficiencia muy buena en la explotación del sistema río-acuífero, que llevó consigo la creciente industrialización y desarrollo de las zonas ribereñas.

Sin embargo, en la actualidad, las condiciones han cambiado por completo: la calidad física y química de bastantes rios catalanes se ha degradado en gran forma, no sólo puntualmente, sino en una parte importante de su curso, como consecuencia de la industrialización y el poblamiento de las áreas cercanas, lo cual ha puesto en serio peligro la infiltración o recarga de los embalses subterráneos de que dependen, con lo que en muchos casos (cubetas de Abrera, Sant Andreu de la Barca, Valle Bajo, cubeta de la Llagosta, Tordera medio, etc) se han producido fuertes descensos de niveles piezométricos, que pueden considerarse como verdaderos vaciados casi totales del embalse subterráneo, con los consiguientes problemas que ello comporta.

Además, como la explotación de las aguas subterráneas se hace -hasta ahora- de forma indiscriminada por todos los usuarios al ser consideradas como privadas desde el punto de vista legal, salvo las aguas superficiales y las subálveas (las directamente relacionadas con ellas, según la *Ley de Aguas* vigente), el efecto común es el de una explotación incontrolada y anárquica, con graves afecciones dinámicas mutuas, que obligan a la construcción de nuevos pozos para seguir manteniendo los caudales, con lo que el problema se agrava cada vez más.

Finalmente, cabe recordar que la construcción de embalses reguladores, además de sus objetivos beneficiosos (producción de energia, abastecimiento o laminación de avenidas) tiene tambien, en el caso de que existan acíferos aluviales situados aguas abajo de los mismos, efectos negativos: De una parte, al proporcionar un cierto caudal medio regulado, se eliminan bastantes avenidas, avenidas que

gracias al efecto físico de remoción y arrastre de las partículas del fondo del cauce o lecgo del rio, mejoraban de forma substancial la infiltración de caudales importantes hacia los acuíferos situados bajo el cauce. Si estos caudales regulados son, como ocurre siempre, muy inferiores a los caudales de avenidas, la infiltración disminuye mucho, pudiendo llegar, si el fondo del rio está colmatado de forma importante (como consecuencia de la contaminación de las aguas) a anularse por completo.

En último lugar y dentro de este mismo orden de cosas, las avenidas, siquiera pequeñas, son un medio de transporte y dilución de los productos contaminantes acumulados en el rio o sus cercanias, hacia el mar. Por ello, si aquellas suprimen, la contaminación queda en el rio - con lo que el peligro de afección a todo el medio ambiente crece correlativamente.

6.- Trabajos Geohidrológicos realizados en Cataluña -

A mediados y finales de la década de los sesenta se iniciaron en Cataluña una serie de trabajos hidrológicos e hidrogeológicos que tuvieron especial trascendencia en todos los aspectos hidráulicos de esta región.

De esta forma, ya en 1964 y 1966 se publicaron en el primer y segundo informes, respectivamente, sobre el Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de las cuencas de los rios Besós y Bajo Llobregat, realizado por personal técnico de la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental y la delegación de Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas.

Entre 1968 y 1971 se llevó a cabo el Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental, dirigido por los técnicos de la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental y la delegación de Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas, con financiación directa por parte de la Dirección General de Obras Hidráulicas, del Ministerio de Obras Públicas.

Este estudio, dividido en tres fases (informe preliminar, estudios de detalle y conclusiones generales o plan hidrológico del Pirineo Oriental), fue adjudicado a sendos contratistas o consultores en ingenieria, que durante los tres años indicados llevaron a cabo trabajos de Geologia, Geofísica, perfora-

ción de sondeos piezométricos y pozos experimentales, estudios sobre contaminación superficial y subterránea, estado de la intrusión salina, etc., a través de 21 informes detallados y publicados, de consulta y utilización totalmente pública, libre y gratuita.

Estos trabajos, generalmente a escala 1/50.000 ó 1/25.000 en algunos casos, fueron conformando los cimientos o la base sobre los que se fundamentaron todos los trabajos hidrológicos posteriores, casi siempre a escala más detallada (1/20.000 ó 1/10.000) y realizados bien por empresas públicas (Corporación Metropolitana, Ayuntamiento de Barcelona, etc), y en general, por todas aquellas personas interesadas en estos temas.

Además, y gracias a los trabajos prácticos reales sobre la hidrologia de las tierras catalanas, realizados por los participantes en las catorce ediciones anuales (de 1967 a 1980) del Curso Internacional de Hidrologia Subterránea, que suelen ser estudios mucho más detallados y concretos,ejecutados por lo general bajo la dirección y supervisión de algunos de los técnicos de la Comisaria de Aguas y el Servicio Geológico, se posee asimismo una buena colección de estudios hidrogeológicos locales sobre aspectos muy distintos de la hidrologia (hidrogeologia clásica, relaciones con la geotecnia, problemas de explotación, problemas de contaminación, problemas de intrusión salina, funcionamiento de fuentes y manantiales, etc.)

Posteriormente a todos los trabajos mencionados se han realizado, tanto por parte de la Comisaria de Aguas del Pirineo Oriental y el Servicio Geológico de Obras Públicas, individualmente, una serie de trabajos monográficos sobre problemas muy específicos de la hidrogeologia catalana, como peuden ser el estudio de las afecciones hidrológicas del vertedero controlado de basuras del macizo de Garraf, el estudio sobre la problemática de la inyección de aguas residuales tratadas para combatir la intrusión salina en el delta del Besós, el estudio sobre las posibilidades de inyección profunda de las salmueras de la zona minera catalana, la problemática del enterramiento de residuos crómicos en hoyos de extracción de áridos en los alrededores de Barcelona, el estudio parcial del Prepirineo,el estudio sobre los recursos hídricos del Bajo Francolí, las propuestas de nuevas zonas de policia en los rios Besós y Llobregat, etc.

Finalmente, es preciso no olvidar tampoco la notable cantidad de asesorias

privadas que se realizan tanto por parte de los profesionales libres en estos campos, como por parte del personal de la Comisaria de Aguas y el Servicio Geológico, en forma de estudios o trabajos sobre problemas muy particulares y a menudo, delicados.

El conjunto de todos ellos y la experiencia adquirida en estos trabajos por los geólogos e ingenieros de los dos organismos citados proporciona un extenso caudal de conocimientos hidrológicos, adquiridos a lo largo de más de 15 años de trabajo ininterrumpido, unido a la asistencia a congresos, reuniones, simposiums, realización de misiones técnicas internacionales, etc., de forma que actualmente puede decirse que la cuenca del Pirineo Oriental, formada casi exclusivamente por las provincias de Barcelona,Tarragona y Gerona, es quizá la zona mejor conocida de España en lo que a la hidrologia se refiere.

A pesar de todo ello, la provincia de Lérida es, por desgracia, prácticamente desconocida desde el punto de vista hidrológico, ni siquiera a escala general (1/200.000) y ello se debe a que el ámbito general de actuación de los dos organismos citados no abarca el territorio de aquella provincia, por lo que seria extraordinariamente interesante realizar un estudio detallado de ésta desde la perspectiva hidrogeológica, con objeto de conocer los recursos hidráulicos totales (superficiales y subterráneos) con que cuenta.

7.- Utilidad de los embalses subterráneos -

Las formaciones geológicas permeables deben considerarse como verdaderos embalses subterráneos de agua, con unas entradas (recarga o alimentación),que pueden ser directa, indirecta, inducida, e incluso artificial, y unas salidas o descargas (naturales, a través de manantiales al exterior, a otros acuíferos, a rios, e incluso al mar, o artificiales, a través de las extracciones por bombeo), y con un determinado volumen, que es función de las características geométricas y espaciales del acuífero y tambien de su porosidad, con lo que a veces se tienen volúmenes muy grandes, de hasta 200 millones de metros cúbicos, saturados o saturables con agua, lo cual no quiere decir que todos ellos sean económica ni tecnicamente explotables.

A pesar de ello, constituyen grandes depósitos de agua, generalmente de

buena calidad, con los que el hombre puede hacer frente, en muchos casos, a las necesidades humanas, industriales y agrícolas cuando se han agotado o no existen recursos hídricos superficiales, para lo cual lo único que se precisa y cuya determinación es a veces costosa y laboriosa, a través de equipos multidisciplinares de técnicos, es conocer el funcionamiento hidráulico de la recarga y descarga del acuífero,de forma de no agotar rápidamente las reservas acumuladas durante muchos años, y poder seguir utilizando el embalse subterráneo durante tiempos suficientemente largos, con un ahorro económico muy notable.

Además de esta función almacenadora de recursos de agua, a la que en algunos casos se añade el de una reserva de seguridad para el abastecimiento, cuando éste es mixto (es decir, basado en la utilización de las aguas superficiales y las aguas subterráneas), como es el caso de Barcelona.

Además, de esta forma, se consigue tener un volumen de agua frente a posibles emergencias o fallos en al abastecimiento con aguas superficiales, o incluso frente a eventuales catástrofes naturales (inundaciones,terremotos),riesgos bélicos o contaminaciones graves de aquellas, que imposibiliten de forma súbita el abastecimiento.

Otra ventaja fundamental reside en que, dadas las extensiones de estos embalses, generalmente muy grandes, del orden de algunas decenas de kilómetros cuadrados, aquellos permiten"conducir" o "llevar" directamente el agua que luego se bombea hasta casi los propios centros de consumo, con lo cual el acuífero o embalse subterráneo actúa tambien como conducción o tuberia de canalización, con el consiguiente ahorro en inversión de instalación y mantenimiento.

La depuración física - y en menor grado, química -, que facilitan los embalses subterráneos debe ser considerada tambien como una ventaja muy importante en su operación:En efecto, muchas veces las aguas que alimentan los acuíferos o embalses subterráneos no poseen la suficiente calidad química - y a veces, desgraciadamente, tampoco bacteriológica- como para ser re-utilizadas inmediatamente aguas abajo. A pesar de ello, el acuífero posee un poder autodepurador del agua,- tanto mayor cuanto mayor es la distancia a recorrer por aquella- que regenera, por lo menos parcialmente, las características físicas y químicas (aunque quizá en unos pocos parámetros solamente) de las aguas, mejorando su calidad con respecto

a las infiltraciones inicialmente. Ello es tanto más cierto en el caso de los acuíferos aluviales alimentados por cursos de agua contaminados, ya que es posible utilizar o captar, indirectamente, el agua del rio a través de una filtración física por el medio poroso granular del acuífero, y depuración química- que en muchos casos no pasa de ser una dilución-, filtración y depuración que se producen en el camino entre el rio y la captación por el interior del acuífero, con lo que los efectos beneficiosos se multiplican. Si bien es cierto que existen componentes químicos que no son depurados por el acuífero (generalmente los componentes iónicos del agua), o lo son en muy baja proporción, a base de una dilución y/o aireación al pasar por un medio no saturado, existen otros, como la turbiedad, o materia en suspensión, materia orgánica, coloides, etc, que si pueden quedar retenidos en el terreno y obtener así aguas de excelente calidad. Con mayor razón cabe hablar de la depuración bacteriológica, que suele ser muy eficaz en terrenos granulares, de forma que una agua, contaminada bacteriológicamente, infiltrada en un material poroso necesita solamente algunas decenas de metros para que las bacterias sean eliminadas de aquella, recuperando su potabilidad inicial.

8.- Gestión de los embalses subterráneos -

La gestión de los embalses subterráneos o acuíferos requiere disponer de una red de observación apropiada, tal como se realiza para las aguas superficiales, con la diferencia que ésta necesita frecuentes mediciones en unos pocos puntos y aquella se basa en mediciones poco frecuentes, pero en un gran número de localidades dispersos por todo el territorio.

Es necesario disponer de una red de pozos y de piezómetros, buena parte de los caules han de ser perforados para fines exclusivos de control, en los que periódicamente (quincenalmente, mensual o bimensualmente) se midan los niveles de agua, además de determinar variaciones químicas (semestral o bianualmente). Sobre las redes generales deben existir además redes particulares de medidas más densas o más frecuentes para definir situaciones particulares (bombeos estacionales importantes, áreas industriales, focos con contaminación,áreas de intrusión marina . . .)

Probablemente se requiere disponer en Cataluña de una red de unos 600 pun-

tos (pueden tener de 1 a 4 piezómetros por punto) para tener una información mínima útil, que posiblemente lleguen a 1500, si se incluyen redes densificadas en áreas de mayor explotación y hasta 2500 si se desea un suficiente control en cantidad y calidad.

En el momento actual la única red existente es la operada por la Comisaria de Aguas, en el territorio del Pirineo Oriental, con unos 350 puntos de medida mensual de niveles, más unos 10 limígrafos (medida continua), pero sin control periódico de calidad. Esta red, operada a precario y con dificultades crecientes, no cubre regularmente el territorio, y se concentra preferentemente en zonas determinadas, donde se han realizado estudios de detalle. En el Baix Llobregat,Sociedad General de Aguas de Barcelona, opera una red local incorporada, en cuanto a datos, en la del Pirineo Oriental. No existen datos en las áreas exteriores al Pirineo Oriental, si bien existen algunos sondeos piezométricos en el Baix Ebre, que no se miden. Parte de los datos de niveles de agua han sido publicados en los Anuarios de Aforos del MOPU.

De lo expuesto se deduce que se requiere un notable esfuerzo para conseguir instalar y operar una red de control apropiada y publicar sus datos regularmente. Estas publicaciones deberian ser a nivel de embalse subterráneo, quizás preparadas desde núcleos locales, y deberian incluir además de niveles del agua y calidad química, evaluaciones periódicas de las extracciones, y si es posible de las recargas. Cada sumario de cada acuífero deberia incluir una memoria sucinta con elaboraciones (hidrogramas, superficie piezométrica, balance, tendencia,...) y con previsiones (ello requiere una publicación casi inmediata).

El mantenimiento de una tal red de observación supone que se puede disponer de medios de control de extracciones y de correccción de efectos indeseables, a nivel general o a cargo de organismos descentralizados (Comunidades de usuarios), utilizando siempre que sea posible y aconsejable modelos de simulación operativos y actualizados anualmente, y todo ello dentro de un plan hidrológico general, que obtenga el mayor beneficio posible del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, asi como de otras opciones tales como la reutilización de aguas residuales (por ahora, no se prevé ningún interés por la desalinización del agua del mar, a nivel general, ni por la midificación del clima).

Cualquier plan hidrológico debe considerar los efectos de las posibles acciones humanas que afecten a la cantidad y calidad. Bajo tal aspecto, Cataluña sufre, sobre todo en el Pirineo Oriental, y muy concretamente en el entorno de Barcelona, serios problemas de destrucción de acuíferos por extracciones de áridos inapropiadas o mal gestionadas, con normas inadecuadas, y de colmatación de los lechos de los rios por exceso de turbidez orgánica a causa de vertidos, ello con efectos irreversibles y a que a veces suponen un grave riesgo a la salud pública.

Por otro lado cabe considerar que el campo de Tarragona es actualmente el lugar más conflictivo de España en cuanto a recursos de agua, superando la problemática canaria, murciana o balear. También debe considerarse que en el área de Sitges el abastecimiento público se hace con agua de tal salinidad que probablemente no tiene paralelo en otros lugares del mundo, ni aún en áreas muy deprimidas o muy áridas.

9.- Actividades -

9.1.- En el plano de la gestión -

- Establecimiento de una red de observación de aguas superficiales y subterráneas (niveles, caudales, calidad, utilización, extracciones), que complete a las ya existentes hidrográficas (Pirineo Oriental y Ebro) y de aguas subterráneas (Pirineo Oriental).

- Inicio de la publicación regular de datos hidrométricos por subcuencas y acuíferos, con elaboraciones, resultados y previsiones.

- Organización de organismos de gestión de las aguas, y descentralizados, bajo la dirección de un organismo central coordinador y con poder ejecutivo para la resolución de conflictos.

- Establecimiento de uno o varios centros técnicos de apoyo y de estudio, para realizar la gestión con medios eficaces, incluyendo modelización y la realización de proyectos de gestión (regulación, recarga artificial, reutilización, corrección de calidad, ...)

- Redactar un plan director de los recusos hídricos de Cataluña actualizable periodicamente, con aceptación pública.

9.2.- En el plano de estudios -

- Actualizar el Estudio de los Recursos Hídricos del Pirineo Oriental y extenderlo a todo el territorio de Cataluña.

- Coordinar los resultados del actual estudio con la política de ordenación del territorio.

- Estudiar las actuaciones de avacuación y deposición de residuos sólidos y líquidos en relación con la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

- Estudiar el modo de gestión óptima de acuíferos costeros.

- Estudiar los focos de contaminación principales, su depurabilidad y el porcentaje de mejora que supone su corrección.

- Análisis de la utilizabilidad de los acuíferos costeros como depósito regulador de emergencia para el abastecimiento de las poblaciones litorales.

9.3.- En el plano de trabajos concretos -

- Demostrar la viabilidad y oportunidad de la recarga artificial de acuíferos para una mejor gestión de los recursos de agua, extendiendo la experiencia existente. Aplicación concreta en el Baix Llobregat,área de Sitges-Vilanova, Baix Francolí y Reus.

- Efectuar los trabajos recomendados en el Estudio sobre la Reutilización de las Aguas residuales de Barcelona (CAPO-Ayuntamiento de Barcelona).

- Realizar las obras de regulación de aguas superficiales que solucionen total o parcialmente problemas de abastecimiento actuales.

9.4.- En el plano educacional -

- Incluir en ciertas enseñanzas técnicas y de facultad una o varias asignaturas

sobre aprovechamiento, utilización racional y calidad de las aguas.

- Institucionalizar y regularizar el Curso Internacional de Hidrologia Subterránea.

- Incluir en la enseñanza básica temas de recursos de agua y de recursos de agua de Cataluña.

- Desarrollar cursos para demostrar y enseñar el mejor uso del agua a agricultores e industriales.

9.5.- En el plano de divulgación -

- Iniciar campañas de conservación de los recursos de agua y de mantenimiento de su calidad.

- Difundir métodos para un mejor uso del agua.

- Mostrar prácticas comunes que llevan a un mal uso del agua o a una contaminación innecesaria, presentando alternativas mejores.

- Efectuar cortometrajes televisivos sobre los recursos de agua.

- Efectuar campañas de concienciación sobre el peligro que supone la contaminación de acuíferos, su lenta depuración y que los vertidos en el terreno son causa de muchos perjuicios.

- Concienciar a la opinión pública sobre el importante papel regulador de los acuíferos y la necesidad de su conservación como elemento de seguridad de abastecimiento de la población.

9.6.- En el plano jurídico-administrativo -

- Establecer una reglamentación sobre aguas complementarias de la Ley en vigor, de aplicación en el ámbito de Cataluña.

- Complementar la legislación con los elementos necesarios para adecuar sus pre-

ceptos a la realidad de Cataluña y de las diversas circunstancias que en ella se presentan.

- Estudiar un sistema administrativo ágil y automático, evitando la gran complicación y lentitud del sistema actual, sustituyendo progresivamente la concesión por el derecho al uso o a la garantia de disponibilidad.

- Implantar un sistema de compensaciones que permita cubrir los déficits de un área con los sobrantes de otro sin aumentar desequilibrios sociales.

- Establecer las bases institucionales que permitan la formación de órganos descentralizados de gestión y su coordinación, asi como la formación de comunidades de usuarios.

- Disponer la publicidad de los datos hidrológicos y la toma de acceso a los mismos en archivos públicos.

- Establecer la obligatoriedad de declarar el uso del agua, de la calidad tomada y vertido y de la eficiencia de uso.

- Dictar normas para que la agricultura y la industria, asi como los municipios, deban adecuar sus procesos y actividades para un uso más eficiente del agua y un mejor control de la degradación de la calidad.

- Establecer las normas para el establecimiento de tasas sobre el uso,contaminación, disponibilidad y garantia del agua, y su aplicación a la gestión comunitaria de los recursos hídricos, a nivel de subcuenca o de acuífero.

- Crear un tribunal especial con jurisdicción y especialización en temas de aguas.

9.7.- <u>En el plano de la contaminación de las aguas</u> -

- Actualizar la reglamentación sobre calidad de las aguas superficiales, teniendo en cuenta a las aguas subterráneas, y sobre el vertido de agua a los cauces.

- Identificar aquellos puntos de contaminación cuya eliminación o corrección produce los resultados principales, y proceder a las obras y actuaciones para esa e-

liminación o corrección.

- Establecer directrices para la depuración en pequeños municipios, pequeños centros de población y pequeñas industrias, con reserva de espacio para tratamientos con tecnologia apropiada o para la reunión de vertidos y el tratamiento conjunto de varios vertidos.

- Dar directrices para que la construcción de los pozos no sea motivo de contaminación de acuíferos, y señalar como debe efectuarse el abandono. Establecer que todo pozo debe construirse según normas, conservarse adecuadamente y abandonarse con un cegado apropiado. La garantia de ese cegado se puede hacer a costa del usuario o con una tasa.

- Listar las actividades peligrosas para las aguas superficiales, subterráneas y las actuaciones necesarias para evitar esos peligros.

9.8.- En el plano de la colaboración y coordinación entre organismos -

- Crear un Instituto de Coordinación de Recursos de Agua, que deba necesariamente informar cualquier actuación en Cataluña, regulando aquellas decisiones que deban ser vinculantes. Dicho Instituto debe conectar con los órganos de estudio y coordinación de España.

- Crear un Consejo de Recursos de Agua, de pocas personas, que sean la cabeza visible del anterior Instituto, con personas designadas por la Generalitat que cumplan unos determinados requisitos, pero sin estar sometidas a restricciones de actuación políticas, de grupo o de interés.

LA GEOTECNIA EN CATALUNYA

E. ALONSO

(E.T.S. de Ingenieros Caminos
de Barcelona)

I N D I C E

1.- Introducción - Enfoque del trabajo
- 1.1.- Equipamiento y Servicios disponibles
- 1.2.- Normativa y estudios sobresalientes
- 1.3.- Problemas técnicos identificados
- 1.4.- Deficiencias
- 1.5.- Síntesis y áreas de actuación recomendadas

2.- Metodologia de trabajo

3.- Equipamientos y Servicios disponibles
- 3.1.- Empresa privada
- 3.2.- Organismos oficiales
- 3.3.- Universidad
  - 3.3.1.- Laboratorio Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Universidad Politécnica de Barcelona.
  - 3.3.2.- Facultad de Geológicas. Universidad Central
  - 3.3.3.- Otros

4.- Normativa y estudios sobresalientes
- 4.1.- Normativa
- 4.2.- Estudios Geotécnicos sobresalientes (Cataluña)

5.- Problemas Geotécnicos identificados en relación con el marco geológico

6.- Deficiencias
- 6.1.- En equipamiento y servicios disponibles
- 6.2.- En normativa y formación de técnicos disponibles
- 6.3.- En estudios geotécnicos realizados con carácter global
- 6.4.- Otros aspectos

7.- Areas de actuación

Anejo 1: Encuesta sobre los medios Geotécnicos existentes en Cataluña.

Anejo 2: Cuadros derivados de la encuesta sobre los medios Geotécnicos existentes en Cataluña.

1.- INTRODUCCION - ENFOQUE DEL TRABAJO.-

Por encargo del Servei Geològic de la Generalitat, integrado en la Secretaria General Técnica de la Conselleria d'Ordenació Territorial i Obres Públiques, se emite este informe donde se recoge, desde diversas prespectivas, el panorama actual de la Geotecnia en Cataluña.

Existia, desde el comienzo, una cierta dificultad en definir los límites del trabajo pues en el planteamiento inicial cabian tantos enfoques puramente técnicos y científicos como los derivados de la actividad comercial y / o profesional de entidades públicas y privadas.

Se optó por un planteamiento amplio donde cupieran diferentes enfoques, sacrificando quizá una cierta coherencia en el informe, pero favoreciendo probablemente una aproximación más correcta a la realidad que en este campo es, por supuesto, muy heterogénea.

Se ha procurado reunir la información disponible en los apartados siguientes:

1.1.- Equipamiento y Servicios Disponibles.- Se distinguen de acuerdo con la práctica y forma habitual de trabajo en Geotecnia los medios y servicios radicados en :

a) La empresa privada
b) Los organismos oficiales con competencia directa y reconocida en obras que implican estudios y trabajos geotécnicos.
c) La Universidad.

1.2.- Normativa y Estudios sobresalientes.- Se trata en definitiva de recoger por un lado los documentos que con caracter oficial regulan algunos aspectos del trabajo en Geotecnia y por otro de hacer referencia a aquellos estudios que por su impotencia han contribuido a definir con más precisión las características geotécnicas de algunas zonas.

1.3.- Problemas técnicos identificados.- Con el objetivo situado en sugerir cami-

nos a la actuación pública, que sean de interés general, se han tratado de detectar aquellos problemas de tipo geotécnico que inciden con cierta importancia en la ejecución de obras y edificaciones o bien en su correcta planificación.

1.4.- Deficiencias.- Como consecuencia del análisis llevado a cabo en los apartados anteriores es posible establecer aspectos que se juzgan deficientes. La intención de este apartado es decididamente positiva pues se trata simplemente de establecer una base de partida para sugerir campos concretos de actuación.

1.5.- Síntesis y áreas de actuación recomendadas.- Este informe refleja fundamentalmente las opiniones de su autor. Con todo, estas opiniones se han beneficiado notablemente de las conversaciones mantenidas con un cierto número de profesionales que se citan al final del Informe.

2.- METODOLOGIA DE TRABAJO.-

Quizá la principal dificultad de un Informe de este tipo es dar objetividad al mismo y superar la personal perspectiva del autor. Aún reconociendo que muchos de los aspectos que aquí se tratan son el fruto de una opinión, otros - como puede ser la definición de equipamiento y servicios disponibles- requieren métodos objetivos. En la obtención de datos y en la evaluación de los diversos aspectos expuestos más arriba se han seguido los procedimientos siguientes:

1.- Elaboración y difusión de una "Encuesta sobre los Medios Geotécnicos existentes en Cataluña" (se incluye en el Anejo 1). Se envió esta encuesta a más de veinte empresas y organismos con competencia directa en el campo geotécnico en lo que se refiere especialmente a la ejecuación de obras y trabajos. Se han recibido diez propuestas por parte de las empresas que se mencionan al final - del Informe.

2.- Visitas a algunos Laboratorios de Mecánica del Suelo.

3.- Consultas y entrevistas mantenidas con un buen número de técnicos y especialistas desde diversas perspectivas en Geotecnia.

En alguna ocasión, cuando no se ha dispuesto de datos directos sobre algún tema (p. ej.: equipamiento y campos de actuación de empresas) se han tratado de reunir datos aproximados basados en experiencia y conocimientos propios o de terceros. Aún así, es posible que se hayan cometido omisiones pero se juzga que el núcleo fundamental de la información relevante ha sido recogida. Por otra parte se considera que toda esta información sirve al propósito fundamental de identificar situaciones globales, señalar deficiencias y proponer áreas de actuación, objetivos que pueden lograrse sin una información exhaustiva que a estos efectos es irrelevante en gran medida.

3.- EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS DISPONIBLES.

3.1.- Empresa Privada.-

Dentro de este grupo se podrian distinguir las siguientes categorias:

a) Empresas especializadas de carácter general
b) Empresas especializadas de carácter específico
c) Empresas consultoras

Refiriéndonos siempre al ámbito geográfico de Cataluña, las empresas que pertenezcan al primer grupo son siempre delegaciones de empresas de ámbito nacional con sede en Madrid. Son empresas con capacidad para actuar en practicamente todos los campos de la actividad geotécnica tanto en obras públicas como en edificación, mineria e hidrogeologia. No existen empresas de este tipo con sede central en Cataluña. La mayor parte de las empresas que operan en Cataluña pertenecen al segundo grupo y su campo de actividad es, en general, considerablemente reducido. Entre ellas se cuentan tanto delegaciones de empresas con sede central otros puntos de España como las tipicamente catalanas. Son con mucha frecuencia empresas pequeñas con medios relativamente escasos y adaptadas al mercado local ó regional y en especial a la edificación. Entre ellas cabe citar también los laboratorios de Mecánica del Suelo que con frecuencia forman parte de Laboratorios de control de calidad con intereses en otros campos como puede ser el hormigón, los materiales bituminosos, ensayos químicos, etc.

Por último las empresas consultoras son tambien con frecuencia delegaciones de empresas de ámbito nacional situadas por lo general en Madrid. Cuentan por lo regular con equipos reducidos de técnicos y es común que las obras o proyectos sean dirigidos desde la sede central.

Mención aparte merecen los consultores que de forma individual en el ejercicio libre de su profesión actuan en Cataluña. A ellos nos referiremos más adelante.

Examinaremos la situación de estas empresas apoyándonos fundamentalmente en los resultados de la Encuesta que aparece en el Anejo 2. En el Anejo 3 se ha incluido una breve descripción de los medios y campos de actividad de otras empresas que no respondieron al cuestionario. Esta descripción es necesariamente vaga y sujeta a imprecisiones.

En el Cuadro 1 (Anejo 2) se presentan datos generales sobre el"volumen" de la Empresa reflejado en el personal existentes. De acuerdo con los comentarios anteriores (y el personal administrativo es un buen indicador) predominan las empresas de medios y capacidad limitada.

Entrando en la discusión de la capacidad técnica de estas empresas, en el Cuadro 2 se han resumido datos relacionados con los sondeos geotécnicos. Esta es una actividad desarrollada por la mayoria de las empresas. En general se utilizan medios convencionales y, basado en conocimientos adicionales que se poseen sobre este tema (Ver la publicación "Toma de Muestras en Sondeos de Reconocimiento Geotécnico en España", Revista de Obras Públicas Febrero-Marzo y Mayo /1980) puede decirse que técnicas relativamente modernas (como son el empleo de tomamuestras de pistón en terrenos blandos, la utilización de tubos triples en terrenos compactos, los diámetros "grandes" a más de 100 mm. o tomamuestras especiales para el muestreo de arenas) se utilizan muy marginalmente y en general no se poseen los equipos necesarios. Se abusa quizá de la utilización del ensayo estandar de penetración (SPT) en todo tipo de circunstancias llegándose en ocasiones al extremo de intentar ensayos mecánicos sobre las muestras (alteradas) que proporciona este ensayo. Son muy escasas las empresas que utilizan diagrafías (registros geofísicos) a lo largo del sondeo a pesar de la utilidad creciente de estas técnicas.

Algunas de las empresas consultadas extienden su campo de actividad al sondeo minero (Cuadro 3) en el que se trabaja con una metodología muy diferente a la empleada en los sondeos de reconocimiento geotécnico.

En lo que se refiere a Laboratorios (Cuadro 4) algunas empresas fundamentalmente dedicadas a la realización de sondeos poseen pequeñas instalaciones que les permiten realizar ensayos geotécnicos convencionales. En el capítulo de ensayos triaxiales las empresas que son delegación confian estos trabajos a los Laboratorios de sus sedes centrales. Independientemente de esta actividad,con sede en el área de Barcelona operan tres Laboratorios que realizan ensayos en el campo geotécnico además de otras actividades en el campo de control de calidad. Son PAYMA, INTECASA e ITCC. En el Cuadro 1, que figura a continuación, se ha indicado el equipo disponible en PAYMA que se considera representativo, con escasas variaciones, del existente en los demás laboratorios. Puede decirse que estos Laboratorios tienen una capacidad muy limitada para efectuar ensayos medianamente sofisticados y en particular todos los relacionados con el equipo triaxial que puede considerarse como la pieza básica de un laboratorio de Mecánica de Suelos.

Como era de esperar, el equipo de penetración dinámica (Cuadro 5) es ampliamente utilizado como consecuencia de su facilidad de ejecución, bajo coste y adaptabilidad a muchas situaciones estratigráficas. El pentrómetro estático es menos empleado a pesar de la mayor fiabilidad de sus resultados. Creemos que numerosas áreas costeras, deltas y depósitos aluviales en Cataluña que se prestan bien a ser reconocidos por este procedimiento.

Por lo demás, los equipos auxiliares de reconocimiento (placa de carga,sondas nucleares, presiómetro, y reconocimientos geofísicos) (Cuadro 6) se utilizan muy marginalmente. Dadas las especiales circunstancias y la dificultad de reconocimiento de muchas formaciones superficiales estos métodos son especialmente útiles.

En el campo de la Geofísica, una empresa "Niñerola-Reconocimientos geofísicos" se haya especializado en sondeos eléctricos verticales y en sísmica por refracción (con equipos de un canal, por lo que sus limitaciones en este campo son importantes).

La mayoria de las empresas consultadas (Cuadro 7) realizan estudios geológicos. Los estudios geotécnicos se hacen con escaso (nulo) apoyo en medios - automáticos de cálculo, aunque en general los estudios geotécnicos de cierto relieve son realizados por empresas consultoras y no por las ejecutoras materiales del reconocimiento. Aún así es muy frecuente en la actualidad, a nivel mundial, que las empresas contratistas especializadas dispongan de medios informaticos y programas de cálculo de fácil acceso.

Ensayos de Identificación y clasificación . Todo el equipo necesario excluyendo granulometria por sedimentación.

Ensayos mecánicos.

- -Corte directo motorizado
- -Tres edómetros convencionales (Casagrande)
- -Aparato de hinchamiento Lambe.

Ensayos químicos.

- Carbonatos, sulfatos, materia orgánica, PH
- Análisis rápido de muestras de agua

Varios.

- Proctos / CBR
- Equivalente de arena
- Permeámetro
- Placa de carga (30 cms. Ø).
- Dos sondas nucleares Troxler (humedad y peso específico).
- Extractores pequeños de testigo y sierras

CUADRO 1. Equipo del Laboratorio de Mecánica del Suelo de PAYMA.

En el campo de las inyecciones (Cuadro 8) unas pocas empresas (dos entre las que respondieron la encuesta y quizá un par más entre las que operan en Cataluña) pueden considerarse especialistas en esta tecnologia. Se da la circunstancia de que todos estos casos pertenecen a empresas de ámbito nacional con sedes centrales fuera de Cataluña. El resto de empresas de menor importancia realizan, en algunos casos, inyecciones con tecnologia muy limitada.

El campo de las cimentaciones profundas (Cuadro 9) está razonablemente bien cubierto por una serie de empresas que, en conjunto, puede decirse que ofrecen la gran mayoria de las técnicas y procedimientos hoy existentes. Las dificultades que puedan presentarse en cimentaciones delicadas dentro del contexto de las formaciones existentes en Cataluña son plenamente superables con la tipologia que se ofrece. Puede decirse que, en general, será posible encontrar el método idóneo a cada caso.

En lo que se refiere a pantallas de contención (Cuadro 11) es menor el número de empresas especializadas propiamente en ellas. En los suelos de Barcelona y en el campo de la edificación es frecuente la ejecución de pantallas "in situ" por métodos tradicionales (bataches) a favor de la estabilidad que generalmente poseen las paredes de las excavaciones. Este es también el caso en otras capitales de provincia catalanas. Desgraciadamente , con alguna frecuencia, se sobrepasan los límites aconsejables para estas excavaciones, especialmente en los casos de existir edificaciones próximas, y se producen deformaciones importantes en superficie y ocasionalmente el colapso de frentes enteros.

Estas prácticas caen obviamente fuera de la actividad de empresas especializadas y son un ejemplo de la escasa competencia de algunos constructores locales por un lado y de la necesidad de disponer de una normativa que, aunque flexible y amplia, sea de aplicación general.

En el tema de los Anclajes (Cuadro 12) interesa destacar la capacidad de algunas empresas para la realización de anclajes definitivos (resolviendo los problemas de corrosión a largo tiempo). La calidad de los anclajes ejecutados por diferentes empresas es sin embargo bastante heterogénea.

Se incluyó en el cuestionario una referencia a la ejecución de pozos - (Cuadro 13) para completar la visión de las empresas consultadas aunque el tema de los recursos hidráulicos subterráneos cae fuera de los límites de este informe. En todo caso, desde una perspectiva geotécnica la capacidad de ejecutar pozos es interesante como medio para la ejecución de obras importantes de drenaje. Una pequeña proporción (20%) de las empresas consultadas (que sean activas en Geotecnia propiamente dicha) cuentan con tecnologia de ejecución de pozos.

La temática de las medidas "in situ" a través de la instrumentación adecuada es muy importante de cara a un desarrollo real de la Geotecnia tanto en su vertiente práctica como científica. A la vista del Cuadro 14 la gran mayoria de empresas no disponen (y muy probablemente no necesitan) equipos de esta índole. La única práctica algo extendida (para la que existe un cierto - "ambiente" favorable entre proyectistas, contratistas y aún propiedad) son las pruebas de carga sobre pilotos que se enfoca como un problema de control de calidad. Este mismo control es, en general, inexistente en otro tipo de cimentaciones, en pantallas y muros, anclajes, etc. No es probablemente conveniente que las empresas dedicadas a la ejecución de cimentaciones u obras sean asimismo especialistas en todos los campos de la instrumentación "in situ" pero en - nuestra opinión sería sin duda positivo que en estos organismos existieran ciertos equipos de autocontrol. Por otra parte no existe ninguna empresa en Cataluña dedicada preferentemente a las técnicas de instrumentación "in situ".

En el campo de las técnicas especializadas (Cuadro 15) existe una clara preponderancia de las grandes empresas de ámbito nacional. Con alguna excepción, la mayoria de las empresas geotécnicas que operan en Cataluña tienen un campo de actuación, en lo que a capacidad técnica y de solución de problemas se refiere, relativamente limitado y en gran medida estan adaptadas a las necesidades que se derivan de la cimentación de edificios (como pone de manifiesto el Cuadro 16 "Estadística" donde se reflejan los campos de actividad de las diferentes empresas) . Para muchas de ellas la incidencia de la obra pública es escasa y ello se puede explicar a la vista de la actividad del sector Obra Pública en Cataluña que, de acuerdo con una reciente publicación (*) se situa en los

---

(*) Banca Mas Sardá - Informe Económico, 1979

alrededores del 7% del total nacional con tendencia al descenso en todos los sectores excepto en el de las obras y defensas portuarias. Esta situación se estima como muy negativa para el desarrollo de estas empresas y de iniciativas que tiendan a corregir defectos observados en el campo de la Geotecnia práctica en Cataluña.

Por último, existia interés en conocer el estado de opinión en torno a las posibles lineas de intervención pública en estos temas y, por otra parte, en identificar los principales problemas de carácter geotécnico, que existieran en Cataluña. Las respuestas fueron escasísimas en ambas direcciones reflejando una ausencia o indiferencia de opinión que en cierta medida es preocupante. Con todo se habla por algunos de intentar a nivel público, un cierto control de calidad de proyectos, obras y profesionales y se señala la posibilidad de que la Universidad actúe como organismo asesor público. Por último, se señala la cartografia geotécnica como un problema principal de carácter geotécnico en Cataluña, por donde quizá debiera comenzar la actuación pública en este campo.

En el panorama anterior se han reunido fundamentalmente las empresas calificadas al comienzo de Empresas especializadas de carácter general y Empresas especializadas de carácter específico (en gran medida ligadas a la edificación). Un grupo aparte son las empresas tipicamente consultoras que son ciertamente escasas en Cataluña (quizá como reflejo de la escasa actividad actual del sector público en la obra civil, que condiciona en gran medida el desarrollo de la Geotecnia): Entre ellas podriamos citar a INTECSA, GEOEXPERTS, SERELAND, INTEMAC, DAMES AND MOORE (en dificultades recientemente), todas ellas delegaciones de empresas con sede central en Madrid y algunas empresas principalmente centradas en el campo de la Geologia Aplicada como pueden ser SUELOTEST y GEOTECNIA. No debe olvidarse sin embargo que consultores en potencia (y en la práctica) lo son todas las empresas mencionadas anteriormente y dedicadas al reconocimiento, las cimentaciones y técnicas afines.

Trabajando de forma independiente, en el ejercicio libre de su profesión figuran en Cataluña, fundamentalmente en Barcelona, algunos consultores que, bien de forma sistemática o esporádica, intervienen como asesores o proyectistas de obras de carácter puramente geotécnico. Entre ellos citamos, sin querer

ser exhaustivos, a los Ingenieros de Caminos J. Santos, A. Rebollo, J. Casanovas, Oliden, Fayas, Clascá y Arias; al arquitecto F. Maña - ligado a la Oficina Consultora de Estructuras del Colegio de Arquitectos de Cataluña- y a los geólogos T. Toral, A. Bayó, A. Valenciano, F. Mateu (en Lérida), A. Batlle, A. Collado y J. Horta (estos tres últimos con una experiencia interesante en el campo de la Mecánica de Rocas).

3.2.- Organismos Oficiales.-

Muchos servicios de la Administración pública, territorial, o local tocan directamente o indirectamente los aspectos geotécnicos a través de la dirección, ejecución o control de obras de Ingenieria Civil.La experiencia acumulada en estos organismos es muy amplia pero, por otra parte, es raramente sintetizada en publicaciones o documentos accesibles. A efectos de este trabajo interesa analizar únicamente aquellos organismos que posean una capacidad de análisis y estudio directo y autónomo en el campo de la Geotecnia y - que por tanto puedan prestar un servicio en este campo a un problema o planteamiento que no sea motivado directamente por su actividad.

Podemos destacar los siguientes organismos:

a) Laboratorio de Materiales adscrito a la 5º Jefatura Regional de Carreteras del M.O.P.U.

Este Laboratorio fue instalado con objeto de apoyar los trabajos de control de calidad de las obras y proyectos de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas. El Laboratorio se desarrolló paulatinamente hasta exceder ampliamente el concepto de control de calidad. Sin embargo la recesión experimentada en los últimos cinco años en obras de carácter público en Cataluña han contribuido notablemente a detener todo proceso de ampliación y - puesta al dia del Laboratorio. Se describirán unicamente aquellos equipos del Laboratorio que tienen incidencia directa dentro de la Geotecnia y que basicamente corresponden a los aspectos de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Análisis Químicos.

a.1- Ubicación y Equipamiento general.

Las instalaciones dedicadas al ensayo de suelos y rocas, que ocupan aproximadamente 250 m^2, estan situadas dentro del edificio, de una planta, que posee la Jefatura en el término de Hospitalet de Llobregat con acceso por la Gran Vía (Carretera de Castelldefels). El edificio es de estructura metálica y cerramientos de planchas de amianto, cemento y tejados de uralita, lo que incide negativamente en su aislamiento térmico a pesar de la instalación de acondicionadores de aire. Sin un cambio de ubicación es dificil que pueda realizarse una automatización seria del laboratorio y aún en la situación actual son de temer efectos incontrolables sobre ensayos de larga duración (ensayos "lentos"). Por lo demás el Laboratorio posee redes de agua, gas y electricidad (220 y 380 v.)

a.2- Recursos materiales.

- Material general. Estufas de desecación, balanzas con varios rangos de pesada y análitica. Diverso material de vidrio y porcelana. Utiles de tallado de probetas.

- Ensayos de Identificación y Compactación. Granulometria (tamizado y sedimentación-pipeta Robinson o densimetria-), Límites de Atterberg incluido retracción, pesos específicos (baño termotástico y matraces "Le Clatelier", ensayos de Proctor Normal y modificado (con equipos de compactación mecánica e incluso un Proctor de mayor tamaño para muestras con elementos gruesos), equivalente de arena y C.B.R. (con prensa específica).

- Ensayos Mecánicos (Suelos).
. Compresión simple. Prensa "ad hoc". Comparadores y anillos dinamométricos.
. Corte directo. Tres bancadas de accionamiento manual dotadas de anillos dinamométricos y comparadores. Muestras cuadradas 6 x 6 cms. y cilíndricas (5 cms de diámetro).
. Edometria. Tres bancadas de cinco células de tipo Casagrande con diámetro 45-70 mm. Medida de asentamientos mediante comparadores.
. Vane de laboratorio. Accionamiento eléctrico y paletas intercambiables.
. Ensayo triaxial, tipo Geonor, con tres sistemas independientes de generación de presiones-hasta- 12 Kg/cm^2- mediante pesas o interfases aceite-agua; medida de presión intersticial mediante visor de mercurio, prensa

de accionamiento eléctrico y cajas de cambios, tres células triaxiales de cojinete rotatorio. Panel para la realización de ensayos de permeabilidad. Dificultades para la utilización del cambio de volumen; por consiguiente los drenajes se hacen a presión atmosférica y es imposible la medida de cambios volumétricos con presión de cola.

. Permeabilidad a nivel constante y variable.

- Mecánica de Rocas.

. Sierras de diamante para la preparación de testigos.
. Compresión simple. Prensa de 20 Tm. con célula de carga, transductores de deformación y registros x-y y x-t, PHILIPS. Galgas extensométricas y puente de Wheastone para la medida de deformación/módulos elásticos.
. Resistencia a la tracción mediante ensayo directo y brasileño.

- Análisis Químicos.

. Determinación de carbonatos, sulfatos y materia orgánica. Análisis general de aguas con determinación de aniones y cationes.

a.3.- Recursos humanos.-

Este laboratorio cuenta con dos personas de titulación universitaria, dos técnicos auxiliares y seis operarios.

a.4.- Otros servicios.-

La Jefatura puede realizar asimismo ensayos de campo y trabajos de reconocimiento. Para ello cuenta con equipo para la realización de sondeos y toma de muestras con tomamuestras de pared gruesa y delgada, además de los tubos testigos simples y dobles, equipo para la realización de pruebas de penetración estática (resistencia por punta, q_c) y dinámica y ensayo de placa de carga (Ø 30 y 70 cms.) con reacción posible sobre camión lastrado. Asimismo se han realizado pruebas de carga sobre pilotes. Equipos de reconocimiento sísmico (refracción) y eléctrico (sondeos eléctricos verticales).

a.5.- Conclusión.-

El Laboratorio (y servicios auxiliares) se encuentra razonablemente bien equipado para la realización de ensayos convencionales sobre suelos y rocas con algunas limitaciones específicas que serian facilmente solucionables con un mínimo presupuesto. Hasta fecha reciente era, sin duda, el Laboratorio de Geotecnia mejor equipado de Cataluña y, aparte de sus fines propios, ha ofrecido y ofrece, a otras entidades públicas y privadas, un servicio muy positivo y de calidad en el campo del reconocimiento y ensayo de materiales geológicos. El equipo humano con el que cuenta es perfectamente suficiente.

Su equipo actual, sin embargo, precisa una renovación y actualización si pretende mantenerse la operatividad y eficacia frente a modernos desarrollos en el ensayo e interpretación de resultados. El edificio y servicios generales actuales (que se consideraron provisionales hace 16 años) son un impedimento para una reforma profunda.

b) Servicio Geológico de Obras Públicas. Delegación de Barcelona. Este organismo, que depende de la Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.U., cuenta en Barcelona con una delegación reducida compuesta en la actualidad por:

Un ingeniero de caminos
Tres geólogos
Un ayudante de Obras Públicas
Dos administrativos
Diez-quince operarios sondistas.

El parque de maquinaria, almacén y Laboratorio del Servicio se encuentran en la sede central en Madrid. La Delegación de Barcelona dispone sin embargo, de forma permanente, de unas diez máquinas de sondeo de las que seis-siete se encuentran normalmente realizando trabajos de campo. Estas máquinas de sondeo están específicamente construidas para realizar taladros en presas. Se trata de máquinas a rotación desmontables (y por tanto facilmente transportables) sobre patines que pueden alcanzar profundidades máximas de 100 m con diámetro de testigo que oscila entre 75-92 mm. en superficie y 60 mm. en profundidad. Estas máquinas pueden ser dotadas de trípode y cabrestante para la realización de sondeos a percusión, con entubación, y posibilidad de alcanzar 20-30 m. de profundidad. De esta

forma es también posible la toma de muestras de tubo abierto y la realización de ensayos de penetración. (*)

En general el Servicio está especializado en el reconocimiento geológico-geotécnico de presas y sus cerradas, en las que también lleva a cabo trabajos de inyección, perforación de drenajes e incluso anclajes. El reconocimiento se ve asistido por la relización de registros de sondeos (incluyendo medidas de variación de calibre, inspección directa por televisión e inclinómetro) en los que el Servicio se ha especializado, y el apoyo de un Laboratorio Geotécnico (en Madrid).

Además de su actividad en el campo de los embalses, la Delegación del S.G.O.P. en Barcelona ha realizado numerosos trabajos relacionados con la Hidrologia Subterránea y la apertura de carreteras (generalmente de montaña) por parte de las Diputaciones catalanas.

c) Instituto Nacional de Calidad de la Edificación (I.N.C.E.).-

Este Instituto se ha dedicado fundamentalmente, desde su constitución en el seno del desaparecido Ministerio de la Vivienda, a la creación y financiación de una Red Oficial de Laboratorios de Ensayo de Materiales y Elementos de la Construcción. Las provincias de Barcelona, Tarragona y Lérida cuentan con Laboratorios en funcionamiento mientras que el Laboratorio de Gerona se encuentra en fase de instalación. En estos Laboratorios se realizan informes a petición de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda, Instituto Nacional de la Vivienda (ambos pertenecientes al M.O.P.U.) y varios juzgados de instrucción. El enfoque de estos estudios es generalmente el derivado del Control de Calidad

---

(*) El Servicio Geológico de Obras Públicas utiliza su propio ensayo de penetración "estandar" diferente del S.P.T. de Terzaghi. Entre ellos puede establecerse una correlación, base de los ábacos de conversión existentes.

de Edificaciones y se refieren a todo tipo de materiales que intervienen en la construcción de viviendas.

El reconocimiento de la cimentación de viviendas es también competencia de estos Laboratorios que disponen de equipos de realización de sondeos de reconocimiento y la posibilidad de realizar ensayos. (Ver Cuadro 3).

Los Laboratorios del I.N.C.E. de Lérida y Tarragona no disponen de sección de Mecánica de Suelos. Por otra parte los equipos de sondeos del I.N.C.E. estan centralizados en Madrid.

Este Instituto realiza también una labor de Homologación de Laboratorios de Control de Calidad. Existen Laboratorios Homologados en Gerona y Barcelona.

Por último, y a nivel nacional, el Instituto ha venido publicando una serie de Normas Tecnológicas para la edificación, algunas de ellas relacionadas con el terreno y las cimentaciones, que se mencionarán más adelante.

d) Otros Organismos.-

Con menor importancia en el campo geotécnico algunas instituciones disponen de cierta capacidad de trabajo. Así la Delegación de Obras Públicas del Ayuntamiento de Barcelona dispone de una máquina de sondeos a rotación (que, sin embargo, está practicamente sin utilizar). Mas importancia dentro del Ayuntamiento han tenido los estudios específicos de carácter geotécnico que se han realizado en colaboración con otros técnicos procedentes de otros organismos. Se mencionan en un apartado próximo.

El Laboratorio General de Ensayos de la Diputación de Barcelona cuenta con amplias instalaciones para el análisis y ensayo de materiales (siguiendo en muchos casos con las prescripciones de las normas de edificación y construcción vigentes). No cuenta con Laboratorio de Mecánica del Suelo pero está capacitado para realizar ensayos de compresión y brasileño sobre testigos de rocas. Sus instalaciones para realizar ensayos de vibraciones y conductividad térmica pueden eventualmente resultar de interés en algún estudio específico relacionado con el

terreno y las cimentaciones. Se trata fundamentalmente de un laboratorio orientado hacia el Control de Calidad, homologado por el I.N.C.E., en materiales de construcción tradicionales.

Identificación y Básicos

- Granulometria por tamizado y sedimentación
- Límites de Atterberg
- Pesos específicos - Humedad

Mecánicos

- Compresión simple
- Consolidación (edométrica)
- Hinchamiento Lambe
- Corte directo

Químicos

- pH suelo
- Contenido en sulfatos
- Contenido en carbonatos
- Contenido en materia orgánica

Otros

- Equivalente de arena
- Proctor
- CBR
- Permeabilidad (carga variable, fija)

Cuadro 3.- Ensayos de Mecánica de Suelos disponibles en el Laboratorio del I.N.C.E. Barcelona.

3.3.- Universidad.-

El equipamiento de la Universidad catalana en el campo de la Geotecnia es relativamente reciente. Destaca sin embargo el Laboratorio de Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona que ha seguido, a partir de su creación en 1975, un ritmo relativamente rápido de crecimiento y adecuación a ensayos de un laboratorio "convencional".

Se describe a continuación con algún detalle este Laboratorio, como se ha hecho con el Laboratorio de la Jefatura Regional de Carreteras, del M.O.P.U., y se mencionarán más adelante otras actividades de equipos de menos volumen, existentes en otros Centros.

3.3.1.- Laboratorio de Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona.-

a) Ubicación y Equipamiento general.-

El Laboratorio se halla situado en un semisótano de la Escuela lo que le proporciona aislamiento térmico notable. Las oscilaciones térmicas diarias máximas no suelen superar los 2º C.

El Laboratorio dispone de:

- red de agua destilada y/o desaireada
- red eléctrica 220 v. y trifásica con toma de tierra e interruptores diferenciales.
- instalación de aire a presión hasta presiones de 15 atmósferas
- instalaciones de vacio
- red de gas ciudad provista de calentadores y mecheros Bunsen

Las muestras se almacenan en cámara húmeda. Es utilizado por el Laboratorio, de forma directa, el equipo del Laboratorio de cáculo numérico de la Escuela especialmente en lo que se refiere a la elaboración de resultados de ensayo en miniordenador y su representación gráfica automática en plotter.

b) Recursos materiales.-

Se agrupan estos en diferentes áreas a las que se ha procurado dar, dentro de lo posible, una localización específica y diferenciada dentro del Laboratorio, con relaciones de proximidad lógicas y preconcebidas.

b-1 Material General.

- Balanzas electrónicas de diversa precisión y rango de medida, balanza analítica, balanza mecánica, estufas de desecación.
- Termómetro digital con capacidad para 3 sondas termométricas (-100º a + 400ºC con 0.1º C de precisión). Baño termostático (20 l y 0.1º C de precisión), termoestatos electrónicos de precisión, fueraborda de circulación (0-100º C. y 0.1º C. sensibilidad).
- Baño de arena con capacidad de regulación
- Material diverso de vidrio y porcelana.

b-2 Instrumentación y equipo automatizado de toma de datos.

- Comparadores de varios rangos y precisiones
- Anillos dinamométricos de 100 a 1000 Kg. Algunos instrumentados con transductores LVDT.
- Manómetros Bourdon 0-12 Kg/cm^2.
- Células de carga (0-1000 Kg.- 0-20.000 Kg.)
- Transductores de presión (0-12 Kg/cm^2) con membrana de baja deformabilidad (medida de presiones intersticiales).
- Transductores de desplazamiento (LVDT)
- Registradores X,X,T; X,Y
- "Data-logging" de cuatro canales con impresión de medidas.
- Unidades de conversión analógico-digital y de acondicionamiento de señal para ser gobernada por microprocesador. Almacenamiento de datos en cinta (desarrollado en el Laboratorio).
- Microprocesador para procesado de datos, con capacidad de programación en Basic (32KB)

b-3 Ensayos de identificación y compactación.

- Series completas tamices. Tamizadora electromagnética.
- Límites de Atterberg

. Pesos específicos
. Granulometria por sedimentación
. Ensayos Proctor

b-4 Ensayos mecánicos. (Compresión simple, corte).

. Prensas de accionamiento manual y mecánico de hasta 1 Tm.
. Prensa accionamiento electro-mecánico. Velocidades 0.0005 mm/min. a 5 mm/min.
. Bancada para ensayos de corte (muestras 6x6 cms. o Ø 5 cms) con equipo "ad hoc" para la realización de ciclos de carga-descarga.
. Bancada de ensayos de corte anular tipo Hvorslev (resistencias residuales).
. Equipo de corte de diaclosas de rocas, transportable al campo,tipo Hoek.

b-5 Ensayos de consolidación.

. Bancadas de células edométricas convencionales Ø 50 y 70 mm. (seis células) (dotadas de equipo de registro automático de deformaciones).
. Célula Rowe de consolidación (Ø 76 mm) adaptada para ensayos por deformación uniaxial de suelos no saturados.
. Consolidómetro de gran tamaño Ø = 30 cms. y gran recorrido,previsto,entre otros fines, para la fabricación en Laboratorio de muestras con - historias de tensiones controladas. Capaz para ser extensamente instrumentada. Desarrollada en el Laboratorio.

b-6 Ensayos triaxiales.

. Cuatro paneles de control y distribución de presión
. Doce unidades independientes de generación de presión por columna de mercurio (0-12 Kg/cm^2).
. Equipo de medida de cambio de volumen con presión en cola. En adaptación sistema de medida automática de cambios de volumen.
. Células triaxiales con/sin cabeza rotatoria para probetas de hasta 100 mm. de diámetro.
. Prensa de 5 Tn. y velocidad de compresión continuamente variable.
. Bancada para la realización de ensayos por control de tensiones.

b-7.- Equipo para ensayos químicos.

. Determinación de carbonatos, materia orgánica, sulfatos y en general todo tipo de ensayos químicos de suelo y agua en colaboración con el Laboratorio de Química de la Escuela.

c) Recursos humanos.

En la actualidad (1980) trabajan en el Departamento de Ingenieria del Terreno siete profesores, cuatro alumnos becarios, un maestro de taller y dos ficiales de segunda. La actividad en el Laboratorio propiamente dicha se concentra en tres profesores. Estos recursos son suficientes para mantener una aceptable actividad de ensayos y puesta a punto de investigaciones experimentales. Las instalaciones y las lineas de investigación previstas requieren sin embargo un mayor apoyo a nivel de maestro de taller y oficiales de segunda. El sistema de becas y ayudas a alumnos por parte del Ministerio de Asistencia y Promoción del Estudiante es utilizado al máximo como instrumento de formación de alumnos y de apoyo a las actividades del Laboratorio. Se trata de experiencias muy positivas para ambas partes por las que pasa la futura integración de doctorados en el Laboratorio.

d) Investigaciones del Departamento de Ingenieria del Terreno.

Bien con carácter puramente experimental o con un fuerte contenido teórico se desarrollan una serie de lineas de investigación (cuatro de ellas en conexión directa con tesis doctorales) que se resumen brevemente a continuación

1.- Alteración y alterabilidad potencial de las principales unidades litológicas de Cataluña. El objetivo principal es establecer índices de alterabilidad (tanto particulares del tipo de roca como generales según los factores predominantes), el estudio de estos factores en la región, los posibles factores retardantes de esta alteración y la velocidad previsible de la misma.

El interés de esta investigación viene en función de la importancia de los problemas debido a fenómenos de alteración y alterabilidad de los materia-

les de superficie y un correcto y completo conocimiento de estos problemas a la hora de tomar decisiones sobre un determinado proyecto de ingenieria, hidrologia o urbanismo.

2.- Caracterización litológica y geotécnica de macizos rocosos para planificación territorial. Se estudia el condicionamiento litológico sobre la planificación territorial. Se destaca el interés de estudiar una metodologia que recoja las aportaciones ya existentes y busque una normalización de los trabajos en este campo.

3.- Estudio teórico y experimental del comportamiento de suelos no saturados. En el plano teórico se formula un modelo teórico general del comportamiento del suelo no saturado, que en una primera etapa hace referencia a los fenómenos de cambio de volumen, estudiados en toda su complejidad. En el aspecto experimental, se llevarán a cabo ensayos triaxiales y edométricos sobre muestras no saturadas con control de las presiones de agua y aire y el empleo de técnicas psicrométricas.

4.- Descripción estocástica del suelo y diseño probabilístico en Geotecnia. Se siguen las lineas siguientes: 1. Utilización de técnicas de máxima entropia para el análisis de datos escasos o "cortos" (sondeos, ensayos de penetración). 2. Simulación de propiedades en áreas no directamente reconocidas. 3. Formulación y análisis del concepto de "parámetro equivalente" en medios estocásticamente heterogéneos. 4. Desarrollo de criterios óptimos de diseño en presencia de incertidumbre.

5.- Cartografia geotécnica. En colaboración con el Laboratorio Central des Ponts et Chaussées se trabaja para poner a punto una metodologia de trabajo y la realización práctica de la cartografia geotécnica de áreas densamente pobladas y/o industrializadas. Se cuenta con el apoyo de la Facultad de Informática con objeto de iniciar la creación de bancos de datos apropiados.

6.- Estudio de la velocidad de aplicación de cargas sobre suelos blandos saturados manteniendo un control de deformaciones y de seguridad frente a rotura. Se desarrolla, para arcillas saturadas, una ley de aplicación de carga en función del tiempo que tiene en cuenta la evolución de las propiedades tensodeformacionales del terreno a medida que transcurre la consolidación, de forma que se ase-

gura la consecución de una historia prevista de deformación y de seguridad frente a rotura. El análisis se refiere a las condiciones de ensayo triaxiales -- (con la consiguiente validación experimental) y a problemas de escala real.

7.- Interacción suelo - estructura. Se analizan y comparan entre sí diversos modelos de suelo (Winkler, Boussinesq, Pasternak, Rivkin, mixto) frente a problemas generales de interacción entre suelo y estructuras lineales o planas (finitas o infinitas) en contacto con él. Se han encontrado caminos generales de solución a través de ecuaciones integrales de Fredholm o de la aplicación de las series de potencias de Borowicka-Gorbunov-Posadov. Se extienden los métodos desarrollados al problema de la interacción con elementos estructurales en el interior del suelo.

8.- Toma de muestras en suelos. Trabajo desarrollado en colaboración con el Subcomité de Toma de Muestras de la Sociedad Internacional y en el momento actual dirigido fundamentalmente a la cuantificación de la alteración que las propiedades de deformación de suelos "consistentes" sufren en el transcurso del muestreo y su posterior ensayo en el Laboratorio.

9.- Medida y análisis retrospectivo de casos reales. Son investigaciones puntuales y de tipo diverso en función de las peculiaridades de cada caso. Se reconoce la importancia fundamental de estos análisis para mejorar los métodos de predicción existentes. Hasta el momento se han analizado en detalle problemas de predicción de asientos.

10.- Túneles. Se trabaja, a iniciativa de la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS) en la redacción de una Norma. Su desarrollo se prevé lento y acompañado de investigaciones puntuales que ayuden a definir aspectos mal conocidos.

11.- Fricción negativa en pilotes. Estudio teórico y experimental. A partir de la idea de utilizar el "método de la función de transferencia" se ha puesto a punto un procedimiento numérico para analizar el mecanismo de la fricción negativa y permitir un estudio paramétrico. Paralelamente se ha desarrollado un simple sistema experimental a partir de un equipo de corte directo para estudiar

la fricción suelo-material del pilote bajo tensiones de corte alternativas.

12.- Estabilización de suelos. Estudio experimental en colaboración con el Laboratorio de materiales de la estabilización de suelos (sauló, arcillas) mediante la adición de cenizas (fly-ash) procedentes de centrales térmicas alimentadas por carbón, que tienen notables propiedades de autofraguado.

e) Desarrollo inmediato del Laboratorio y Otros Servicios.

e.1- A corto plazo (seis meses) está previsto

1.- Completar el sistema de instrumentación, adquisición y reducción automática de datos de forma que se consiga un sistema flexible y modular, de gran precisión, apto para ser adaptado a cualquier tipo de ensayo que puede emprenderse en el Laboratorio.

2.- Desarrollar el sistema triaxial mediante la incorporación de células triaxiales de gran diámetro y células neumáticas para ensayo de muestras bajo caminos arbitrarios de tensiones.

3.- Incorporar un equipo de medida de succiones en suelos no saturados mediante técnicas micrométricas utilizables "in situ" y en muestras bajo condiciones controladas de Laboratorio.

4.- Incorporar nuevas células edométricas convencionales y, sobre todo, una célula edométrica que realice ensayos a velocidad constante de deformación, reduciendo drasticamente los tiempos de ensayo, tradicionalmente muy lentos.

5.- Incorporar un equipo de reconocimiento del terreno mediante sísmica por refracción, con el fin de apoyar los trabajos de campo asociados a los estudios de cartografía geológica y geotécnica en curso.

6.- Desarrollo de una cuba de ensayos que permita la experimentación en modelo de elementos estructurales en contacto con terrenos arenosos (vigas, conducciones, anclajes, etc).

e.2.- Aparte de los servicios derivados de las instalaciones de ensayo existentes y de las actividades de investigación en marcha, el Laboratorio está capacitado para

1.- Desarrollar equipos de ensayo e instrumentación específicos adaptados a necesidades concretas.

2.- Realización de cálculo automático por ordenador, y desarrollo de programas, en una variedad de campos. Están disponibles en la actualidad programas sobre

-Estabilidad de taludes en suelos (Bishop)
-Estabilidad de taludes en roca (método de las cuñas)
-Análisis elástico (bidimensional y tridimensional) y elastoplástico, mediante elementos finitos, de problemas de interacción suelo-estructura.
-Análisis de flujo en medio poroso mediante elementos finitos
-Consolidación de suelos saturados y no saturados
-Análisis estadístico de datos de origen geológico-geotécnico (estudios de correlación y espectrales de registros, análisis factorial, proyección estereográfica de datos sobre discontinuidades).

3.3.2.- Facultad de Geológicas. Universidad Central.

Dentro del Departamento de Prospección se dispone de equipos que tienen utilidad en el campo geotécnico. En particular pueden realizarse ensayos de identificación de terrenos y químicos, reconocimiento del terreno mediante penetración dinámica y reconocimiento geofísico mediante

.Prospección sísmica (equipo de refracción de un canal)
.Prospección eléctrica (S.E.V.)
.Prospección gravimétrica
.Prospección magnética

3.3.3.- Otros.-

Dentro del Laboratorio de Materiales de la Escuela de Arquitectura Técni-

ca (Aparejadores) de la Universidad Politécnica de Barcelona se dispone de equipo para la realización de ensayos básicos y de identificación de suelos y ensayos mecánicos convencionales. Está en proceso de instalación un equipo triaxial.

Por último la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Minas de Manresa, dependiente de la Universidad Politécnica de Barcelona, está especializada en diversas técnicas de reconocimiento ligadas fundamentalmente al campo de la mineria.

4.- NORMATIVA Y ESTUDIOS SOBRESALIENTES (CATALUÑA).-

4.1.- Normativa.-

El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, a través del Instituto Nacional de Calidad de la Edificación (NTE) se viene ocupando, en los últimos cinco años, de desarrollar Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) con incidencia directa en el mundo geotécnico. Estas Normas no son de obligado cumplimiento, excepto en edificaciones oficiales. Su uso, sin embargo, exime al técnico que las utilice de justificaciones adicionales y de las correspondientes responsabilidades. Alguna de estas Normas (por ejemplo la NTE-CEG. Cimentaciones. Estudios geotécnicos.) han sido acusadas en ocasiones de dejar en situación poco competitiva a la empresa que las utilice. Ello refleja en parte, en nuestra opinión, el mediano nivel técnico con que en muchas ocasiones se aborda el reconocimiento del terreno. En todo caso el conjunto de Normas existentes supone un avance importante en el camino de la normalización, ordenación y mejora de nivel de las prácticas geotécnicas habituales en nuestro pais.

Estas Normas se indican en el Cuadro 2.

Las dos últimas Normas se han incluido por ser de uso corriente por el especialista en Geotecnia.

Por lo que se refiere a ensayos se dispone asimismo, a nivel nacional, de las Normas (NLT) editadas por el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y de las Normas UNE. Se recoge en el Apéndice 4 la relación de ensayos normados. Estas Normas

son aplicadas en Laboratorios oficiales y homologados. Los Laboratorios privados las siguen en gran medida.

Algunos organismos de la Administración han desarrollado en ocasiones normativa propia de aplicación en sus centros dependientes. Citamos a este respecto las "Recomendaciones para el estudio geotécnico del trazado de autopistas y carreteras importantes".

Cuadro nº 2

Código	Título	Fecha B.O.E.
ADD	Acondicionamiento del Terreno. Desmontes y demoliciones.	15 y 22-2-75
CEG	Cimentaciones.Estudios Geotécnicos.	20 y 27-12-75
ADV	Acondicionamiento del Terreno.Desmontes y vaciados.	6 y 13-3-76
ADE	Acondicionamiento del Terreno.Desmontes y explanaciones.	2 y 9-4-77
ASD	Acondicionamiento del Terreno.Saneamientos ,Drenajes y Avenamientos.	23 y 30-4-76
CCT	Cimentaciones.Contenciones.Taludes.	3-12-77
CPI	Cimentaciones.Pilotes "in situ".	10 y 17-12-77
CPP	Cimentaciones.Pilotes prefabricados.	29-7-77 y 7 y 5-8-77
CPE	Cimentaciones.Pilotes.Encepados.	28-11-78
ECV	Estructuras.Cargas de Viento.	7-7-73
ECS	Estructuras. Cargas Sísmicas.	24-2-73

División de Materiales de la Dirección General de Carreteras.M.O.P. Junio 1970.

Por lo demás no existe Norma Geotécnica adicional alguna que haga referencia específicamente al ámbito territorial de Cataluña. Señalamos sin embargo que el Colegio de Arquitectos de Cataluña exige un Estudio Geotécnico en todo proyecto de edificación de más de 10 plantas o dos sótanos. En general los estudios geotécnicos realizados en obras de edificación se apartan considerablemente de lo especificado en las Normas N.T.E.

4.2.- Estudios Geotécnicos Sobresalientes (Cataluña).-

Se han dividido en los conceptos siguientes:

a) Tesis Doctorales

1.- J. Santos Miñón. "Generalización del método de las series de potencias de Borowicka-Gorbunov-Posadov para la solución del problema de contacto y su aplicación al cálculo de obras que se apoyan en un semiespacio definido por dos coeficientes de balasto (Pasternak)". E.T.S. Ingenieros de Caminos de Barcelona. Febrero 1980.

2.- J. Ximenez de Embún. "Aplicaciones de la estadística al reconocimiento del terreno. El cálculo de asientos diferenciales a partir de los ensayos de penetración". E.T.S. Ingenieros de Caminos de Madrid. Septiembre de 1977. (Contiene análisis estadístico de numerosos ensayos de penetración realizados en el Delta del Llobregat).

Mencionamos aquí por último el trabajo "Mapa Geotécnico de Barcelona" presentado como tesina en la Facultad de Geológicas de la Universidad Central de Barcelona (y en parte publicado por Losán). Autor: Albert Ventayol.

b) Articulos publicados de índole geotécnica que hacen referencia a terrenos u obras en Cataluña o bien realizadas en Instituciones radicadas en Cataluña.-

b-1. Boletín "Informaciones y estudios" del Servicio Geológico de Obras Públicas.

- Boletín nº 11. "La pirrotina en el terreno. Peligro para los hormigones". Por Manuel Vidal Pardal, Marzo, 1962. (Menciona la existenica de pirrotina en el Montseny, Gualba, Massanet de Cabrenys y Prat de Canveram).
- Boletín nº 21. "Obras Públicas en terrenos salinos". (mención a yesos en Cataluña).
- Boletín nº 23."Determinación de los Niveles Freáticos en un macizo calcáreo a partir de una previa explotación submarina".Por F. Macau Vilar. (Se refiere al macizo calcáreo de Montgrí,Gerona).
- Boletín nº 27 . Dedicado al IX Congreso Internacional de Grandes Presas (Estambul,1967).(Se refiere a trabajos realizados en presas Españolas por el Servicio Geológico de Obras Públicas entre 1964 y 1967).

b-2. Comunicaciones al 1er Simposio Nacional sobre Túneles.Madrid-Diciembre de 1974.

- Vidal Font,J.- "Clasificación geotécnica de los materiales del Turó de la Rubira".
- Warleta de Terry, J.M. y J.M. Roca Pijoan.-"La problemática de los emboquilles en los túneles del Tibidabo".
- Vidal Font, J. y J. Fernandez Pola Cuesta.- "La auscultación del Túnel del Turó de la Rubira (Barcelona)".
- Serrano Herrero, J.M.- "El nuevo método austriaco y su aplicación a los túneles del Tibidabo".

b-3. Comunicaciones al Simposio Nacional sobre Rocas Blandas. Madrid-Noviembre, 1976.

-Jimenez Salas J.A., Uriel S. y R. Vicente.- "Estudios preliminares y comportamiento de los terraplenes de margas arcillosos en la Autopista Martorell-Villafranca. Comunicación B-2.
- Rodriguez Ortiz,J.M. y C. Prieto.- "Los materiales del Keuper y su incidencia sobre los taludes de obras viales". Comunicación C-10.

- Bote Frech R. y M. Borrás.- "Estaciones de control en la excavación del Túnel del Metro de Barcelona". Comunicación D-3.
- J.M. Serrano y J. Vidal.- "Reflexiones sobre el proyecto y construcción de túneles urbanos en rocas blandas". Comunicación D-21
- J.L.Fernández Alba y J. Borrás.- "Construcción de un túnel en arcilla compacta con máquina rozadora".Comunicación D-7.

b-4. Comunicaciones al 3er Congreso de la "Internacional Association of Engineering Geology".- Madrid, 1978.

- Rodriguez Ortiz,J.M., C. Prieto y J.A. Hinojosa.- "Regional Studies on Mass movements in Spain". Sección 1 Vol. 1, pp.267-277.
- Broc V. y T. Toral.- "Geology and Geotechny in the Los Bruchs Tunnel". Sección 3, pp. 28-31.
- Saenz Ridruejo,C., M. Arenillas y J.M.Lopez Marinas. "Conditioning Factors and Seismotectonic Studies for Nuclear Plants in - Spain". Sección 3,Vol. 2,pp. 193-210.
- Broc V. y T. Toral.- "The Viaduct of 'La Puda' over the Llobregat River ". Sección 3, Vol. 1, pp. 20-25.
- Saenz Ridruejo,C., J. M. Lopez Marinas y E. Quiles. "The Impermeabilization of the Dam at Cañelles in the Lower Pyrenèes in Spain". Sección 3, Vol. 1, pp. 215-230.
- Rodriguez Ortiz J.M., C. Prieto, F.J. Castanedo y J. Hermiso.- "The evolution of the Ebro Delta". Sección 1, Vol.2,pp.248-260.

b-5. Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

- Alonso, E.E., Casanovas,J. Murcia,J. Santos (1977). "Criteria for the Desing of Sampling Strategies in Reconnaissance Studies". Proceedings of the Specialty Session on Soil Sampling. IX International Congress on Soil Mech and found Engng.Tokyo.pp. 127-141.
- Alonso,E.E. (1980).- "Toma de muestras en Sondeos de reconocimiento Geotécnico en España". Revista de Obras Públicas.Febrero.
- Casanovas,J. y E.E. Alonso (1979).- "Secondary settlements of pi-

- Alonso, E.E. and J. Casanovas (1979).- "A note on the effects of sampling disturb ance on the deformation characteristics of medium to stiff clayey soils". Proceeding of the 7 th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Brighton-Discussion Volume.
- Alonso E. (1979).- "Descripción Estadística de las Propiedades del Terreno". Boletin del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo nº 135. Sept.-Oct.
- Alonso E. (1979)."Enfoque probabilista del Proyecto Geotécnico". Boletín del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo nº 136, Nov-Dic.
- Lloret,A. y E.E. Alonso (1979).- "Consolidation of unsaturated soil including swelling and collapse behaviour". Publicación nº GT07. E. T.S.I.C.C.P. de Barcelona. Próxima publicación en revista extranjera.
- Lloret, A. J. Fenollosa, J. Casanovas y E. Alonso (1980).-"Estudio experimental del fenómeno del colapso e hinchamiento en terrenos no saturados y cementados del Plà del Vendrell". Publicación nº GT08. E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona.
- Vazquez,E. y E.E. Alonso.- "Fly-ash stabilization of decomposed granite". Congreso de la Sociedad Internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Estocolmo. Junio-81 (en prensa).
- Casanovas,J.S. y E.E. Alonso.- "Pile group settlement prediction by simple theories". Congreso de la Sociedad Internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Estocolmo. Junio-81 (En prensa)

c) Cartografia básica.

- Hojas del Mapa Geotécnico, E: 1/200000. Hacen referencia a Cataluña las nº 25,35,15-24,34,42,14-23,33,41,48. En otro lugar de este informe se comenta el alcance de este trabajo.
- "Estudio previo de Terrenos". Publicados por la Sección de Geotecnia y Construcciones del Servicio de Tecnologia de Carreteras de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U. Se trata de estudios Geológico-Geomorfológico-Geotécnicos previos al proyecto de carreteras.Dedican especial énfasis a zonas de desprendimientos y estudio de yacimientos

y terrenos de préstamo. Contienen Memoria y planos: Uno litológico estructural a escala 1/50000 y 4 esquemas a escalas 1/200000:geológico, morfológico de suelos y formaciones de pequeño espesor y geotécnico.

Los más modernos están realizados con arreglo al "Pliego de prescripciones técnicas para la realización de estudios previos de terrenos "publicado por la Dirección General de Carreteras en Mayo/1976.

Destacan a este respecto los estudios previos en relación con el Plan Pirineos (Tramos: Broto-Pont de Suert, Campo-Isona,Tremp-Manresa).

d) Estudios Geotécnicos de Obras Singulares.

Estos estudios no están en general disponibles. Pertenecen normalmente a las propiedades de las diferentes obras que se mencionan. Se quiere dejar aqui constancia de algunos de ellos por lo que suponen de aportación potencial a la comunidad en el mejor conocimiento geotécnico de algunos terrenos frente a obras y solicitaciones de gran envergadura.

- Estudios geotécnicos asociados a la construcción de la red de metros de Barcelona.Están basados en la ejecución de sondeos a lo largo de los itinerarios previstos, sondeos que no suelen superar los 20 m. Los proyectos se encuentran en parte en la Jefatura Regional de Transportes Terrestres de Barcelona (hoy dependiente de la Generalitat) y en parte en la Dirección General del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en Madrid.
- Estudios Geotécnicos/Geológicos asociados a Túneles. Algunos (Turó de la Rubira) han sido publicados en Congresos y han sido mencionados. Destacamos el Túnel del Cadí, (autor del proyecto: A. Serratosa-PROPISA) actualmente en fase de perforación del túnel previo.
- Estudios Geotécnicos asociados a Centrales Nucleares. En particular mencionamos los que se refieren a las unidades de Vandellós y Ascó. Estos proyectos exigen un estudio detallado de los terrenos de cimentación incluso en aspectos tan poco frecuentes como la determinación de módulos dinámicos del terreno. Contienen asimismo estudios sismotectónicos de detalle y evaluación de riesgos sísmicos. La singularidad de estas obras exige por lo general estudios geotécnicos de considerable

interés (instalación de centrales subterráneas de bombeo en terrenos inundables en Vandellós, túneles submarinos en Vandellós, el conflictivo tema del levantamiento de la Central de Ascó, asociado a relajación de tensiones y a las peculiares características del terreno- areniscas y margas con abundantes intercalaciones de yeso -etc.etc.

- Estudios geotécnicos asociados a la construcción de Grandes Presas. Algunos de estos estudios quedan reflejados en comunicaciones a Congresos o publicaciones de otra índole. Así cabe mencionar "La presa de Susqueda" por A. Rebollo, publicado por el Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos, los artículos sobre las presas de la Baells y Baserca-Llauset en el treceavo Congreso Internacional de Grandes Presas de Nueva Delhi:
  . Guerrero Martin-Romero et al "Presa de la Baells"
  . Alvarez,A. et al "Las presas de Baserca y Llauset, componentes del salto de Bombeo de Moralets".

  Otros trabajos (presa de Cañelles) han quedado reflejados en otros articulos mencionados.

e) Varios.

- Recogiendo la experiencia acumulada por técnicos de Autopistas Concesionaria Española (ACESA) y dirigidos por J.M. Compte, Director Técnico se celebraron durante el año 76, un conjunto de Seminarios (reflejados en las correspondientes comunicaciones) entre los que destacamos:
- "Plataforma, su drenaje y acabados" por J. Lahoza.
- "Problemática de los Movimientos de Tierras" por Ricardo Saenz Nieto.
- "Cimentaciones de las Obras de Fábrica y Problemas asociados" por J. Lamas y J. Casanovas.
- Algunos datos sobre propiedades de suelos en Cataluña y en particular un estudio de las resistencias a la penetración (y su correlación con deformabilidades) de las arenas del Puerto Franco de Barcelona pueden encontrarse en la obra Geotecnia y Cimientos I (J.A. Jiménez Salas y J.L. de Justo) y Geotecnia y Cimientos II (J.A. Jiménez Salas,J.L. de Justo y A. Serrano) editada por Rueda. Madrid.
- El articulo "La sismicidad y riesgo sísmico en Cataluña y Pirineos"

por A. Roca. Jornadas Técnicas sobre Ingenieria Sísmica.E.T.S. Ingenieros Caminos de Barcelona. Marzo/77, es un estudio interesante monográfico dedicado al riesgo sísmico en Cataluña.

5.- PROBLEMAS GEOTECNICOS IDENTIFICADOS EN RELACION CON EL MARCO GEOLOGICO.-

Conviene destacar aqui que la práctica de la Geotecnia es esencialmente puntual y referida al tipo de obra o proyecto en construcción o estudio. En consecuencia, en este Apartado se propone un ejercicio de síntesis, aproximado, con ciertas dosis inevitables de vaguedad que refleja la experiencia y opinión del autor y también, en gran medida, del conjunto de personas que trabajan en equipo con él.

Desde el punto de vista geotécnico, Cataluña ofrece una enorme variedad de formaciones que, asociadas a la extensa tipologia de obras construidas y por construir- desde las grandes obras públicas (presas, autopistas) y centrales (nucleares y térmicas) a la gran actividad urbanizadora y de construcción de viviendas de los grandes núcleos de población- hace que pueda plantearse virtualmente cualquier situación. Ello exigiria (y exige) la puesta a punto de una notable capacidad de análisis, ensayo y construcción especializada que se mencionará más adelante.

Los grandes núcleos urbanos están asentados sobre terrenos que en general podriamos calificar de aceptables desde el punto de vista geotécnico. Así Barcelona se asienta en gran medida sobre un llano donde predominan los depósitos - cuaternarios carbonatados y consolidados que ofrecen una buena capacidad de carga y unas aceptables condiciones de estabilidad. De forma también general, en Tarragona no existen riesgos importantes en la cimentación sobre los cuaternarios carbonatados. Lérida cuenta con buen apoyo sobre areniscas a pequeña profundidad, en Gerona es posible cimentar sobre arcillas margosas duras si los 5-7m superficiales de limos son juzgados inaceptables, etc. A favor de esta calidad global se han desarrollado muchas empresas especializadas en reconocimiento y/o cimentación con nivel técnico poco desarrollado, escasas posibilidades fuera de las (escasas) técnicas que utilizan y adaptadas, sobre todo, al mundo de la edi-

ficación en grandes ciudades, fundamentalmente Barcelona y su "hinterland".

Sin embargo son notables las excepciones y situaciones particulares que alteran la visión general anterior y que por ello mismo, tienden a crear problemas y situaciones patológicas con cierta frecuencia.

Señalaremos a continuación alguno de estos problemas geotécnicos singulares planteados en Cataluña. La lista no es exhaustiva y se han omitido casos muy puntuales conocidos en favor de una cierta síntesis motivada fundamentalmente por algunas formaciones geológicas particularmente conflictivas:

a) Cuaternario de zonas industriales y densamente pobladas. Señalamos en particular:
   - Los suelos del llano de Barcelona y formaciones aluviales, aluviales y deltaicas adyacentes. Existe en general un importante desconocimiento de los valores numéricos de sus propiedades debido a la dificultad de obtención. Los reconocimientos convencionales de edificaciones no añaden en general nada nuevo a este desconocimiento. Son precisos ensayos y medidas "in situ" y preferiblemente a escala real junto con cuidadosos ensayos de laboratorio sobre muestras de calidad.
     Es necesario, además, conocer la heterogeneidad espacial de estos materiales, la aparición de depósitos blandos asociados a rellenos, rieras, bolsadas de suelo orgánico en las inmediaciones de los deltas, etc. Una correcta cartografia geotécnica debe dar respuesta, en primera aproximación, a ambas necesidades.
   - Los suelos carbonatados del llano de Tarragona presentan en ocasiones peligrosos fenómenos kársticos locales cuya extensión y localización debe investigarse.
   - Son comunes en las penillanuras costeras la existencia de limos cementados de carácter loessico (Plà de Vendrell,Hospitalet de Llobregat) que son capaces de sufrir cambios de volumen (colapso y a veces hinchamiento) frente a variaciones de humedad. Su extensión y características geotécnicas son poco conocidas.
   - Gran parte de los suelos citados tienen una característica común:son suelos no saturados. Su estudio a nivel teórico y experimental no ha hecho más que empezar en Geotecnia.

b) Terrenos inestables.

La "estabilidad" a que se refiere este apartado está generalmente asociada a deslizamientos en taludes. Se incluyen también algunos fenómenos de inestabilidad kárstica en formaciones yesíferas.

. Borde de la cadena granítica litoral catalana. Caida de bloques por alteración de vetas que "aislan" grandes masas graníticas. Asimismo inestabilidad asociada a depósitos suelos de cobertera en lugares de fuerte pendiente, en ocasiones favorecido por acción erosiva de oleaje. Se conocen situaciones inestables en Costa Brava, Sant Pol, Puerto de Blanes (bloques anclados),Calella, Arenys de Mar, etc. Peligro asociado de desprendimientos sobre playas.

. Terrenos de descomposición de basaltos en el área de Olot.

. Inestabilidad en terrenos paleozoicos en especial en pizarras y esquistos silúricos y ordovícicos que generalmente se encuentran muy tectonizados. Se conocen fenómenos de inestabilidad en la cordillera costera, próximos a Barcelona (desmontes en carreteras y autopistas, túneles Tibidabo, etc) y en la Sierra del Montseny.

. Terrenos del Triásico. Se conocen fenómenos de inestabilidad en muchos afloramientos y en particular en:

- La cuenca de Corbera, en las margas y arcillas del Keuper.
- Una amplia zona al W. de Caldas de Montbuy y al W. de la Sierra del Montseny. Desprendimiento de lajas (dolomias,calizas,areniscas,) en pendientes fuertes.
- Deslizamientos generalizados en las proximidades del vaso de la Presa de la Baells (próximo a Berga).
- Deslizamientos en los alrededores de la Hoya de Mora (Tarragona) en el Keuper.

. Formaciones de la Cuenca de Tremp (con margas-y yesos-garumnenses);amplios fenómenos de inestabilidad.

. Terciario del Vallés. Deslizamientos frecuentes en las margas miocenas fisuradas de plasticidad variable. A veces con buzamientos de 15º.

- Inestabilidad kárstica en los yesos de la depresión del Ebro intercaladas en sedimentos miocenos.
- Plioceno del Ampurdán (muy heterogéneo). Inestabilidades observadas en desmontes y taludes naturales asociados a cauces de rios.
- Depósitos y coluviones de piedemonte. Son relativamente frecuentes los deslizamientos.

- Morrenas glaciares. Observados corrimientos en relación con urbanizaciones de alta montaña y proyectos hidroeléctricos.

c) Erosiones. Diferentes aspectos:

. Erosiones globales por cuencas y sus efectos en pérdida de suelo cultivable y aterramientos de embalses. Necesario estudio sistemático.

. Erosiones de pie en taludes provocados por rios y riesgos asociados de deslizamiento (ejemplos en Castellfullit de la Roca, Ripoll).

. Erosión rápida de algunos terrenos o suelos utilizados en la construcción de terraplenes o expuestos en desmontes.

Destacamos la rapidez de la erosión por escorrentia en Saulós.

d) Deltas.

Con frecuencia son el asiento de núcleos industriales y de vivienda. Presentan problemas específicos de cimentación. En particular:

. Delta del Besós. Depósitos extraordinariamente heterogéneos.Algunos pilotajes son cortos. Necesario en ocasiones alcanzar 30m. de profundidad. Seria conveniente analizar soluciones de cimentación alternativas (precarga, por ejemplo).

. Delta del Llobregat. Más homogéneo que el Delta del Besós. Arenas "superficiales" permiten cimentaciones pilotadas a poca profundidad con menos riesgo,. A veces, sin embargo, es necesario llegar, con fuertes cargas, a gran profundidad (40m.).

. Otros Deltas o zonas (Ebro, áreas bajas Ampurdán) son menos conocidas desde el punto de vista geotécnico.

En general se posee escasa información sobre las propiedades geotécnicas (deformabilidad, coeficientes de consolidación, condiciones de drenaje,etc) de los materiales de estos deltas.

e) Estabilidad de Cauces.

. Las extracciones de áridos modifican el equilibrio de cauces provocando erosiones con graves consecuencias en ocasiones (hundimiento del puente de Carlos III en Molins). Se juzga necesario un análisis profundo de la estabilidad actual (y posible evolución) de los cauces en Cataluña como instrumento para ayudar a definir una política de extracciones.

f) Riesgo sísmico en Cataluña.

. Tomado del estudio de Roca "La sismicidad y Riesgo sísmico en Cataluña y Pirineos" (ver Aptdo. 4.2.c) se ha incluido un mapa de riesgo sísmico de Cataluña que tiene el sentido de que la probabilidad que se produzca un terremoto de intensidad igual o superior a la indicada, en 50 años, es del 60%. En general el riesgo sísmico sobre Cataluña en conjunto debe calificarse de medio. Aún así este mapa sugiere la posibilidad de existencia de sismos medianamente destructivos en zonas como Barcelona y su entorno. Seria necesario estimar la influencia que sismos de esta naturaleza tendrán sobre la actual situación de obras y edificaciones construidas en Cataluña (en especial las construcciones provisionales y de poca calidad).

6.- DEFICIENCIAS.-

6.1.- En equipamientos y Servicios Disponibles.

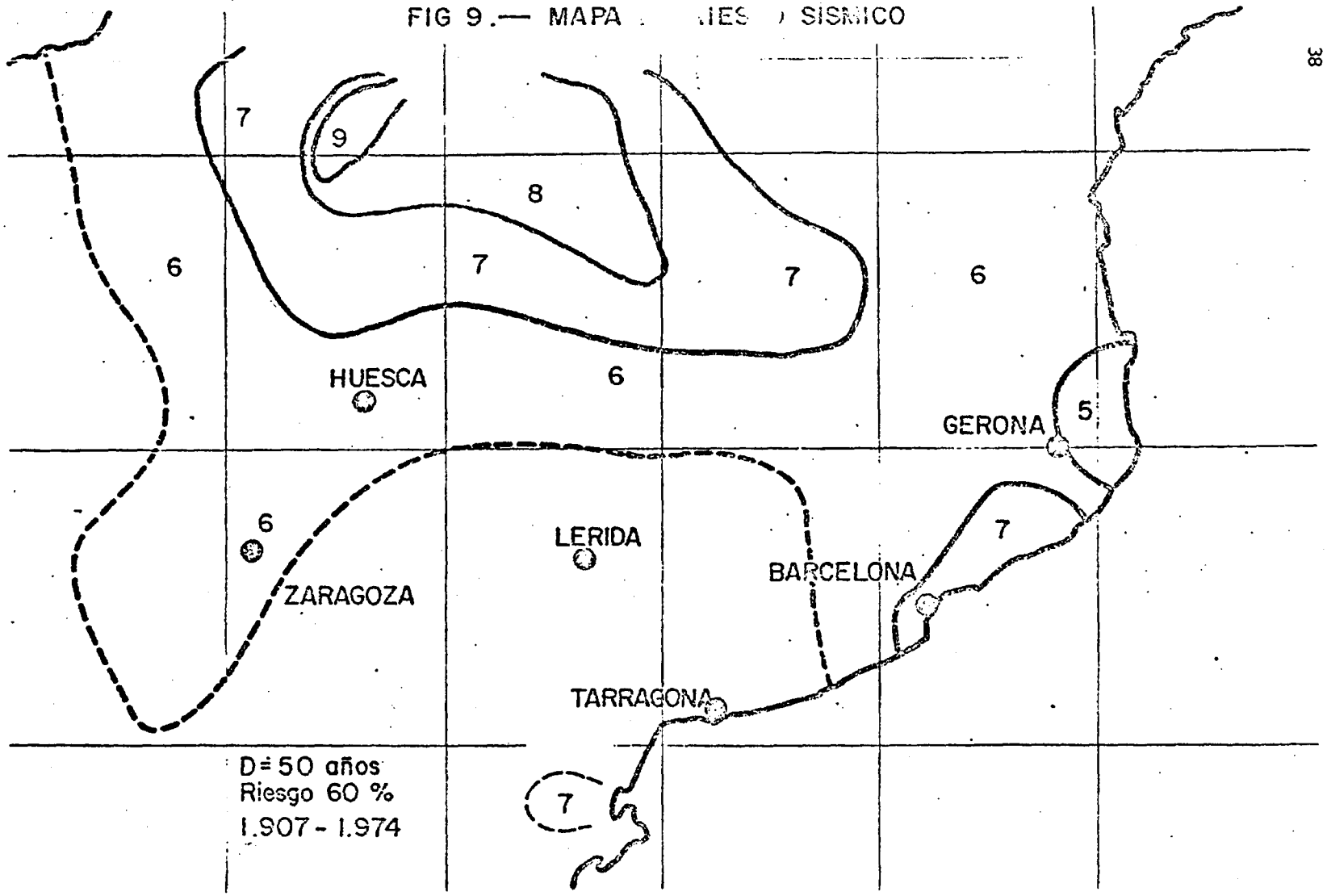
a) El análisis efectuado de la Empresa Privada muestra que las empresas surgidas en Cataluña se dedican fundamentalmente al campo de la edificación. Sus medios son en general muy limitados y dificilmente pueden ofrecer un nivel alto de calidad cuando se necesite. Sus trabajos son normalmente rutinarios se basan en unas (una) pocas técnicas de alcance limitado.

Más capacidad poseen las empresas de ámbito nacional que suelen disponer de técnicas y recursos humanos más amplios y diversificados. Las diferencias en precio de los servicios suministrados y una cierta tendencia a la consolidación de clientelas incondicionales mantiene los segmentos de mercado de cada empresa.

Un futuro más racional deberia pasar probablemente por una menor proliferación de pequeñas empresas en favor de empresas de tamaño medio con más capacidad y más tecnificadas.

La mayoria de estas pequeñas empresas tienen su campo fundamental de actuación en trabajos de reconocimiento de solares. Son pocas las que dominan téc-

FIG 9.— MAPA . ..IES) SISMICO



nicas especiales de cimentación y tratamiento del terreno.

La posibilidad de realización de ensayos de laboratorio en Cataluña, dentro de la empresa privada, se limita a técnicas convencionales, en general incompletas, propias de una práctica geotécnica poco evolucionada. Las delegaciones de las grandes empresas confían estos ensayos a los laboratorios de sus sedes centrales.

La práctica de la medida "in situ" y de la instrumentación de cimentaciones y obras en general es inexistente incluso en obras de envergadura.

b) Entre los organismos oficiales destacan los laboratorios de la 5º Jefatura Regional de Materiales. Aún contando con las dificultades que se han señalado juega un papel digno en el campo de los ensayos de Laboratorio y campo. Es sin embargo preocupante la falta de puesta al dia de métodos y equipos.

c) La Universidad en Cataluña ha abordado recientemente la problemática de la Geotecnia, en sus aspectos científicos y tecnológicos a través fundamentalmente de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona. Con todo cuentan en la actualidad con las instalaciones más completas a nivel de ensayos en Laboratorios y una interesante capacidad de evolución en el campo de la investigación pura y aplicada.

d) Los organismos e instituciones mencionadas, y en particular los ubicados directamente en Cataluña, no cubren determinadas facetas de gran interés tecnológico y científico para el desarrollo de la Geotecnia como son:

1.- Ensayos especializados "in situ" (corte de discontinuidades en roca, ensayos de deformabilidad de macizos, dilatómetros auto perforadores, etc) e instrumentación de obras tanto en los aspectos de realización concreta de proyectos de medida como en el equipamiento y medios necesarios.

2.- Ensayos especializados de Laboratorio en los campos siguientes:

-Mecánica de rocas

-Dinámica de suelos (de aplicación en predicción de riesgo sísmico, centrales nucleares, máquinas vibratorias) y en especial

. Ensayos triaxiales dinámicos

. Ensayos de columna resonante

. Corte cíclico

-Ensayos (estáticos) sobre muestras de gran tamaño (de aplicación en el ensayo de pedraplenes, escolleras, presas de tierra) como son ensayos edométricos, de corte y triaxiales.

-Elaboración de prototipos para ensayos adaptados a problemas concretos, con las necesidades asociadas a talleres especializados en mecánica y electrónica.

-Ensayos de modelo.

3.- La disponibilidad de medios de cálculo automático para el estudio de problemas singulares en temas de estabilidad, deformabilidad e interacción suelo-estructura (tanto en el campo estático como dinámico)de proyectos complejos, aunque esta situación está cambiando rápidamente en el seno de la Universidad.

6.2.- En Normativa y Formación de Técnicos Responsables.

En el mundo de la Edificación los temas de cimentación y reconocimiento del terreno son hoy por hoy aspectos marginales. Son frecuentes y típicos los proyectos en los que la cimentación se resuelve de forma sistemática mediante una distribución de zapatas calculadas con arreglo a la "mágica" cifra de los 2 Kg/cm^2 como tensión admisible (en todo tipo de circunstancias que, por otra parte, son casi siempre desconocidas a la hora de proyectar que conduce sistematicamente al sobredimensionamiento y despilfarro en la cimentación).

Por otra parte es poco frecuente la aplicación de las Normas Tecnológicas (acusadas de antieconómicos) y el arquitecto, en general, no está capacitado para evaluar tecnicamente la solución que una empresa (normalmente de su confianza) le ofrece. Tampoco es corriente, a este respecto, que se busquen ofertas o soluciones alternativas a una propuesta de reconocimiento o cimentación.

Son aspectos adicionales:

. En el proyecto básico, necesario para la concesión de licencias, seria ncesario una mínima, pero ajustada, definición de la cimentación.

. El proyecto de ejecución deberia someterse en lo que a cimentación se refiere, a una normativa bastante más completa que la existente, que

asegure un proceder técnico correcto, con arreglo al estado actual de la Geotecnia aplicada, en la definición de la solución óptima (con discusión de alternativas) y de los detalles constructivos necesarios.

. La difusión de las normas tecnológicas existentes y en definitiva el reciclado permanente de proyectistas y responsables de la ejecución de proyectos.

Las Obras Públicas presentan una problemática considerablemente diferente. Existe en general una conciencia más extendida, entre los responsables de su proyecto y construcción, de la gran importancia y trascendencia de los aspectos geotécnicos. Se ha generalizado sin embargo, en materia de informes y proyectos con fuerte componente geotécnico, que sean unas cuantas oficinas consultoras especializadas las que realicen estos trabajos para la Administración. Como consecuencia de ello se advierte una progresiva pérdida de nivel científicotecnico en los servicios de la administración encargados de dirigir y controlar proyectos y obras, en lo que se refiere a temas geotécnicos. En efecto para muchos ingenieros y técnicos "no iniciados" los contenidos de los informes y trabajos geotécnicos tienen un cierto carácter esotérico que los hace dificilmente entendibles y menos aún, evaluables y contrastables técnicamente.

De nuevo estamos frente a un problema de formación permanente que, en nuestra opinión, se hace cada vez más acuciante.

6.3.- En Estudios Geotécnicos Realizados con Carácter Global.

Es obvio que en el momento actual no se posee un conocimiento profundo de las características geotécnicas de las diferentes formaciones geológicas superficiales en Cataluña.

El único estudio sistemático que trata de abordar el problema es el Mapa Geotécnico a escala 1/200.000 realizado por el I.G.M.E. (mediante subcontratos con empresas consultoras). En nuestra opinión a este mapa se le pueden hacer dos objeciones importantes desde el punto de vista de su utilización práctica:

1) Los proyectos con repercusiones geotécnicas exigen (excepto en el caso de pla-

nificación previa de grandes obras lineales) una escala de trabajo muy alejada de la utilizada en estos mapas. Escalas inferiores al 1/25.000 son de poca utilidad en el campo geotécnico. Aún así las escalas de trabajo verdaderamente superiores (y esto es una afirmación válida para otros trabajos mencionados de cartografia geotécnica (Barcelona):

2) Los datos que ofrecen estos mapas y las memorias que los acompañan son extraordinariamente cualitativos ("Alto", "medio", "bajo", etc). Se echa de menos un mínimo estudio estadístico de los principales parámetros de identificación, deformabilidad y resistencia del suelo.

A falta de los amplios recursos necesarios para efectuar una cartografia geotécnica general de detalle es preferible abordarla bien con referencia a formaciones específicas con una clara utilidad en razón de su ocupamiento humano actual o previsible (o en razón de sus características especialmente singulares) o bien en áreas de constante actividad edificatoria e industrial como son las grandes ciudades y sus cinturones industriales.

Los estudios básicos ("científicos") de carácter geotécnico con expresa referencia a la problemática de suelos en Cataluña son escasos y no han hecho más que empezar. Los verdaderamente útiles deben contar con una amplia labor experimental en laboratorio y con continua validación a partir de medidas cuidadosas "in situ". Los hábitos (comerciales) de estudio del terreno y construcción de cimentaciones dificultan notablemente el progreso en este sentido.

Algunas obras de gran importancia ya mencionadas: Túneles, Centrales Nucleares, Presas, Metros, etc., han dado lugar a estudios cuidadosos del comportamiento del terreno. Los publicados son facilmente accesibles pero existe un gran volumen de documentación de dificil acceso y prácticamente perdida a efectos de su utilidad a terceros. De alguna forma los poderes públicos deberian mantener una recogida permanente de esta información. Los trabajos en curso para desarrollar una cartografia geotécnica de detalle en áreas como el Vallés Oriental y Barcelona permitirán la incorporación de algunos de estos estudios (Metros).

6.4.- Otros Aspectos.

Destacamos por último un par de aspectos adicionales que completan el

panorama anterior:

a) La innovación tecnológica en nuestro pais en temas relacionados con la Geotecnia ha sido francamente escasa, por no decir inexistente. Los avances en las últimas décadas han venido de fuera. Como ejemplos que explican que temas han sufrido profundas innovaciones con una importante repercusión, algunos, en la industria de bienes de equipo, podemos citar (en Occidente):

- El análisis de los problemas geotécnicos (gabinete ordenador- y Laboratorio) y fundamentalmente la metodologia de trabajo (U.S.A., Inglaterra).
- Las nuevas técnicas de reconocimiento y ensayos de campo. Presiómetro en Francia e Inglaterra; penetrómetro estático en Holanda; tomamuestras de pistón en U.S.A. y paises nórdicos; dilatómetro para rocas, reconocimiento integral macizos en Portugal; determinación de estados bi y tridimensionales de tensiones en Sudáfrica; técnicas psicrométricas en Australia y U.S.A., etc.
- Nuevos (y más precisos) ensayos de Laboratorio en Inglaterra, Paises Nórdicos, a través de empresas (W.F., ELE, Roberts, Geonor,) que comercializan prototipos y diseños desarrollados en Universidades (Imperial College, Cambridge University) ó institutos de investigación (Instituto Geotécnico Noruego).
- Nuevas técnicas de construcción. Pantallas, lodos, micropilotes en Italia ; tierra armada, inyecciones, consolidación dinámica en Francia; nuevos métodos de construcción de túneles (N.M.A., máquinas topo, "jumbos") en Austria, U.S.A., Alemania, Paises nórdicos; drenaje,estabilización de suelos blandos en Paises nórdicos; vibroflotación en Alemania; pilotajes de gran diámetro " in situ", pilotajes pretensados en Italia, Inglaterra, Francia, U.S.A.; tejidos drenantes en U.S.A., Europa, etc.

Por otra parte la industria nacional dedicada a la fabricación de equipos de laboratorio, reconocimiento o construcción de cimentaciones especiales, se encuentra fuera de Cataluña.

b) Debido a su reciente creación la Administración Autonómica no dispone de organismos técnicos (especialistas, laboratorios) capaces de dar respuesta a las peticiones o necesidades de información y estudio que surjan.

7.- AREAS DE ACTUACION.-

En función del análisis efectuado anteriormente cabe señalar algunas áreas de actuación (fundamentalmente canalizadas a través de los poderes públicos):

1.- Es necesario insistir en que las tareas de formación continuada,difusión de normas, nuevas técnicas y conceptos, interpretación de resultados y ensayos, conocimiento del medio geológico y geotécnico etc. de profesionales y técnicos responsables tanto en el ejercicio libre de su profesión como en empresas y organismos de la administración.
Parece conveniente que al menos parte de las actividades posibles, se hagan en colaboración con las Sociedades Nacionales de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Geologia del Ingeniero, a través- se sugiere- de la consolidación en Cataluña de secciones o ramas de estas Sociedades que dispongan de una cierta autonomia e iniciativa en estos temas y otros derivados.

2.- Debe establecerse una normativa más explícita y obligatoria(asociada a un control de calidad que asegure su cumplimiento) para el proyecto y construcción de cimentaciones (y construcciones afines) en obras de edificación. Medidas en este aspecto pueden ser adoptadas por la Administración autónoma, las corporaciones locales y los colegios profesionales.

3.- Con objeto de favorecer el desarrollo de instituciones de carácter público que puedan ejercer un importante papel en la generación de nuevos conocimientos (y difusión de los mismos) y que dispongan de una profunda capacidad de análisis experimental y teórico, ha de canalizarse hacia ellos de forma sistemática la ejecución de trabajos singulares de carácter práctico y aplicado y la realización de proyectos de investigación. Núcleos con capacidad para convertirse en instituciones operativas de este género pueden encontrarse hoy en Cataluña en el seno de la Universidad, en menor medida, en algunos organismos del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

4.- Se han señalado en el capitulo dedicado a la identificación de problemas geotécnicos, en relación con el marco geológico de Cataluña, una serie de temas insuficientemente conocidas y de reconocida importancia que merecen estudios específicos. En nuestra opinión la metodologia de trabajo más correcta en casi todos los problemas mencionados es una adecuada combinación de análisis retrospectivo de casos reales suficientemente conocidos (mejor instrumentados) con la obtención en laboratorio de parámetros mediante ensayos cuidadosamente efectuados. A este respecto la obtención de medidas "in situ" de tensiones, deformaciones, presiones intersticiales, etc. es fundamental para cualquier mejora real en el terreno de la Geotecnia Aplicada. Deben buscarse incentivos (o favorecer programas de investigación) con este objetivo concreto.

5.- La cartografia geotécnica y ambiental de cierto detalle se ha señalado (incluso por parte de empresas privadas consultadas) como un objetivo deseable a corto plazo.

6.- Debe favorecer la innovación tecnológica en la medida de lo posible. Algunos mecanismos pueden ser:

. El acercamiento Universidad-industria y empresas especializadas mediante amplia información de los trabajos y desarrollos en marcha, jornadas conjuntas de trabajo y reflexión sobre la investigación , y flexibilización de los marcos legales actuales (por parte de la Universidad) para el establecimiento de relaciones y contratos con la Empresa.

. Asignar por parte de entidades públicas, créditos a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologias orientando al mismo tiempo los objetivos finales (un ejemplo puede ser la utilización de materiales de deshecho en obras o problemas de carácter geotécnico-estabilización de taludes, terraplenes, depósitos deformables, etc.).

8.- AGRADECIMIENTOS.-

Queremos dejar constancia, con el agradecimiento del autor, de las personas

que con sus comentarios y conocimientos sobre los temas presentados en este trabajo han contribuido eficazmente a su realización. Son ellas:

- Jaime Santos, profesor de Mecánica del Suelo de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

- Juan Casanovas, profesor de Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

- José Mª Arias, Ingeniero de Cimentaciones Especiales S.A. y profesor de Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

- Tomás Toral, del Laboratorio de Materiales de la 5ª Jefatura Regional de Carreteras y profesor de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

-Luis Murcia, del Laboratorio de Materiales de la 5ª Jefatura Regional de Carreteras y Maestro de Taller del Laboratorio de Geotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de - Caminos de Barcelona.

- Jose A. Fayas, Jefe de la Delegación de Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas y profesor de Geologia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

- José Ma Sanchez Pro, Director del Laboratorio del I.N.C.E. de Barcelona.

- Arturo Carbonell, Director del Laboratorio PAYMA

- Felipe Costa, Arquitecto y profesor de Edificación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

- Jordi Corominas, Profesor de Geologia de la Escuela Técnica Superior

de Ingenieros de Caminos de Barcelona.

-Jordi Prat,Jefe del Servicio de Acción Comarcal de la Dirección General de Politica Territorial de la Conselleria de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat.

-Ramón Arandes, Jefe del Servicio de alcantarillado de la Sección de Vialidad del Ayuntamiento de Barcelona.

Se agradece asimismo la colaboración prestada por las empresas que respondieron a la encuesta enviada.

ANEJO 1 - ENCUESTA SOBRE LOS MEDIOS GEOTECNICOS EXISTENTES EN CATALUÑA.

ENCUESTA SOBRE LOS MEDIOS GEOTECNICOS EXISTENTES EN CATALUÑA.

DATOS GENERALES DE IDENTIFICACION

Empresa

Dirección Tfno.

¿Es Delegación o Representación de Empresa ubicada fuera de Cataluña?

En caso afirmativo indicar Dirección y Sede de la Empresa Central

PERSONAL. (En la Empresa o Delegación situada en Cataluña)

Técnico y/o especializado

Administrativo

ACTIVIDADES Y SERVICIOS PRESTADOS. (Dejar en blanco las que no se abarquen)

RECONOCIMIENTO SUELOS.

Sondeos Geotécnicos (Describir brevemente)

Técnica de perforación utilizada

Tipo de taladros (material)

Profundidad máxima alcanzable

Posibilidad sondeos marinos

Equipo de registro de diagrafías

Equipos tomamuestras

Sondeos mineros (Describir brevemente)	Técnica de perforación utilizada
	Material
	Alcance
Laboratorio (Señalar en Cataluña y fuera de Cataluña)	Capaz de ensayos de Identificación Básica
	Mecánicos - Edométricos
	Corte
	Triaxial
	Rocas(Ensayos disponibles)
	Otros
	Químicos - Carbonatos Sulfatos
	M.O. , ph
	Otros
Penetrómetros	Estático-tipo
	Dinámico- "
	Mixto "
Otros	Placa de carga
	Sonda nuclear
	Presiómetro - tipo
	Reconocimiento Geofísico - Tipos

ESTUDIOS GEOLOGICOS

ESTUDIOS GEOTECNICOS — Dispone de programas de cálculo por ordenador

¿Qué problemas resuelven?

INYECCIONES — Describir brevemente tipos y tecnología utilizada y Obras importantes realizadas

CIMENTACIONES

Profundas — Describir brevemente tipos, tecnología utilizada y % de utilización de cada uno de ellos indicando el límite máximo -- (diámetros y profundidades y carga de trabajo); en cada caso, obras importantes realizadas

1.-

2.-

3.-

4.-

¿Emplean la técnica de los lodos?

Pantallas de Contención (Idem)

¿Emplean lodos)

ANCLAJES — Describir brevemente, tipos, tecnología utilizada, capacidad y alcance, % de utilización de cada tipo y obras importantes realizadas

¿Anclajes definitivos?

POZOS — (Idem)

TECNICAS DE INSTRUMENTACION Y MEDIDA IN SITU — (ASIENTOS, TENSIONES, DEFORMACIONES, PRESIONES INTERSTICIALES, DENSIDADES, ETC..) Indicar si se dispone de ellas, qué tipos; realizaciones en este campo

OTRAS TECNICAS (Describir brevemente tipo, tecnología y cualquier otra circunstancia que se juzgue de interés y su porcentaje de utilización en la práctica). Obras importantes realizadas

Vibroflotación

Drenes verticales (¿tipo?)

Electroósmosis

Cocción de suelos

Well-point

Pantallas de impermeabilización o plásticas

Congelación

Técnicas especiales de recalce

Micropilotes

Bulonado, Pernos

ESTADISTICA

(Indicar aproximadamente (en%) hacia que sectores dirige la actividad de la empresa:

- Obras públicas (Desglose si es posible) Carreteras, autopistas, subterráneos, Presas, Centrales, Puertos)

- Edificación

- Hidrogeología

- Varios

OPINION

1) Sugerencias para una eventual intervención pública de la Administración Territorial de Cataluña en aspectos conectados con la Geotécnia del tipo

a) Leyes restrictivas en cuanto a la edificación en ciertas áreas

b) Establecimientos de control público en relación al control de calidad

c) Creación de un organismo asesor público (enfocado a profesionales, etc.)

2) Identificar con relación a Cataluña, los principales problemas técnicos que se juzga necesario o interesante a nivel general con referencia a localizaciones geográficas (Formaciones determinadas, tipos de cimentación, fenómenos de inestabilidad, técnicas de contención, cartografía geotécnica, etc..)

ANEJO 2 - CUADROS DERIVADOS DE LA ENCUESTA SOBRE LOS MEDIOS GEOTECNICOS EXISTENTES EN CATALUÑA.

Cuadro 1 - DATOS GENERALES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Personal técnico y/o especializado	71	variable	8	5	16	3	2	59	-	3 técnico superior
Administrativo	14	1	2	1	1	1	2	9	-	-
Delegación ?	sí	sí	no	no	sí	sí	no	no	no	no

Cuadro 2 - SONDEOS GEOTECNICOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Técnica Perfor.	Rotación Percusión Circul.dir.e inv.	Rotación Percusión	Rotación Percusión (Martillo fondo y cabeza)	-	Percusión Rotación	-	-	Rotación Percusión		Rotación Percusión
Tipo taladro	Coronas wid. carsets trialetas triconos Ø: 33 a 700mm.	-	Widia diamante trialeta	-	Diamante Metal duro	-	-	Ø : 35-60 mm		Helices Convencional Martillo fondo
Prof. máxima	900 m	100 m.	300 m.	-	300 m. (roca)	-	-	25 m.		250 m.
Sondeos marinos ?	sí	sí	sí	-	sí	-	-	No		
Registro diagrafías	sí	no	-	-	-	-	Subcontratación por encargo.	No		
Tomamuestras		Inalt. SPT.	Shelby	-	Tubos y SPT	-	-	Sí		standards tipo americano

Cuadro 3 - SONDEOS MINEROS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Técnica Perforación	Rotación Percusión Circul. Dir. inv. Boyles. Hauser Wirth Longyear	Wire-line Convencional Tricono Martillo Rondo	Rotación	-	Rotación Percusión	Tricono Martillo Rondo	-	no		-	
Material	Widia-diam. tricono. Tubo doble.	Craelius D-750,D-1000 D-1500	Wire-line	-	Metal duro diamante		-	no		-	
Alcance	900 m ø mm. 700 mm.	1000 m.	300 m.	-	Rot. - 300 m. Rot. y 50 m. perc.	300 m.	-	no			

	1	2	3	4	5	6	7	[illegible]	9	10	
Identificación	Sí	No		Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
MECANICOS edométricos	-	No		Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
Corte	Sí			Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
Triaxial	Sí			-	Sí	-	-	Sí		No	
Rocas	-			-	-	-	-	-		No	
QUIMICOS Carbonatos	Sí	No		Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
Sulfatos	Sí			Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
Mat. Org.	Sí			Sí	Sí	-	-	Sí		Sí	
pH	Sí			-	Sí	-	-	-		-	
Obras	Sí			-	Sí	-	-	-		-	

Cuadro 5 - PENETROMETROS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estático	Darensen (10 Tm)	-	ISA	-	-	-	-	Sí		Delft
Dinámico	Borros R 01	Borro	Borro	Borro	Borro	-	-	Sí		Borro
Micro	No	-	-	-	-	-	-	-		

Cuadro 6 - RECONOCIMIENTO SUELOS - VARIOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Placa carga	Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	Sí
Sonda Nuclear	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Presímetro	Menard	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reconoc. Geofísico	Eléctrico	-	Eléctrico y Sísmico	-	Los existentes en mercado.	-	Eléctrico Sísmica	-	-	-

Cuadro 7 - ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Est. Geológicos	-	-	Sí	-	Sí	-	Sí	-	Sí	Sí
Est. GEOT.		-	Sí	-	-	-	-	-	Sí	-
Programas Cálc.	Sí		No						-	-
Problemas resueltos	Cment. Taludes	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 8 - I N Y E C C I O N E S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipos y Tecnología	Cementos Químicos Pesinas	-	Arcilla Cemento (Tubo Manguito)	-	Cemento arcilla-cemento Morteros Cemento-arena Hormigón sumergido y en seco.	-	-	De baja Presión	-	Inyecciones hasta 90 m profundidad
Obras	Presas Cañelles, Oliana Susqueda Gayá Tunel Avda. Meridiana.	-	-	-	Presas. Esterro de Aneo Susqueda Cañelles Escales Mequinenza Central Vandellós Terraplanas Renfe Túneles	-	-		-	

Cuadro 9 – [illegible]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo 1 – Descrip.	Apizonados	Prefabr. empujables TERPA	Micropilotes	–	SIR vibración (Barrera hueca hormigonado in situ			Rotación tipo caldwell		
D	600 mm.		220–300 mm		330–650 mm			450–1500 mm.		
Prof. máx.	20m		25 m.		30–15 m			32 m.		
Carga trabajo		65–105T			40–150T					
Vibración [illegible]										
Tipo 2 Descripción	Rotación	Rotación In situ						Rotación sin entub ación (tipo Belga)		
Prof. máx.	42 m.							32 m.		
Carga										
Tipo 3 Descrip.	Rotación Barrera Continua.							Percusión por desplaz. (Máquinas BSF)		
D	650 mm.							350–520 mm.		
Prof. máx.	20 m.							20 m.		
Carga										

Cuadro 10 - CIMENTACIONES PROFUNDAS (C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo y descripción	Perforación lodos									
Ø	2000 mm (Apantallados espesor 1 m)									
Prof. max.	42 m.									
Carga tral.										
Referencias	Hospital Oncológico Bellvitge Princesa Sofía etc.			Muchas						
Medes	Sí	Sí	Sí	No				Sí		

Cuadro 11 - P A N T A L L A S C O N T E N C I O N

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espesores	45-120 cms.	Equipos Kelly o cable	De micropilotes	De pilotes				45-80 cms		
Alcance	40 m (hidr.) y (mec.)							25 m		
Referencias	Corte Inglés Sears Princesa Sofía Paseo Carlos III Diagonal									
Lodos	Sí	Sí	Sí	No				Sí		

Cuadro 12 - ANCLAJES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipos Capacidad	Provisionales Tirsol 127 T BBR 1000 T	En colaboración			BBRV-Stabilator. VSL Losinger hasta 1000 T					
A Definitivos	Tubfix hasta 1000 T.		Sistema patentado hasta 120 T		Sí					
Referencia	Edif. Banca March-Palma FECC. Mollet Papiol. Facultad Filosofía				El Puig					

Cuadro 13 - P O Z O S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diámetros	250 - 600 mm	300 mm 220 mm								
Profundidad	hasta 300 m	80-150 m				hasta 400 m.				
Referencias Observaciones						SOOP. ENDESA DIPUTACIONES (fundam. terrenos rocosos).				

Cuadro 14 - TECNICAS DE INSTRUMENTACION Y MEDIDA "IN SITU"

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Asientos/Deformación	SÍ									
Tensión/presión	SÍ									
Inclinómetros	SÍ									
Presión intersticial	SÍ									
Varios				Densidad In situ (arena)	Ensayos carga pilotes.					

Cuadro 15 - OTRAS TECNICAS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vibroflotación	SÍ									
Drenes verticales	SÍ arena/grava Geodrain (Termofigo)		SÍ		SÍ arena. Tubería perforada					
Elec	SÍ									
Cocción suelos	SÍ									
Well-Point	SÍ									
Pantallas impermeabilidad/plásticas	SÍ									
Congelación	SÍ									
Recalce	SÍ				Pilotaje altura altura reducida reducida (sótanos) Inyecciones					
Micropilotes	SÍ		SÍ					SÍ Ø: 100-120 mm.		
Bulbos/Fer	SÍ		SÍ		SÍ					
Otros	Membranas Y revestim. superficie Tratamiento estruc. degradadas									

Cuadro 16 - ESTADISTICA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obras Públicas	17% { 5% Subterraneos; 10% Presas y Centrales.; 2% Resto	10%	10% (Carreteras D[illegible] y Muros)	40%	50% { Presas; Centrales; Puertos		10% Subterraneos Presas Centrales			15%
Edificación	70%	70%	80%	50%	50% (pilotajes)		-	90%		55%
Hidrogeología	3%	-	5%	-			85%			[illegible]
Varios	10%	20% (Minería)	5%	10%			5%			5%

Cuadro 17 - OPINION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1- INTERVENCION PUBLICA a) Leyes restringiendo edificación en ciertas areas	No									
b) Control calidad	Sí	Criterios mínimos proyecto ciment. y Control calidad								Mejor calidad de trabajos y Profesionales
c) Organismo asesor públic.	No	Recomendable								La universidad debe ampliar ese cometido
2- PRINCIPALES PROBLEMAS GEOTECNICOS CATALUÑA	Cartografía Geotécnia	Empezar por cartografía Geotécnica								

1 - Cimentaciones Especiales S.A. (Radio)
2 - Terramst S.A.
3 - Glossa - (Geotécnia, Ingeniería, Abastecimientos y Sondeos S.A.)
4 - Instituto Técnico de Calidad de la Construcción, S.A. (ITCC)
5 - Prepak Iberica, S.A.
6 - Perscrd S.L.
7 - Nivarola - Reconocimientos Geofísicos
8 - Cimentaciones Técnicas S.L.
9 - Suelo test - Geólogos Consultores.
10 - Sondesa - S.A.

LA ZONA COSTERA Y PLATAFORMA CONTINENTAL DE CATALUNYA

A. MALDONADO

(Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.)

INDICE

Introducción

El margen continental y la plataforma continental
- Zona costera
- Plataforma continental

Antecedentes
- El mar Mediterráneo Occidental
- Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares
- La zona costera de Cataluña
- La plataforma continental

Anteproyecto de estudio geológico-oceanográfico
- Zona costera
- Plataforma continental

Plan de investigación
- Zona costera
- Plataforma y margen continental

Equipo disponible y facilidades de laboratorio
- Instituto Jaime Almera
- Instituto de Investigaciones Pesqueras,U.E.I. de Oceanografia
- Instituto de Química Bio-Orgánica

Citas bibliográficas del margen continental de Cataluña y Baleares

Introducción.-

La plataforma continental es la próxima frontera del mundo. No obstante, en contraste con la conquista del espacio emergido, las fronteras del mar se caracterizan en el aspecto que el impacto del hombre sobre el ambiente puede afectar áreas muy distantes y lejos de los límites nacionales. Las presiones para el uso de la plataforma continental no son en la actualidad un concepto abstracto para el futuro. Entre los usos actuales de interés geológico se pueden citar la construcción de emisarios submarinos y la explotación de hidrocarburos,áridos y yacimientos minerales (Emery,1969,1980; Duane, 1976;Hedberg et al., 1979). La planificación del uso de la plataforma requiere una aproximación similar a la planificación requerida para el uso múltiple del espacio emergido. La sensibilización de la comunidad y el clima político general hacen necesario tener en consideración los errores cometidos con una planificación incorrecta de los recursos de tierra firme.

Las actividades presentes y futuras del hombre en la plataforma continental pueden ser subdivididas en dos grandes capítulos:actividades puntuales y actividades regionales. Las acciones puntuales del hombre incluyen la explotación de hidrocarburos, puertos de aguas profundas, plantas nucleares en la plataforma continental y otras obras de ingenieria civil tales como aeropuertos y fábricas. Las actividades que afectan a grandes áreas incluyen los vertidos de desechos industriales y urbanos, mineria, emisarios submarinos, descarga de aguas de refrigeración, pesca comercial y zonas de recreo (Hard y Palmer, 1976).

Varias de estas actividades son mutuamente incompatibles y buenos ejemplos de ello se encuentran en áreas costeras españolas con gran densidad de población. La investigación geológica de la plataforma continental puede tener un papel básico para predecir la naturaleza y extensión de las posibles áreas conflictivas. Esta misma investigación puede suministrar alternativas válidas para el uso correcto de la plataforma continental. Además, el mejor conocimiento de los procesos actuales que afectan al medio marino puede ayudar a predecir posibles riesgos naturales y catastróficos, tales como terremotos o desplazamientos gravitacionales de extensas zonas de la plataforma externa.

La plataforma continental nos enfrenta con un medio de gran potencialidad económica, pero cuyo desarrollo debe ser controlado por planes racionales para el correcto uso de sus limitados recursos. Las prioridades deben ser definidas con suficiente antelación y planificado el uso para su utilización máxima en este nuevo contexto.

En el presente estudio se definen las principales áreas o provincias que se pueden diferenciar en el medio marino inmediatamente adyacente al continente desde el punto de vista económico y científico. Asimismo se realiza un breve resumen de las principales investigaciones llevadas a cabo en este dominio de Cataluña. Finalmente, se apuntan algunas líneas de acciones inmediatas y futuras tendentes al mejor conocimiento, aprovechamiento y preservación de este medio.

El margen continental y la plataforma continental.-

El dominio marino adyacente a la zona continental se denomina el margen continental (Burk y Drake,1974). Este comprende la transición entre los continentes y las cuencas oceánicas presentado en sus diversos sectores características semejantes a uno u otro dominio. El margen continental más próximo al continente incluye la zona costera y la plataforma continental. Estas dos grandes provincias se asemejan al continente tanto en su origen como en composición. La plataforma continental, caracterizada por un relieve subhorizontal, presenta en su límite externo un cambio de pendiente a partir del cual se localiza el talud continental. Este presenta generalmente las pendientes más fuertes que se encuentran en el medio marino. El talud continental se prolonga en el ascenso continental, suavemente inclinado que enlaza progresivamente con la llanura abisal de las cuencas profundas.

La plataforma continental tiene dentro del dominio marino el interés más elevado desde el punto de vista del potencial económico. Además en esta zona han quedado registrados los fenómenos geológicos que han dado lugar a la evolución y estructuración tanto de las zonas emergidas como de las cuencas profundas. Asimismo la zona costera, presenta un elevado interés científico y aplicado. Estas dos provincias morfo-estructurales del máximo interés se definen como:

(1) la zona costera, que abarca desde la parte emergida próxima a la línea de oleaje, hasta el límite externo de la parte sumergida sometida a la acción del oleaje, que se sitúa en nuestras costas mediterráneas hacia la batimetria de 25 a 30 metros;

(2) la plataforma continental, comprendida entre la zona costera anteriormente definida y la inflexión de pendiente que marca el inicio del talud continental, la cual generalmente se localiza a las costas batimétricas de 180 a 200 metros.

Estas zonas aunque, intimamente ligadas, requieren una estrategia de estudio peculiar, definida en función de sus características intrínsecas y de los problemas ligados ya sea a su explotación económica, utilización como área de recreo o reserva natural total o parcial. Además en el área definida como zona costera los problemas relacionados con los aspectos humanos, económicos, jurídicos, energéticos, o de protección del medio ambiente, entre otros, que se puedan plantear tendrán un carácter eminentemente local. Por el contrario, en las áreas definidas como plataforma continental, estos mismos problemas adquieren un carácter nacional.

En diferente orden de magnitud el interés de estas dos zonas se justifica por su aplicabilidad a múltiples aspectos, de los cuales se enumeran algunos de los más sobresalientes en los siguientes puntos:

Zona costera.-

1.- Planificación del ámbito litoral, en relación con la ubicación de grandes núcleos urbanos, los más poderosos complejos industriales, planes nucleares de energia eléctrica e instalaciones del tipo de las grandes petroquímicas, todos ellos que emigran cada vez con mayor decisión hacia los espacios costeros.

2.- Necesidad creciente de puertos industriales,pesqueros y deportivos.

3.- Pesca deportiva y parte de la industrial, asi como el establecimiento de cultivos marinos.

4.- La existencia de los lugares de esparcimiento más apreciados por la población autóctona y por las corrientes turísticas, asi como la necesidad de establecimiento de zonas de reserva y parques nacionales.

5.- Las posibles surgencias,hasta ahora ignoradas, de agua dulce.

Todo ello hace necesario el pronto conocimiento de la constitución,evolución, estabilidad y factores de control que rigen el equilibrio dinámico de la zona costera, asi como una correcta planificación de su uso presente y futuro.

Plataforma continental.-

1.- Definición del dominio territorial, vinculado estrechamente al concepto de plataforma continental, que tanto desde el punto de vista de origen, constitución y evolución está intimamente ligado al área continental emergida.

2.- Búsqueda de nuevos recursos mineros y energéticos, destacando,como de primordial importancia, los hidrocarburos.

3.- Estudio y prevención de los peligros derivados de una utilización extensiva de los fondos marinos, tales como los relacionados con los terremotos contaminación del madio marino en función de posibles escapes de yacimientos petrolíferos en explotación, telúrica, humana y biológica, temporales marinos, corrientes superficiales y submarinas, etc.

4.- Definición y establecimiento de las zonas de reserva geológica y ecológica submarinas.

5.- Implantación de complejos industriales o turísticos en aguas profundas.

Antecedentes.-

El Mar Mediterráneo occidental.-

El origen y evolución de los márgenes continentales del Mar Mediterráneo occidental ha sido objeto de estudio por numerosos grupos de investigadores durante los últimos años. Este esfuerzo ha sido condicionado por dos hechos fundamentales. De una parte, el interés económico representado por el descubrimiento de yacimientos explotables de petróleo y debido a la creciente demanda del espacio marítimo-terrestre en función de la migración exponencial de la industria y núcleos urbanos hacia la línea de costa. De otra, el elevado interés científico que presenta este mar, que constituye un sistema relativamente aislado del resto de los océanos mundiales (Maldonado, 1978).

El estudio geofísico intensivo de los fondos marinos, fundamentalmente con sísmica continua, a partir de los años 60 ha permitido emitir las hipótesis geológicas más fundamentales acerca del origen del Mediterráneo (Ryan et al., 1970; Le Pichon et al., 1971; y otros). Más recientemente (Leg.13,1970:Ryan et al., 1973; Leg.42A, 1975; Hsü et al., 1978), el empleo de sísmica profunda y de otras técnicas geofísicas (gravimetria y magnetismo) han facilitado un mejor conocimiento del origen y evolución del Mediterráneo, dando asimismo lugar al nacimiento de diversas controversias (Vogt et al., 1971; Hinz,1972; Dewey et al., 1973; Mauffret et al., 1973; Finetti y Morelli,1973; Hsü,1973; Rehault et al., 1974; Auzende y Olivet, 1974; Sonnenfeld, 1975; Biju-Duval et al., 1974; Morelli, 1975; Stanley et al., 1976 y otros). Paralelamente ha sido llevado a cabo un muestreo extensivo de los fondos por medio de testigos de pistón y dragas de arrastre que permite el conocimiento de la cobertera sedimentaria de los factores que han dado lugar a su desarrollo (Got,1973; Maldonado y Riba,1973; Mauffret,1976; Serra y col., 1980; y otros).

Como resultado de estos estudios se puede considerar que el origen y evolución de los márgenes continentales y cuencas profundas del Mediterráneo occidental, a grandes rasgos, es suficientemente conocido. No obstante el detalle del mecanismo de desarrollo y la paleogeografia de las diversas etapas que pueden ser diferenciadas es aún motivo de extensa controversia (Drooger,1973; Sonnefeld,1975; Ryan, 1976; Stanley et al., 1976). Asimismo amplios sectores de los márgenes continentales no se conocen aún con suficiente detalle, como sucede con buena parte de los márgenes continentales españoles (Figura 1).

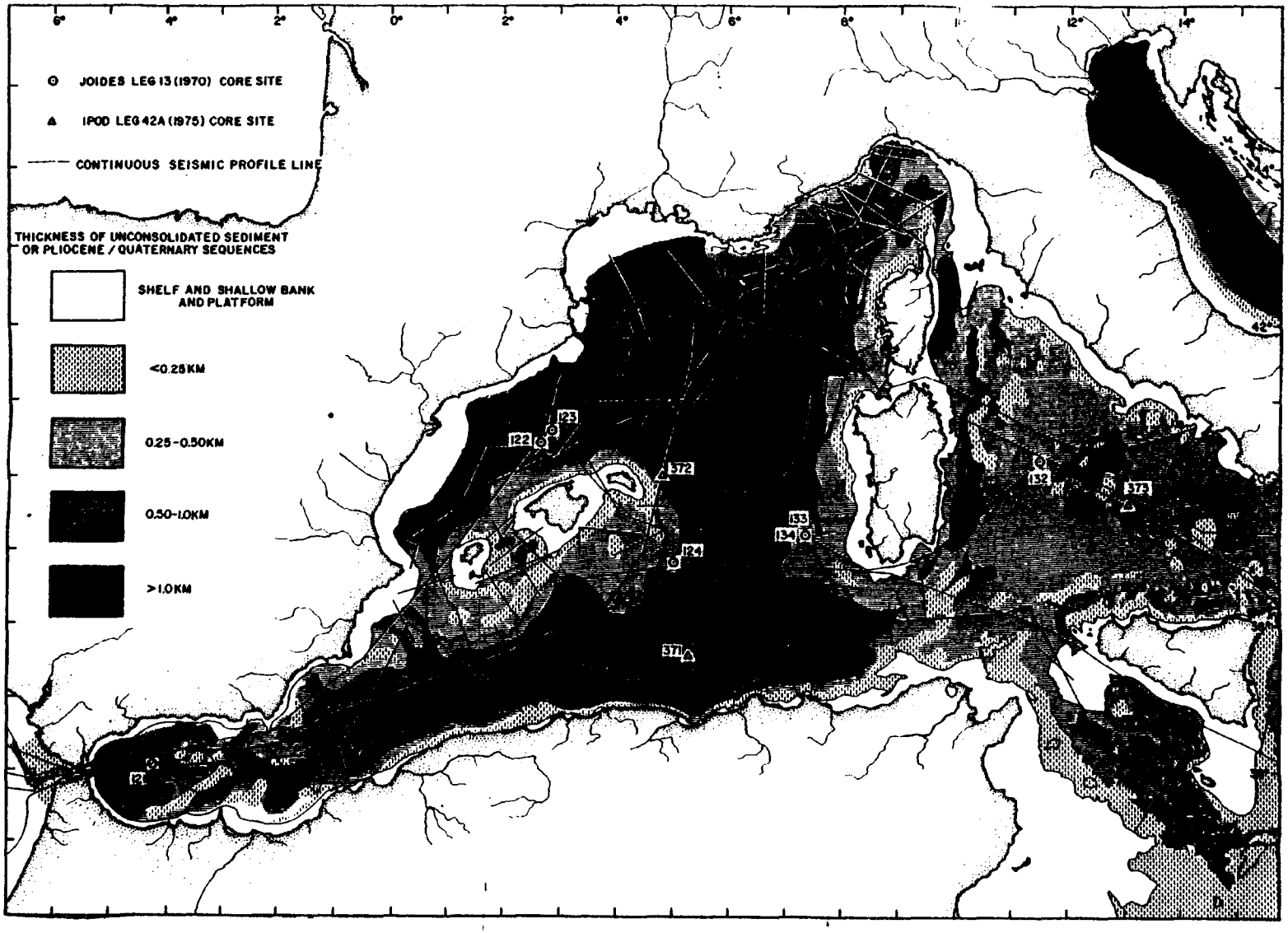


Fig. 1.- Esquema de la distribución de espesores de sedimentos no consolidados en el Mediterráneo occidental (según Stanley, 1977)

Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares.-

El margen continental de Cataluña y Baleares ha sido investigado en el marco de varios proyectos cooperativos, de los cuales se detallan a continuación los principales (Figura 2).

1.- Programa del Golfo de Lion, con objetivos centrados en el estudio de la plataforma continental y pendiente adyacente del Ródano al cañón submarino de Blanes. Programa realizado por el Centre de Recherches de Sedimentologie Marine de Perpignan desde 1965, con participación de la Universidad de Barcelona.

2.- Programa de la plataforma continental de Tarragona y Castellón,. Proyecto de Investigación Científica y Técnica (Proyecto 2071/76) con objetivos centrados en el estudio del delta sumergido del Ebro y de la plataforma continental en sus inmediaciones. Este Proyecto ha sido activo desde 1978 habiendo sido llevado a cabo en cooperación entre el Instituto Jaime Almera y el Centre de Recherches de Sedimentologie Marine de Perpignan. En este proyecto han participado además la Universidad de Barcelona, el Instituto de Investigaciones Pesqueras y el Centro Universitario Navale de Nápoles.

3.- Programa PROFANS, cuyos objetivos principales se centran en el análisis del abanico submarino profundo del Ródano. Este Proyecto se encuentra en curso de realización desde I978 bajo el patrocinio del C.N.R.S. Francés (Recherche Coopérative sur Programme nº 80512) por la Station de Géodynamique sous-marine de Villefranche-sur-Mer y el Centre de Recherches de Sédimentologie Marine de Perpignan, con participación del Instituto Jaime Almera.

4.- Proyecto de Investigación "Estudio de la Paleogeografia del Mar Balear durante el Messiniense", cuyos objetivos se centran en el análisis de los márgenes continentales distales de Cataluña y Baleares al objeto de establecer el origen y evolución del Mediterráneo occidental durante el Terciario y Cuaternario. El proyecto está subvencionado por una ayuda del Comité Conjunto Hispano Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica (Proyecto nº 0394/17) y ha sido activo desde 1978 . Participan el Lamont-Doherty Geological Observatory (New York) y el Instituto Jaime Almera.

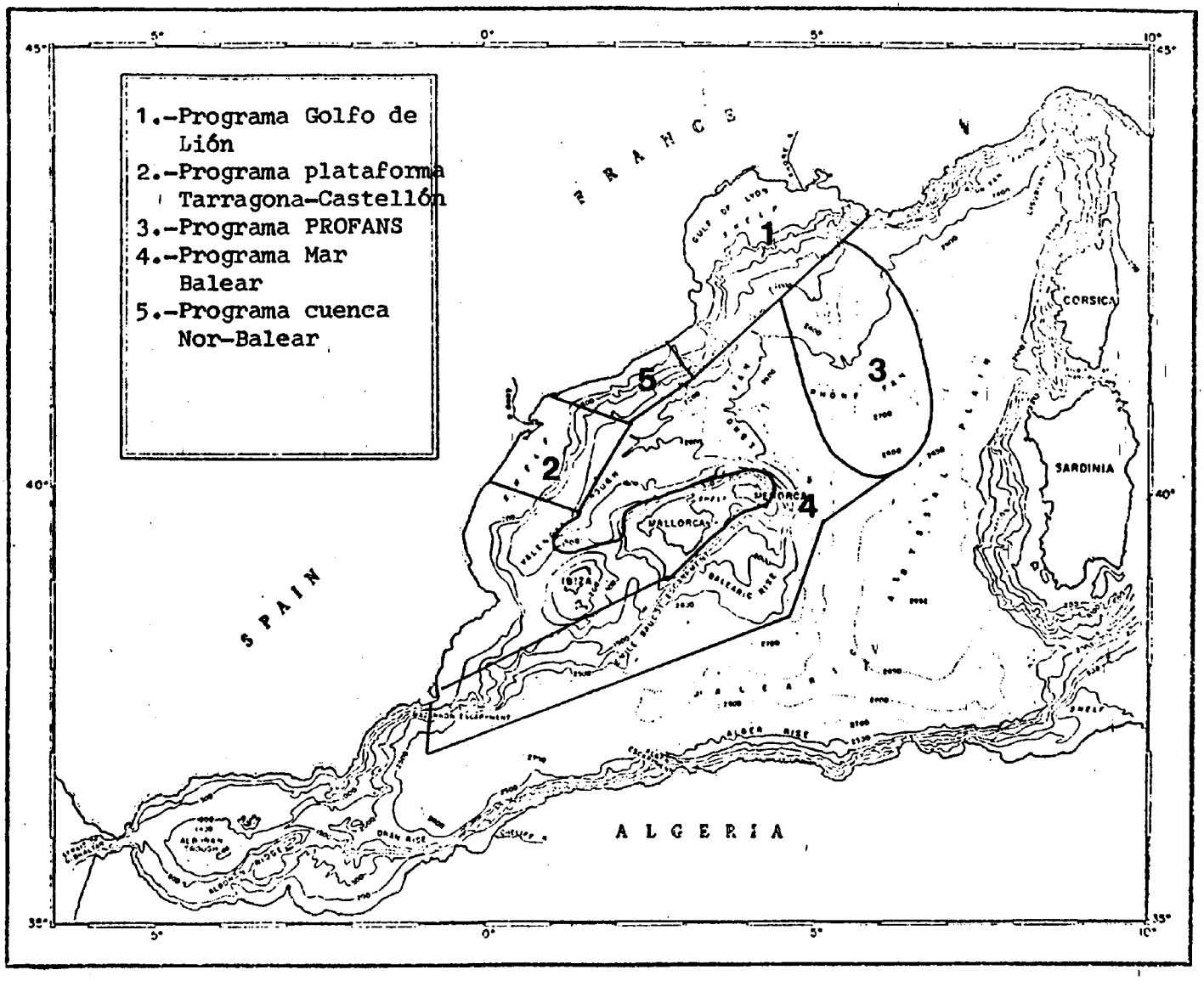


Fig. 2.- Situación de las áreas de los proyectos de investigación geológica del margen continental del Mediterráneo nor-occidental.

Asimismo un notable volumen de información sobre la geologia del margen continental de Cataluña procede de las numerosas campañas realizadas por la industria del petróleo, las cuales han suministrado la información más importante disponible en el momento actual de sísmica profunda de multicanal (Stoeckinger 1971, 1976).

Como resultado de estos estudios, a los que se pueden añadir los realizados por un gran número de investigadores que han dedicado su esfuerzo al estudio de esta zona, ha sido establecido que, la mayoria del margen continental del Mediterráneo noroccidental se puede incluir dentro del tipo pasivo o altántico,definido por Heezen (1974). No obstante, de unos sectores a otros aparecen notables diferencias en cuanto a morfologia, estructura y naturaleza del basamiento acústico y distribución de unidades sedimentarias. Estas características, identificadas a partir de los perfiles sísmicos continuos permiten una diferenciación de varios estilos o tipos de margen.

Basicamente se pueden distinguir tres categorias principales (Mauffret et al., 1973; Stanley et al., 1976; Stanley,1977; Serra et al., 1980). Estas son definidas como margen progradante o progresivo, margen intermedio y margen abrupto (Figura 3).

Margen progradante.

El margen de tipo progradante está caracterizado por una plataforma continental relativamente amplia (30-60 km), en comparación con las existentes en el conjunto del Mediterráneo occidental (Figuras 4A y 5 D). El perfil es cóncavo en su parte próxima al continente con un descenso suave hasta una profundidad de 40 a 60 metros, a partir de la cual se desarrolla una superficie muy poco inclinada que comprende la mayor extensión de la plataforma. El límite externo de la plataforma se situa a una profundidad de 160 (±) metros, y viene marcado por un aumento progresivo de la pendiente, originando una sección convexa que se continua en la parte superior del talud continental.

No es frecuente encontrar accidentes morfológicos en la plataforma continental de este tipo de margen. Unicamente en la zona próxima a la costa pueden aparecer pequeños relieves correspondientes a afloramientos del substrato rígido o terrazas cuaternarias. Estas últimas asimismo pueden encontrarse en las par-

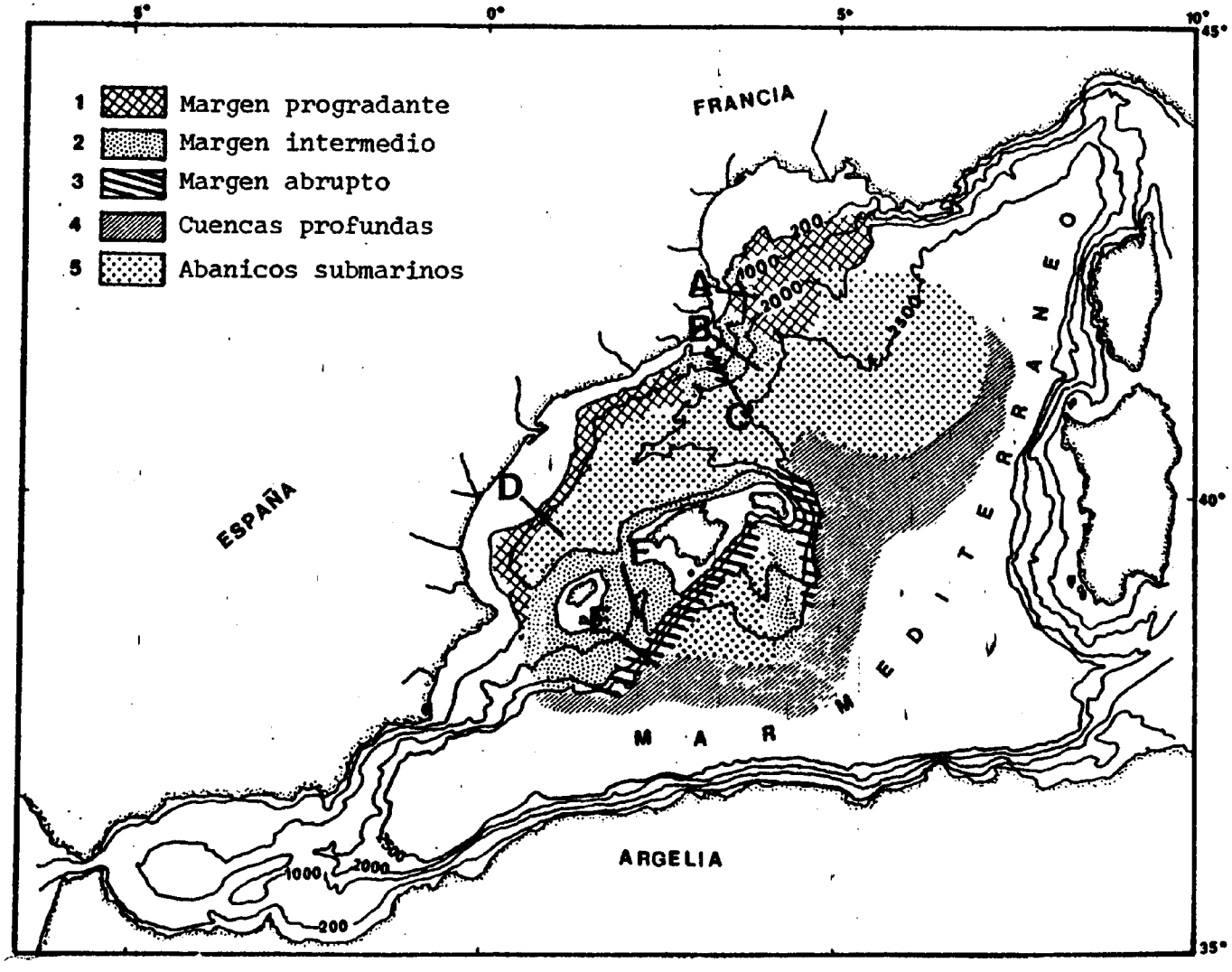


Fig. 3.- Esquema de distribución de los tipos de margenes y cuencas del Mediterráneo nor-occidental (según Serra et al., 1980). Se situan asimismo los perfiles representados (Figs.4 y 5).

tes externas de la plataforma (Oliver,1961; Got,1973).

El talud continental presenta pendientes del orden de 2º a 3º con un perfil convexo-cóncavo que enlaza suavemente con la llanura abismal a través de los depósitos de la base del talud,abanicos profundos, o un ascenso continental poco extenso. Además es frecuente la presencia de pequeños valles en la parte superior del talud que no alcanzan en ningún caso la intensidad de encajamiento de los cañones submarinos. Aunque las cartas batimétricas existentes no sean del todo precisas, se puede observar una disimetria de los márgenes izquierdos,situándose en el continente , caracterizados por un perfil más abrupto (Maldonado, 1972,1977). En las áreas de transición al margen intermedio pueden aparecer los cañones submarinos propiamente dichos, que se encajan a lo largo de todo el talud continental.

Los accidentes morfológicos más comunes en el margen progradante son los atribuibles a deslizamientos gravitatorios que pueden observarse en la zona del talud continental (Got,1973; Got y Stanley,1975). No obstante esta característica no es exclusiva pues dichos deslizamientos son incluso más frecuentes en el margen de tipo intermedio (Serra, 1976)

En los pérfiles sísmicos de gran penetración (Stoeckinger 1971,1976;Maldonado y Riba,1973) el basamento del margen progradante está caracterizado por una serie de bloques mesozoicos fracturados que descienden progresivamente hacia aguas afuera. No obstante, en la mayoria de los pérfiles sísmicos de reflexión estudiados no se llega a observar el basamento debido al potente recubrimiento sedimentario existente.

El recubrimiento sedimentario del basamento está representado por potentes series del Plio- Cuaternario, que llegan a alcanzar espesores del orden de 2000 -3000 metros, como en la zona del Golfo de San Jorge (Maldonado y Riba , 1973). En los pérfiles sísmicos de poca penetración las unidades superiores están caracterizadas por un nivel terminal, que presenta reflectores bien definidos, situados sobre un nivel transparente (sin reflectores) siendo atribuibles en su conjunto al Plio- Cuaternario (Leenhardt et al.,1969; Mauffret y Sancho, 1970; Mauffret et al., 1973). En algunos perfiles se llega a registrar en aguas profundas el reflector M (caracterizado por un doblete o triplete fuertemente reflectante) del Messiniense o su equivalente en el margen continental (reflec-

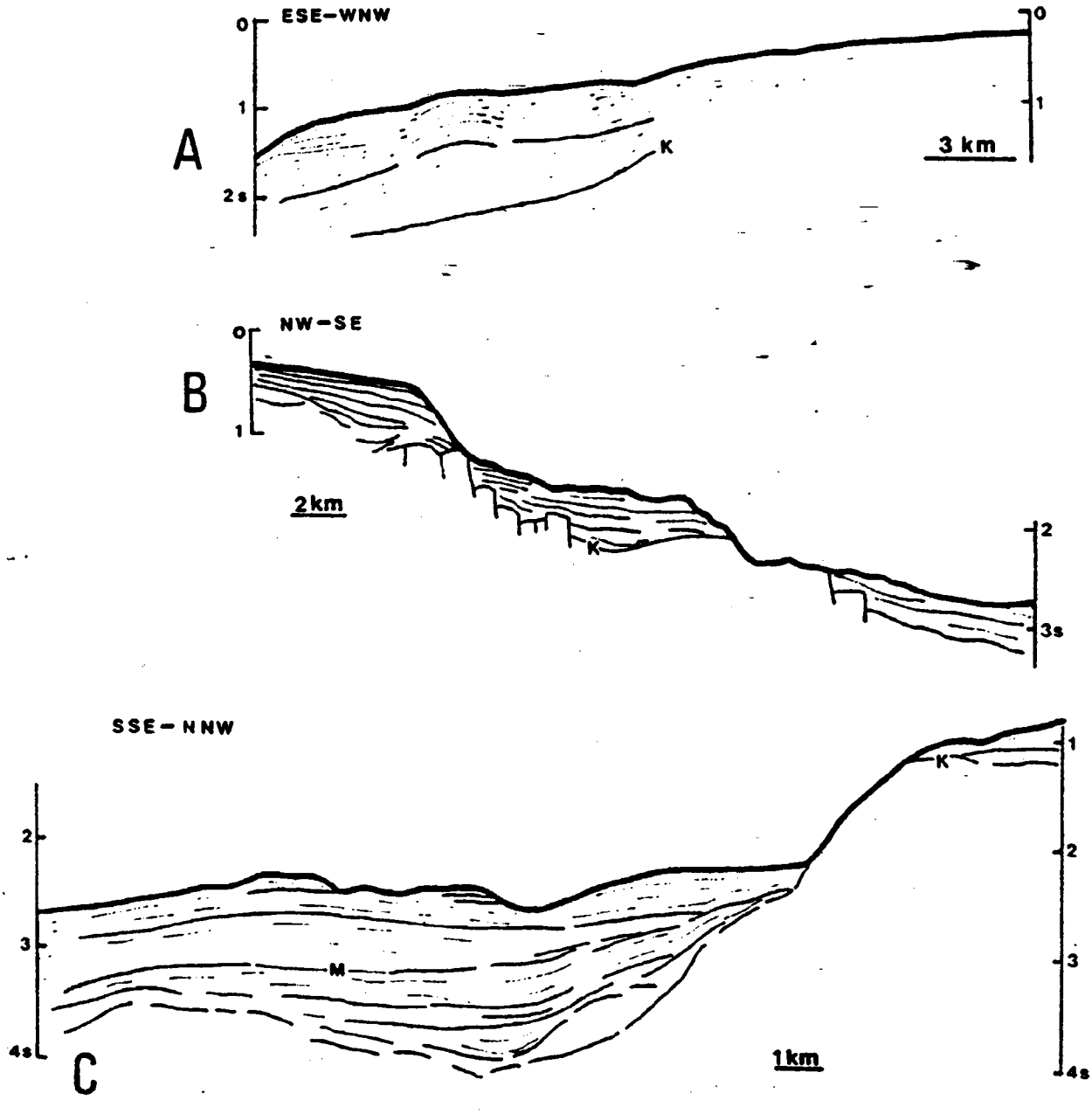


Fig. 4.- Perfiles de sísmica de reflexión del margen del Mediterráneo Nor-occidental.

tor K representa en la parte superior del margen una superficie de erosión,que afecta marcadamente al Mioceno, sobre la que se desarrolla discordante la potente serie Plio-Cuaternaria (Maldonado y Riba, 1973; Serra,1976;Ryan,1976).

Los accidentes tectónicos están en parte puestos de manifiesto por la presencia de edificios volcánicos. En este sentido se pueden citar las Columbretes en el Golfo de Valencia, dentro de este tipo de margen.

Margen intermedio

El margen de tipo intermedio está caracterizado por una gran irregularidad morfológica de la plataforma, talud y ascenso continental, la cual está esencialmente controlada por los accidentes tectónicos del basamento (Figuras 4B y 5F).

La nachura de la plataforma es muy variable, quedando generalmente comprendida entre 5 y 30 km. Su perfil longitudinal puede presentar irregularidades en toda su extensión, aunque principalmente se concentran en la zona próxima al continente donde las pendientes pueden llegar a ser del 10% (Serra,1976). El límite externo de la plataforma se situa por término medio a profundidades de 150 a 170 metros, excepto en la cabecera de los cañones submarinos que localmente cortan a la plataforma a profundidades inferiores a 100 metros.

El talud continental, presenta asimismo una gran irregularidad. Esta viene marcada en algunos casos por la presencia de un perfil tipicamente escalonado, que puede estar interrumpido por pitones submarinos o pequeñas irregularidades atribuibles a deslizamientos gravitatorios. Dentro de este tipo de margen, o en sus límites, es donde se localizan con preferencia los cañones submarinos, tales como los del Cap de Creus, La Fonera, Blanes,Arenys y Menorca. En algunos casos, por ejemplo La Fonera y Blanes, estos cañones tienen su origen a escasa distancia de la costa (Serra, 1979).

El menor recubrimiento sedimentario de este margen, permite apreciar mejor la estructura del basamento. Es frecuente que éste llegue a aflorar o se halle muy próximo a la superficie, tanto en la zona del talud como en la plataforma continental. La existencia de fallas en este tipo de margen está claramente puesta de manifiesto en la mayoria de los perfiles sísmicos, a partir de los cua-

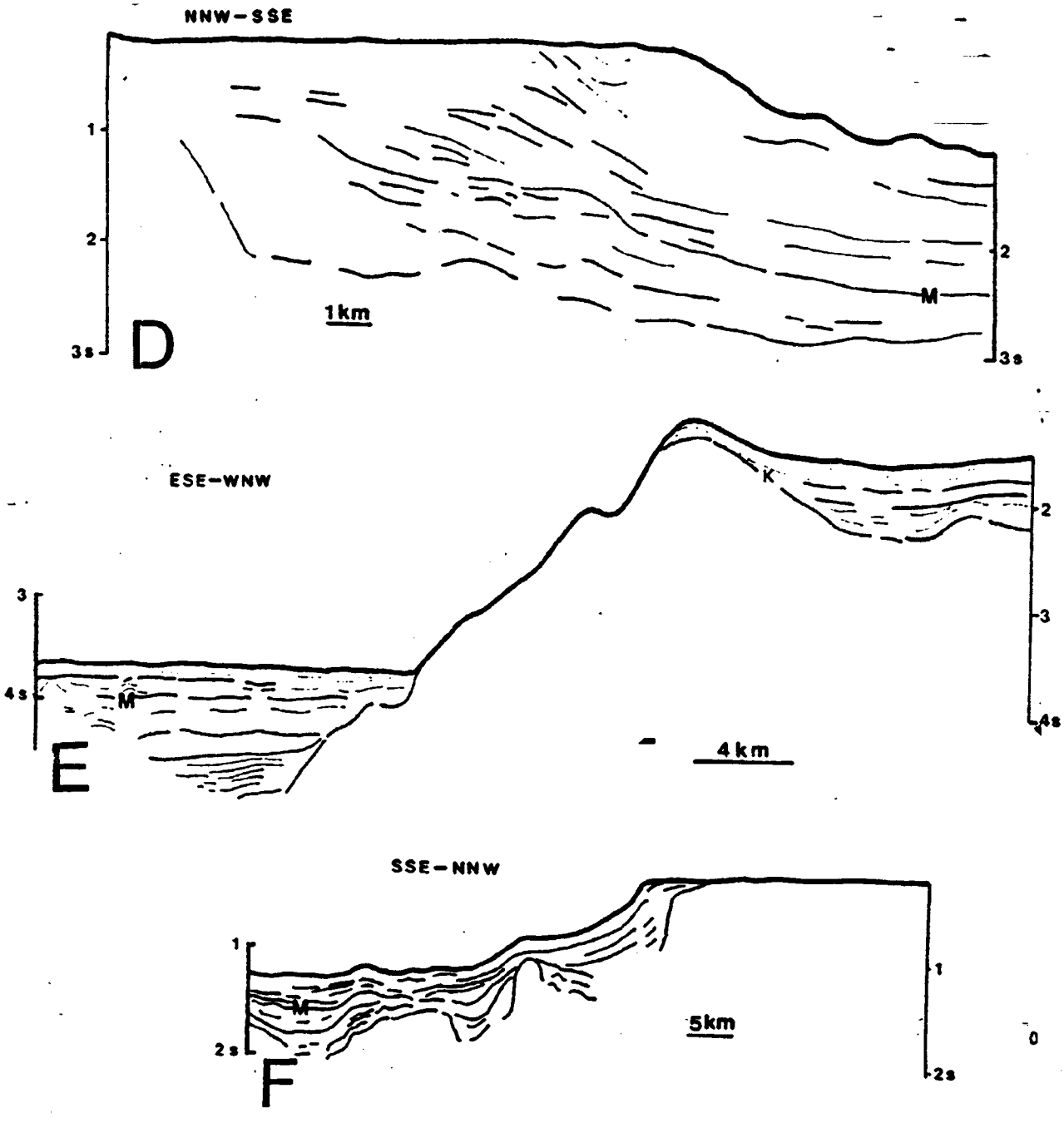


Fig. 5.- Perfiles de sísmica de reflexión del margen del Mediterráneo Nor-occidental.

les pueden ser seguidas sobre extensas áreas (Stanley et al., 1976; Serra,1976; Mauffret, 1976; Kelling et al., 1979). No obstante estas fallas del basamento no afectan por lo general al Plio-Cuaternario.

El recubrimiento sedimentario del margen intermedio presenta una distribución y espesores muy variables. En la plataforma del sector de Sant Feliu el recubrimiento Plio-Cuaternario pasa de inexistente a varios centenares de metros de potencia en distancias muy cortas. En el talud, tiene unas características similares, siendo relativamente frecuentes los afloramientos del substrato acústico en puntos tales como la parte externa de los peldaños estructurales. El trazado y continuidad de los reflectores sísmicos sigue de cerca la estructura del basamento. Los mayores espesores de sedimentos se localizan en los bajos estructurales y los diferentes reflectores se acuñan o quedan interrumpidos en los altos estructurales. Ello da lugar a una atenuación de las estructuras en sentido vertical que tiende a una uniformización del relieve.

Los pitones submarinos que se localizan en este tipo de margen pueden ser atribuidos bien sean a horsts del basamento o a edificios volcánicos. En general la naturaleza volcánica de estas estructuras suele estar puesta de manifiesto por coincidir con anomalias magnéticas de gran amplitud y relativamente poco abundantes que contrastan con el campo magnético regional (Galdeano et al.,1974; Mauffret,1976). Estas manifestaciones volcánicas encuentran su máxima espresión alrededor de las Baleares.

Margen abrupto

El margen de tipo abrupto presenta una plataforma continental muy variable en cuanto a extensión y morfologia. Por lo general se trata de una plataforma - continental bastante reducida(10-15 km.) con morfologia subhorizontal o suavemente inclinada aguas afuera y poco afectada por irregularidades topográficas (Figs. 4C y 5E). Este tipo puede presentar un contacto abrupto y definido en la zona litoral, el cual está representado por un acantilado, mientras que el tránsito al talud continental puede ser asimismo abrupto o marcado por una fuerte inflexión en las pendientes. En otros casos, la plataforma continental está mucho más desarrollada, pudiendo alcanzar unos 30 km, o más de extensión, y presenta una morfologia relativamente accidentada constituida por cubetas e irregularidades topográficas.

El talud continental está caracterizado por fuertes pendientes que pueden llegar a ser superiores al 10%. Por lo general este talud no se encuentra interrumpido por accidentes morfológicos, teniendo una pendiente continua y uniforme en toda su extensión. No obstante, pueden aparecer pequeños escalones estructurales, pitones submarinos y ondulaciones topográficas, estas últimas atribuibles a deslizamientos gravitatorios. En oposición a los dos tipos de margen anteriormente descritos no se observan cañones submarinos o en todo caso estos se encuentran en la zona de tránsito al margen de tipo intermedio,- como el cañón de Menorca (Maldonado y Stanley, 1979; Kelling et al., 1979).

El ascenso continental es reducido o inexistente. Generalmente el talud se encuentra fosilizado en su base por los depósitos de la llanura abisal que pueden formar una superficie practicamente horizontal o ligeramente inclinada hacia el centro de la cuenca. Menos frecuentemente aparece un ascenso continental poco extenso que se adosa a la base del talud dando lugar al desarrollo de una serie de escalones morfológicos. Solamente en el caso del abanico submarino de Menorca se encuentran formaciones de la base del talud en este tipo de margen.

En los perfiles sísmicos la característica diferencial más notable del - margen abrupto es la ausencia de cobertera sedimentaria en el talud continental. La plataforma continental presenta un recubrimiento sedimentario muy reducido y suele estar caracterizado por reflectores subhorizontales truncados en superficie. No obstante, localmente aparecen pequeñas cuencas sedimentarias en la plataforma, aunque no se observa el nivel transparente. El basamento acústico sobre la plataforma puede ser asimilado al reflector K o M, o incluso a - niveles más profundos.

El substrato acústico aflora en grandes extensiones del talud continental, pero su muestreo es dificil debido a la existencia de una delgada cobertera sedimentaria que lo recubre y que puede estar localmente litificada, (Mauffret, 1976). En este basamento se han muestreado materiales del Paleozoico (Costa - Brava y NE de Menorca) Mioceno (S de Mallorca) y rocas volcánicas (escarpe de Emile Baudot).

En el ascenso continental, cuando está presente, asimismo se han muestrea-

do depósitos antiguos, fundamentalmente del Mioceno medio y superior (Mauffret, 1976). Este tipo de ascenso continental se identifica en los perfiles sísmicos como una serie de peldaños estructurales que descienden progresivamente aguas afuera. El afloramiento de materiales antiguos ha sido favorecido por la existencia de corrientes de fondo que han impedido el depósito o erosionado los materiales más modernos (Kellin g et al., 1979).

Las características del margen de tipo obrupto pueden ser atribuidas a accidentes tectónicos del basamento, los cuales no han sido fosilizados por una cobertera sedimentaria. Al Sur de las Baleares se encuentran bien representadas tres alineaciones estructurales dominantes, NE-SW, N-S y NW-SE (Stanley et al., 1976; Mauffret,1976; Kelling et al., 1979). Sobre la Península este tipo de margen tiene un desarrollo muy limitado, localizándose en zonas concretas, tal como en la parte externa del cañón de Blanes, dentro del margen de tipo intermedio.

En general, se observa una transición entre los tipos de margen abrupto e intermedio, por lo que los límites son difíciles de precisar. Analogamente ocurre entre el margen intermedio y el progradante.

La zona costera de Cataluña.-

La zona costera de Cataluña tiene unas características diferenciales en sus diferentes sectores que estan ligadas a la naturaleza geológica del continente, a los aportes de sedimentos de los principales rios y a las características del margen continental anteriormente detalladas. Esencialmente se pueden distinguir de Norte a Sur los siguientes tipos de costas (Figura 6):

(1) Costas rocosas con acantilados y calas. Este sector corresponde a la Costa Brava y se extiende entre Port Bou hasta Blanes. Se diferencian dentro de este sector dos grandes ensenadas con playas bajas y marismas que corresponden a las bahias de Rosas y del rio Ter.

(2) Costas de playas y pequeños acantilados. En este sector se localizan los deltas del rio Tordera, al Norte, y del Besós-Llobregat al Sur. La zona costera de este sector se caracteriza por playas de diversa extensión delimitadas hacia tierra por conos de deyección aluviales o formando parte de la llanura deltaica de los rios y torrentes más importantes.

(3) Costas de acantilados. Corresponde a las costas de Garraf, caracterizada por grandes acantilados calcáreos que descienden directamente al mar,entre los que se localizan algunas pequeñas calas.

(4) Costas de playas y pequeños acantilados. Este sector se extiende entre Vilanova i la Geltrú por el Norte y Miami playa por el Sur. El aporte sedimentario más importante lo constituye el rio Francolí. Este sector se diferencia del sector (2) por la morfologia de las playas y la naturaleza de los sedimentos que las constituyen. Se pueden distinguir una zona norte y sur separadas por las costas acantiladas de Cabo Salou-Tarragona.

(5) Costa de pequeños acantilados, calas y playas. Este tipo de costa se prolonga hacia el Sur desde Miami playa y se continua dentro de la provincia de Castellón. Sobre este tipo de costa se encuentra superpuesto el delta del Ebro. Este tipo de costa se caracteriza por pequeños acantilados de conos aluviales o de materiales Mesozoicos y Cenozoicos sobre los que se adosan playas poco extensas y generalmente constituidas por materiales muy groseros.

(6) El Delta del Ebro. El Delta del Ebro por su extensión e importancia se puede considerar como una unidad morfológica independiente y característica de la costa de Cataluña. Este delta se encuentra superpuesto al tipo de costa (5) anteriormente definido.

De todos los tipos de costas de Cataluña son indudablemente los deltas los que han sido objeto de un estudio más detallado. El delta del Ebro,junto al del Nilo,Ródano y Pó, constituye uno de los principales deltas del Mar Mediterráneo. Este delta ha sido an alizado en sus aspectos sedimentológicos y estratigráficos (Maldonado,1972), con fines aplicados a la agricultura (Ministerio de Agricultura,Instituto Nacional de Colonización, Proyecto general de Saneamiento del delta del Ebro,1970), obras de Ingenieria (Macau,1961) y prospección petrolífera (Stoeckinger,1971), entre otros.

Un estudio pluridisciplinar del delta del Ebro desde el punto puramente científico ha sido patrocinado por la Institució Catalana d'Història Natural (Boletin número 8,1977). Actualmente el delta del Ebro es objeto de otro estu-

dio pluridisciplinar orientado al conocimiento de la calidad de sus aguas continentales y marítimas desde el punto de vista de sanidad y medio ambiente (Proyecto 793028).

El delta del Llobregat asimismo ha sido estudiado en sus aspectos sedimentológicos y estratigráficos , en base a numerosos sondeos realizados para la prospección de aguas y una cartografia detallada de los ambientes actuales (Marqués 1966,1975,1977; Marqués y Juliá, 1974,1975,1977). La evolución de las playas en el delta del Llobregat han sido objeto de un informe detallado de circulación restringida coordinado por el grupo de Puertos de Barcelona y Tarragona y patrocinado por la Comisión de Urbanismo y Servicios Comunes de Barcelona y otros Municipios (Estudio Estabilización Playas Llobregat,1971).

El resto de los deltas han sido menos estudiados (Marqués y Juliá,1975, 1977) y asimismo faltan estudios detallados sobre la constitución y evolución de las playas de Cataluña. Algunos estudios morfológicos se limitan a realizar una clasificación somera y descriptiva de los tipos de playas (Barbaza,1970; Calvet y Gallart, 1973). Más atención se ha prestado al análisis de la composición mineralógica de la fracción arena y a los fenómenos de deriva litoral basados sobre la composición de los minerales pesados (Sainz Amor,1968,1971,1974; Sainz Amor y Font Altaba,1964,1965,1966,1968; Giresse,1965,1970).

Determinados sectores de la costa catalana han sido objeto de estudios más detallados con objeto de la construcción de puertos, emisarios submarinos y obras de estabilización de playas. No obstante la mayoria de estos estudios presentan un enfoque parcial y generalmente sólo proveen una información limitada de los complejos fenómenos que afectan a la zona litoral (ver informes y proyectos en la V. Jefatura Regional de Costas y Puertos y en la Comisión de Urbanismo).

Existen varios proyectos de investigación del litoral en curso de realización que son llevados a cabo por investigadores en Cataluña. Entre estos se deben citar:

(1) Bahia de Rosas,proyecto "Els aiguamolls de l'Empordá". Estudio pluridisciplinario que incluye geologia botánica y zoologia, subvencionado por la Caja de Ahorros de Barcelona. Director del Proyecto Dr. Oriol Riba.

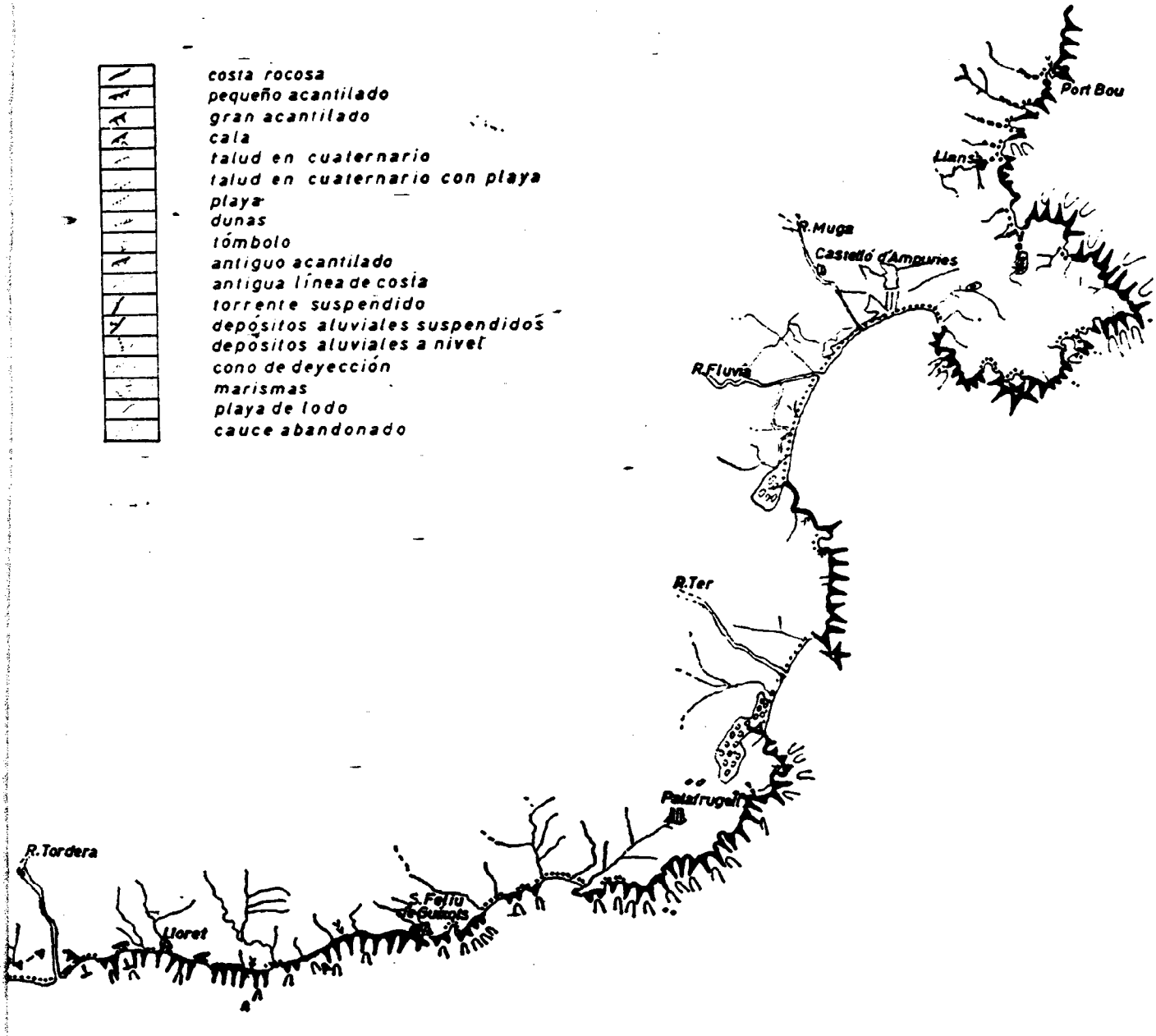
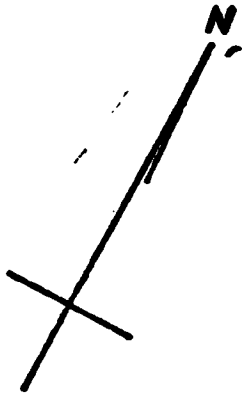
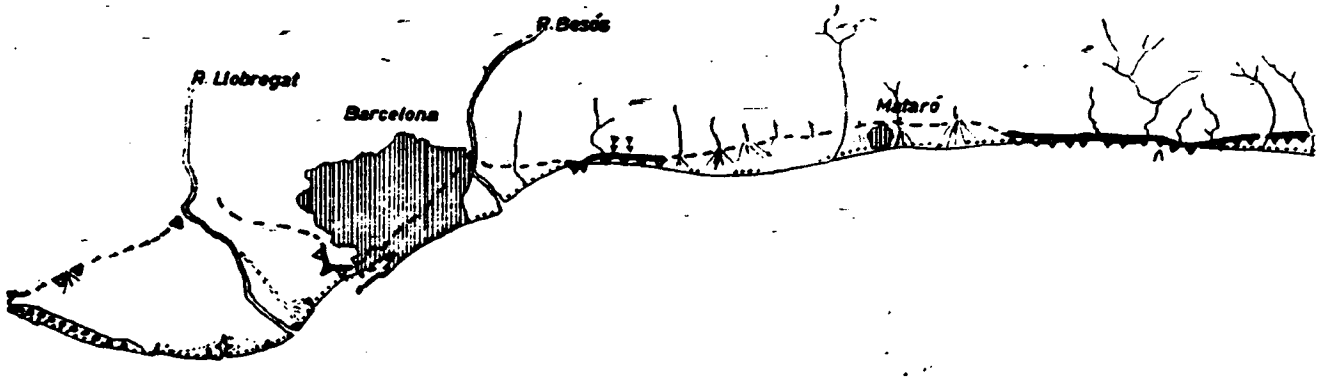


Fig. 6A.- Esquema morfológico de la costa catalana. Sector Costa Brava. (según Calvet y Gallart, 1973).

Fig. 6B.- Esquema morfológico de la costa catalana. Sector Maresme (Según Calvet y Gallart, 1973).





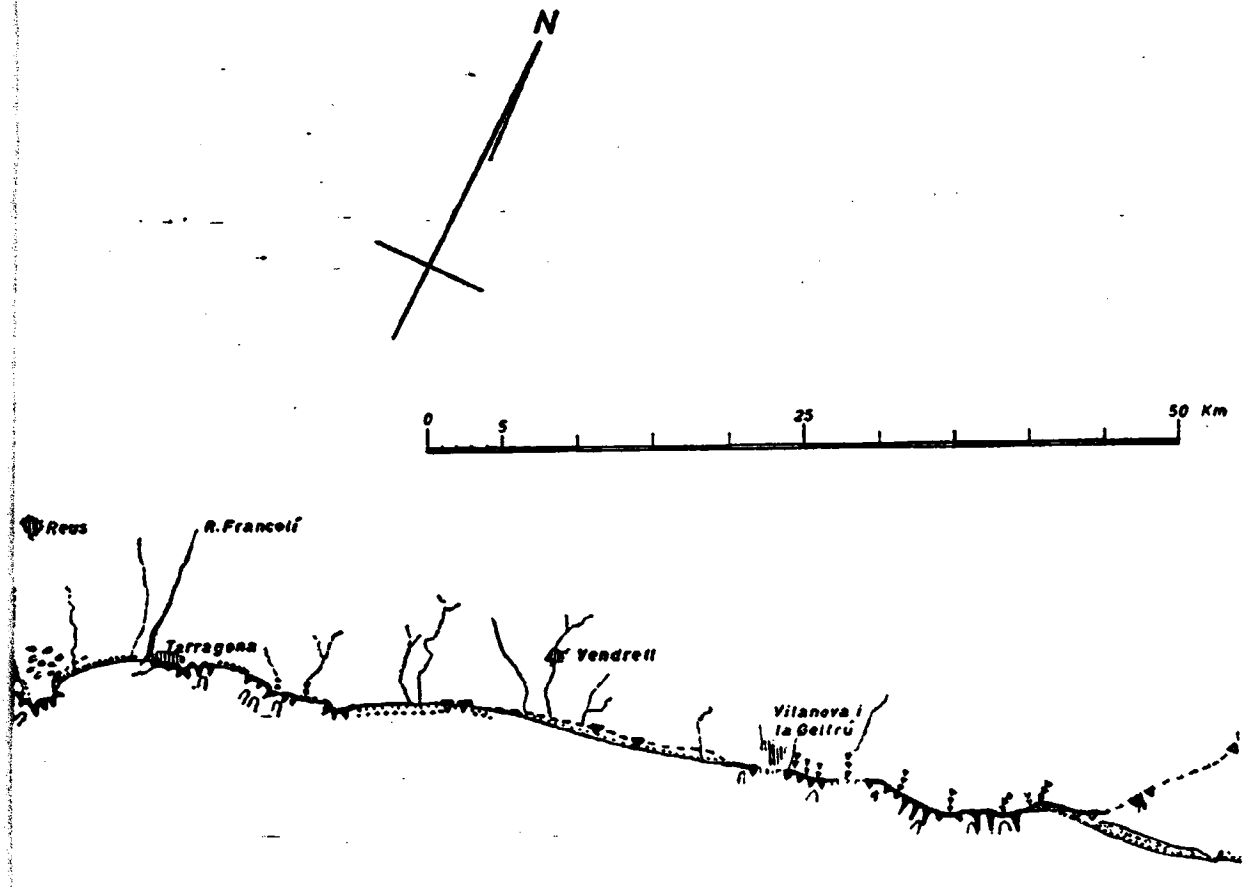
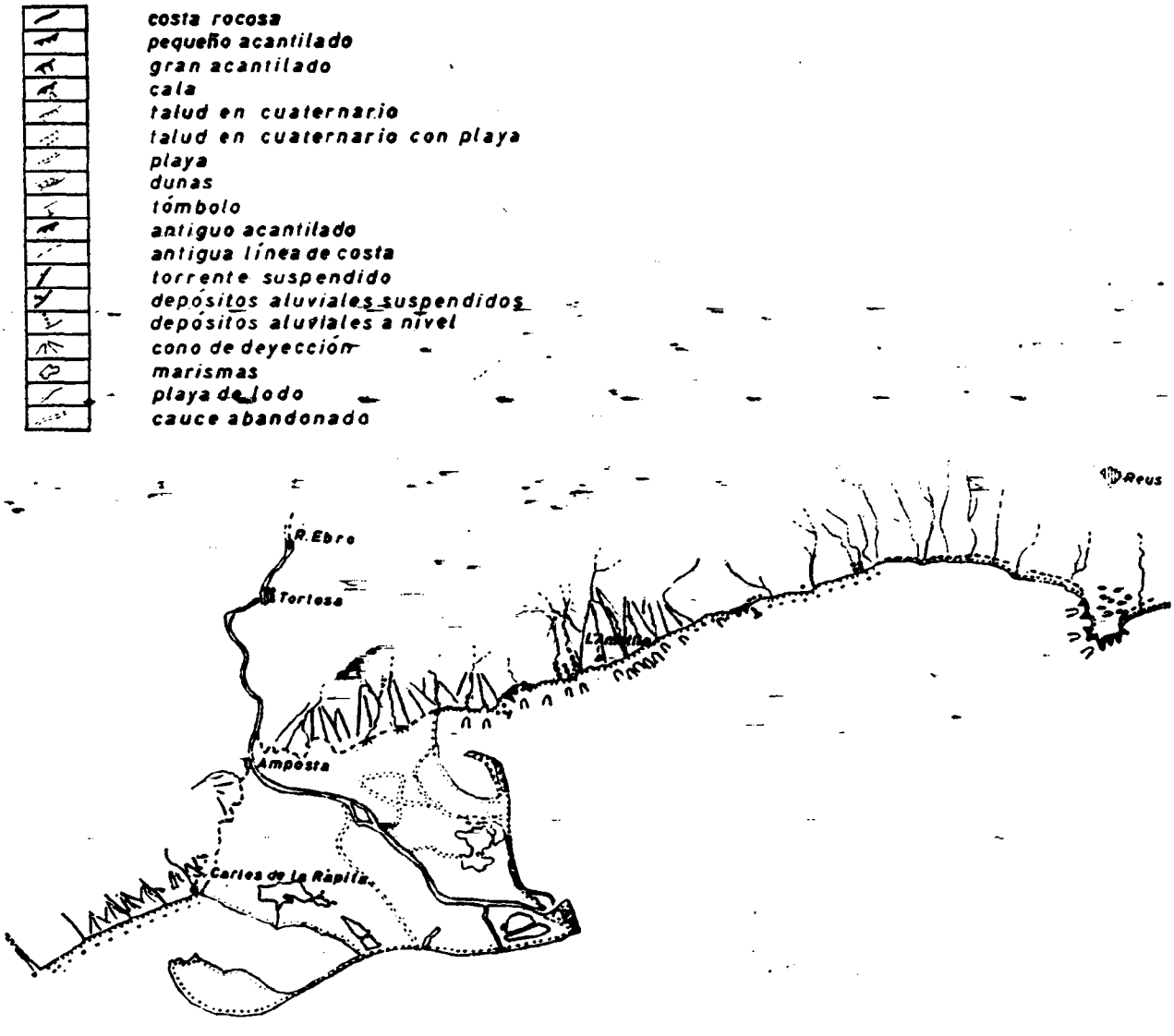


Fig. 6C.- Esquema morfológico de la costa catalana. Sector Garraf-Tarragona. (Según Calvet y Gallart, 1973).

Fig. 6D.- Esquema morfológico de la costa catalana. Sector Tarragona-Delta Ebro. (Según Calvet y Gallart, 1973).



(2) Delta del Ebro, proyecto pluridisciplinario titulado "Estudio de la Calidad de las Aguas Continentales y Marítimas del Delta del Ebro". El proyecto está subvencionado por una ayuda del Programa de Cooperación y Amistad entre Estados Unidos y España (proy. nº 793028). El proyecto está coordinado por el Ministerio de Sanidad (Investigador Principal Dr. Mariño) y se centra en el análisis de las aguas continentales y marítimas del Delta del Ebro, especialmente en los aspectos relacionados con la calidad y preservación del medio ambiente.

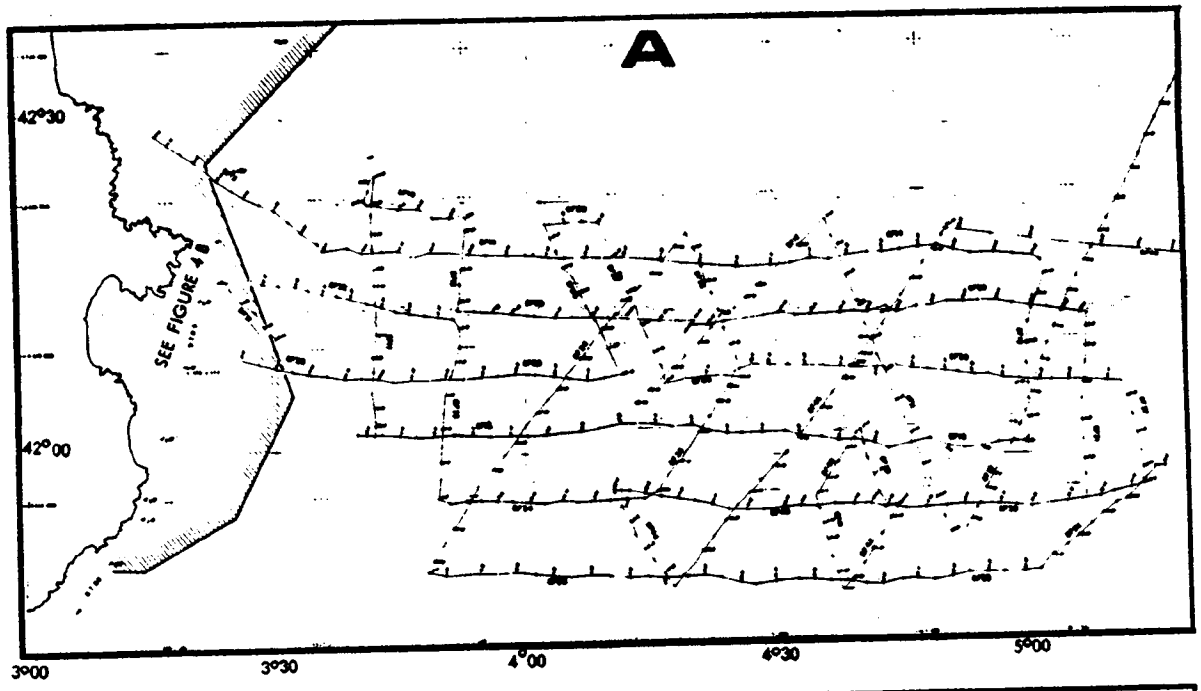
(3) Proyecto sobre "Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca del rio Tordera y de la zona marina adyacente". Este proyecto ha sido presentado para su aprobación a la convocatoria de ayudas de investigación de la Universidad de Barcelona. Investigador Principal del Proyecto Dr. Ramón Vaquer.

Existen además varios estudios en curso de la zona costera que son llevados a cabo por investigadores individuales, no estando expresamente comprendidos en el marco de ningún proyecto concreto. Entre estos se deben citar: el análisis de la zona costera por teledetección y fotografia aérea vertical (Investigador principal Dr. Antonio Ballester), estudio sedimentológicos y morfológicos de playas (principales investigadores Dr. Andrés Maldonado,Dr. Ramón Juliá y Dra. Mº Angeles Marqués) y mineralogia de arenas en playas (Dra. Emma Sainz Amor), entre otros.

La plataforma continental.-

La plataforma continental de Cataluña está suficientemente en los aspectos básicos estudiada en los sectores Norte y Sur. El sector Port Bou-Blanes ha sido investigado en numerosas campañas patrocinadas por el Centre de Recherches de Sedimentologie Marine de Perpignan (Figs. 7 y 8). Los resultados principales de estos estudios están resumidos en las tesis doctorales de Got (1973)y - Serra (1975).

El sector Sur de la plataforma catalana, en el área del delta del Ebro ha sido objeto de un programa de estudio subvencionado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, y la mayoria de los resultados son aún



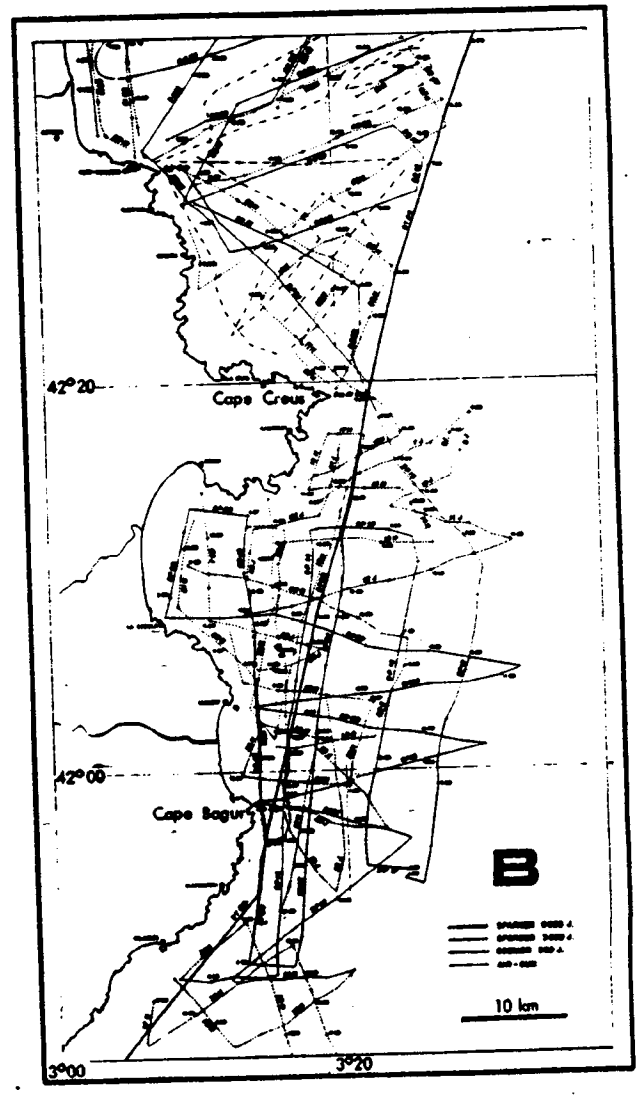


Fig. 7.- Planos de posición de los perfiles sísmicos de reflexión realizados en el sector norte del margen continental catalán. (Según Stanley et al., 1976).

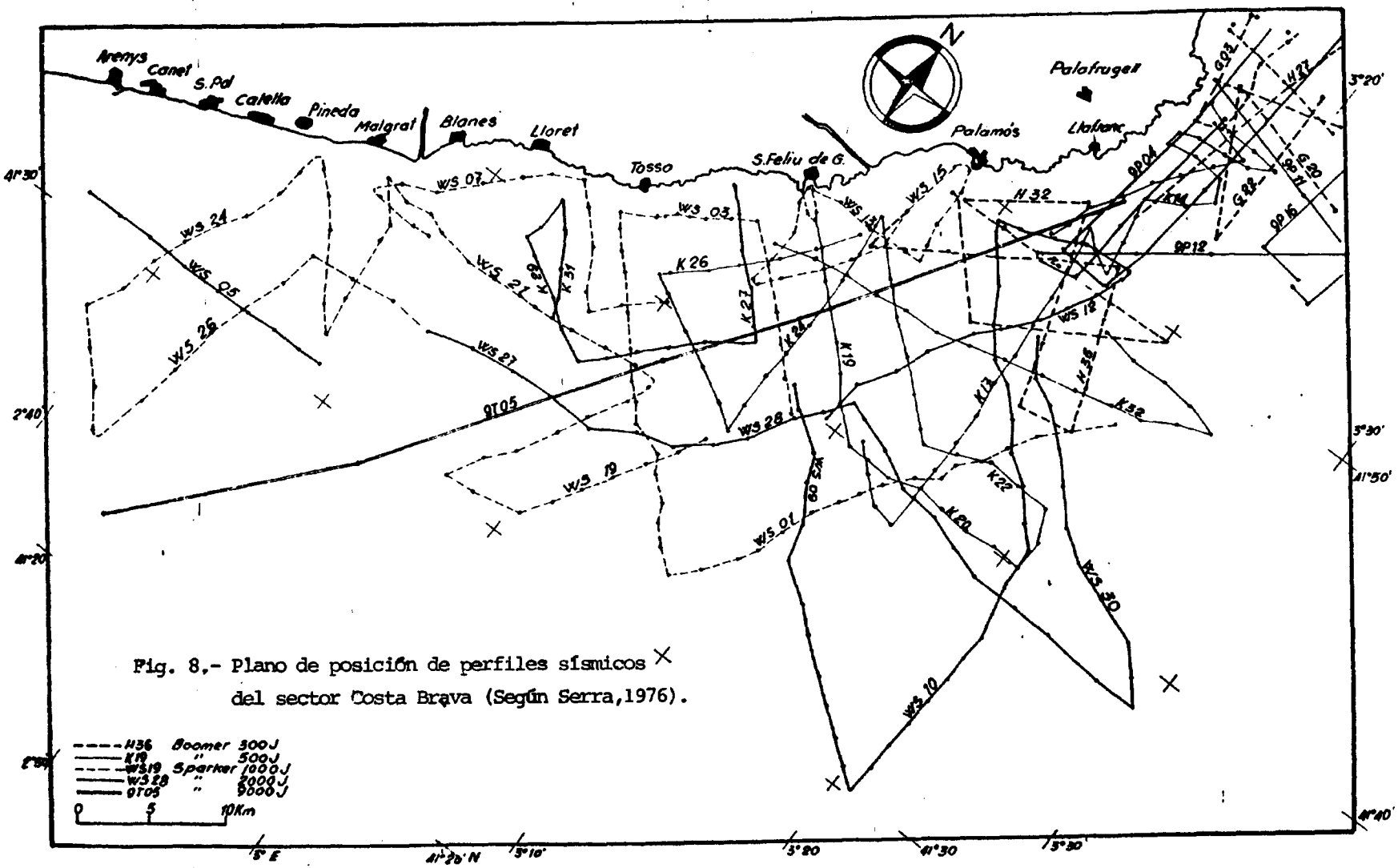


Fig. 8.- Plano de posición de perfiles sísmicos del sector Costa Brava (Según Serra,1976).

inéditos (Maldonado et al., en preparación). El sector entre Tarragona y Blanes no ha sido investigado de una manera sistemática tal como los otros sectores. Un proyecto de investigación ha sido sometido para el análisis de este sector en la convocatoria de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica para el trienio 1980-82 (Maldonado,1980)

Por su interés se resumen a continuación algunos de los resultados inéditos de la plataforma de Tarragona -Castellón en las inmediaciones del delta del Ebro (Figura 9)

La plataforma continental en las inmediaciones del delta del Ebro es una de las más extensas del Mediterráneo occidental con más de 60 km. de anchura - (Maldonado, 1972; Maldonado y Riba 1973). Esta plataforma se encuentra constituida por un apilamiento de unidades sísmicas separadas por superficies de erosión que se adelgazan hacia tierra (Maldonado et al., en preparación). Las secuencias estratigráficas del Cuaternario son generalmente más completas y potentes en la plataforma externa y media, con la única excepción de los depósitos del delta flandriense del Ebro localizados en la plataforma interna (Maldonado,1972). Al Norte de la actual desembocadura del rio hay un adelgazamiento progresivo de las unidades sísmicas, que están caracterizadas por estructura tubular en cuña y se encuentran individualizadas por superficies de erosión planar. Por el contrario, al Sur y Este del delta del Ebro las unidades sísmicas están bien desarrolladas y encajadas, predominando la geometria lenticular. En la zona litoral las unidades más modernas no se han depositado o han sido eliminadas por la erosión, aflorando en superficie depósitos que se pueden correlacionar con las playas del Tirreniense datadas en tierra (Maldonado y Riba 1973). Los perfiles sísmicos de gran resolución (3,5 kHz,sufboomer,sparker 1.000 Joules) revelan una disposición interna en las diferentes unidades de capas inclinadas subtabulares en "foresets" o de estratificaciones cruzadas en artesa de gran escala (Fig. 10).

Los perfiles sísmicos han permitido la caracterización de tres lóbulos deltaicos antiguos y cuarto lóbulo funcional que forman el prodelta y se extienden en disposición progradante sobre las unidades de la plataforma interna. Localmente las unidades de la plataforma externa y media presentan en superficie un campo de dunas de arena con 1,5 a 5 m. de altura y longitudes de onda entre 150 y 1.000 m.

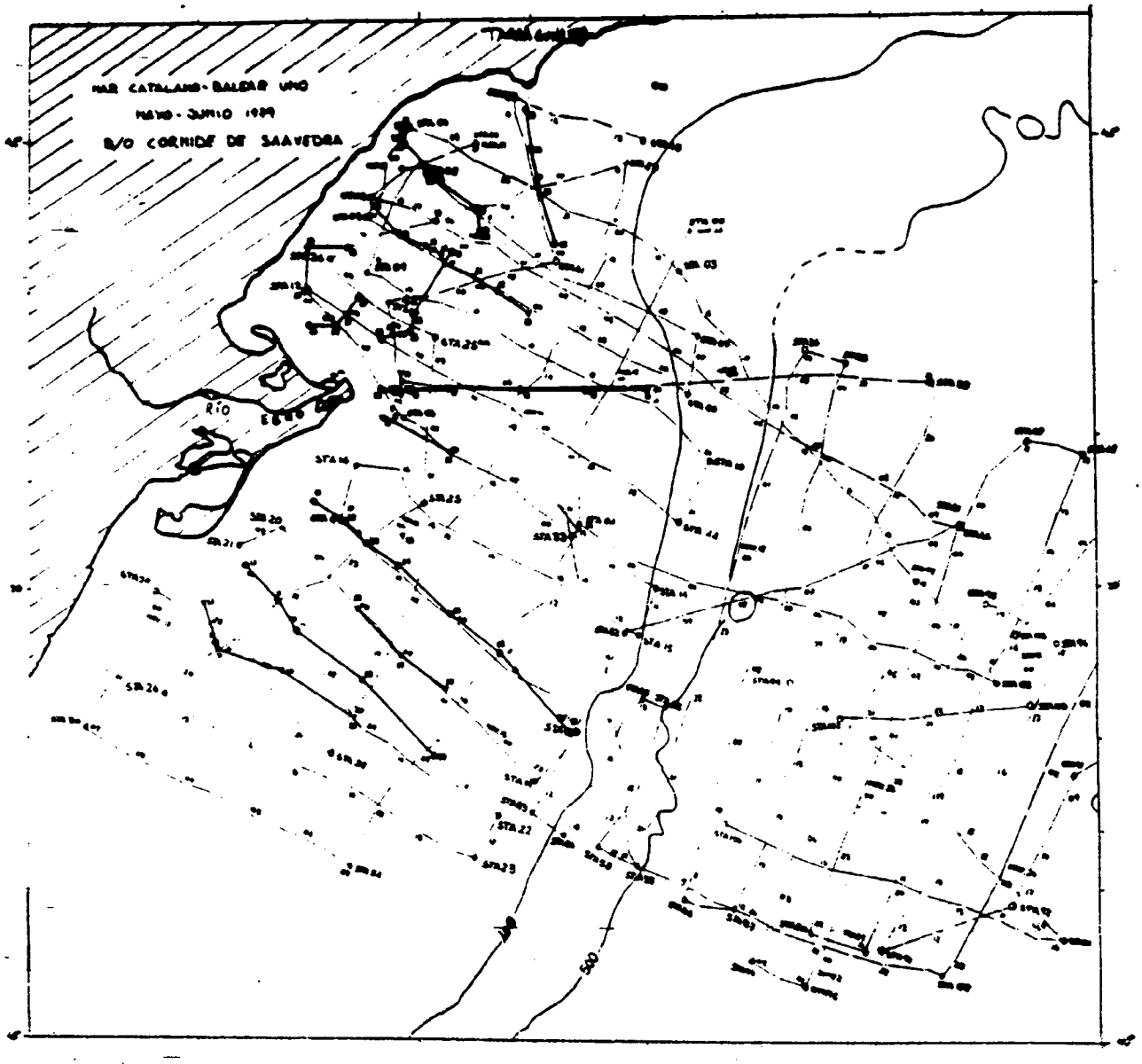


Fig. 9.- Situación de perfiles sísmicos realizados en el margen continental de Tarragona-Castellón (Según Maldonado, 1980).

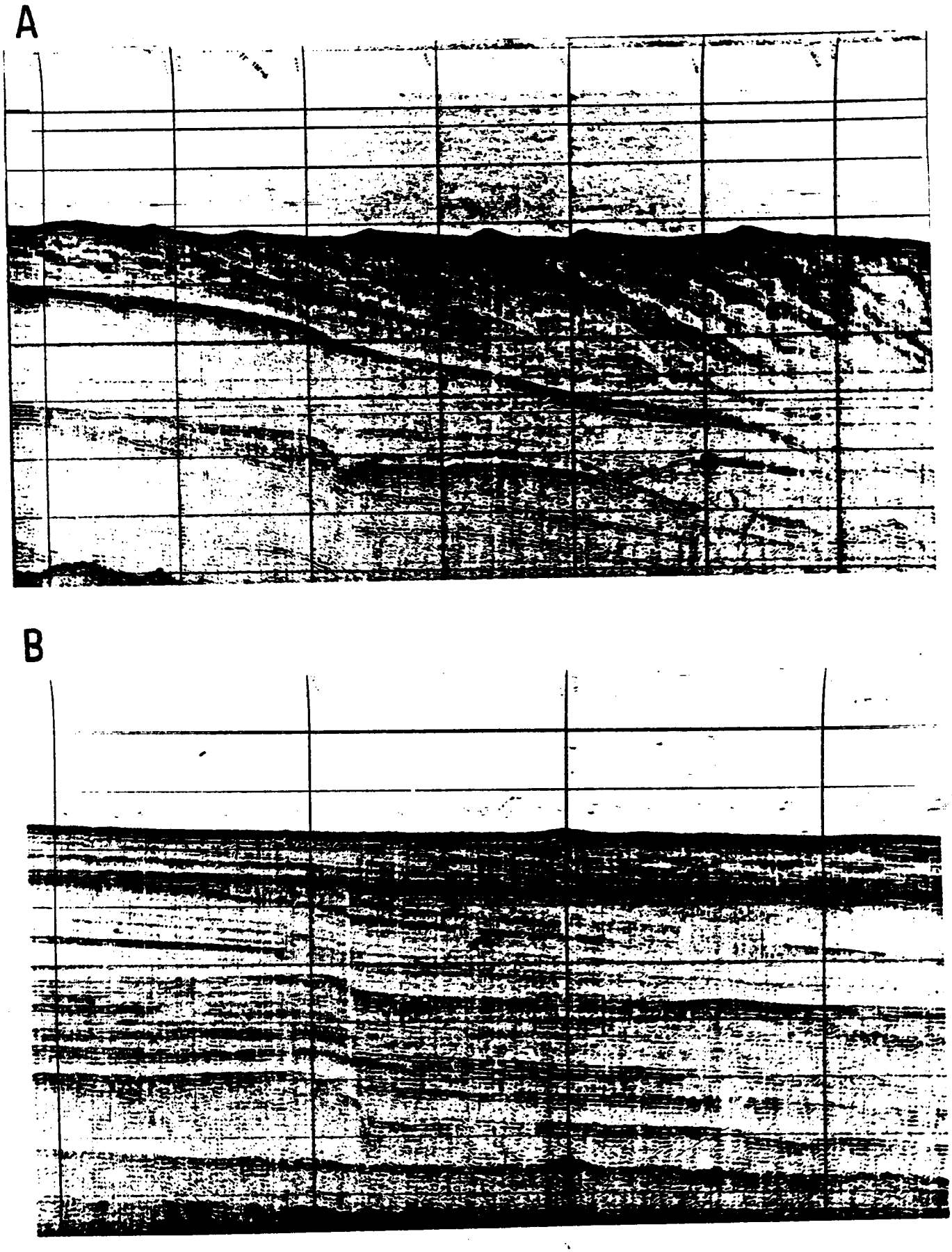


Fig. 10.- Perfiles sísmicos (A) y (B) del delta del Ebro. Obsérvense los fenómenos de deslizamiento gravitacional en el perfil (A) y la superficie de truncamiento con reflectores internos en "off-lap" en el (B).

Los numerosos testigos continuos de pistón tomados en esta plataforma y las dragas superficiales permiten diferenciar cinco litofacies principales en la plataforma: (1) gravas poligénicas; (2) arenas bioclásticas y arenas silícicas; (3) limos; (4) fangos amarillos y fangos grises, y (5) fangos orgánicos. Las gravas poligénicas forman parte de los testigos tomados en la plataforma media frente al delta. Estas gravas son atribuibles a depósitos fluviales y litorales, pudiendo ser cartografiadas en los perfiles sísmicos sobre extensas zonas. Las arenas bioclásticas son mucho más abundantes en los testigos de la plataforma externa, adelgazándose hacia el continente en forma de niveles poco potentes (0,2-1,5 m) intercalados en los fangos. Estas arenas representan depósitos litorales poco profundos desarrollados en función de los cambios estáticos del Cuaternario.

Los limos son la litofacies menos frecuente. Esta litofacies es característica del prodelta y se encuentra en forma de lámina y lentejones en una matriz de fangos. Los fangos amarillos y fangos grises son la litofacies predominante en los testigos de la plataforma media. Los fangos amarillos se localizan en superficie y corresponden a los depósitos de plataforma formados a partir del último ascenso eustático, presentando una composición relativamente uniforme. Los lodos grises,por el contrario, corresponden a una gran variedad de condiciones ambientales, desde depósitos de "lagoon" hasta depósitos de plataforma.

Los fangos orgánicos se localizan en el prodelta, estando caracterizados por el elevado contenido en materia orgánica y la presencia de metano disperso en los sedimentos. Las burbujas de gas producen una estructura característica en esponja e impiden la transmisión de la energia de la sísmica de reflexión por lo que presentan en los perfiles un aspecto peculiar en "tablas". Los estudios en curso sobre metanogénesis (Ballester y Castellvi,en preparación) pueden suministrar datos fundamentales sobre la transformación de materia orgánica en hidrocarburos por acción bacteriana. El origen de la materia orgánica y sus estudios iniciales de diagénesis e incorporación al sedimento para su transformación en hidrocarburos, está siendo asimismo objeto de un intenso análisis (Albaiges, en preparación).

Nuestro estudio de la plataforma continental catalana pone, asimismo, de

relieve que los factores más importantes que han controlado su evolución durante el Cuaternario son: (1) los aportes del rio Ebro; (2) los cambios eustáticos y climáticos; (3) el comportamiento estructural del área, y (4) el régimen general de circulación del Mediterráneo occidental. Actualmente la sedimentación pertenece al tipo de plataforma continental dominado por las tormentas de viento.

Asimismo debe resaltarse que además de la importancia económica de esta plataforma continental, por ser un área con producción de petróleo y los posibles riesgos que implica su utilización desde el punto de vista ambiental, tiene el elevado interés de constituir un posible modelo de sedimentación aplicable a algunos de los mares epicontinentales del registro geológico.

Anteproyecto de estudio Geológico- Oceanográfico.-

De lo anteriormente expuesto se deduce la conveniencia y necesidad de realizar un proyecto de estudio de la zona costera y plataforma continental de Cataluña. En este estudio se debe llevar a cabo tanto una recopilación y sistematización del conocimiento actual del mar catalán, como la investigación de aquellas zonas en que aún no se ha alcanzado el conocimiento científico básico.

El caracter multidisciplinario con que se debe abordar el estudio constituye una consecuencia lógica de la complejidad de la problemática implicada en el espacio marino. La urgente necesidad de mejorar la situación de la costa (adecuación de las playas, conocimiento y mejora de la calidad del agua, ordenación de los puertos deportivos,etc) pasa necesariamente por un nivel alto de conocimiento de los sistemas litorales. Al ser enormemente complejo el contenido de este conocimiento, necesariamente lo ha de ser también el estudio, tendente a aumentar la comprensión del mar litoral y de la costa correspondiente, la precisión en su descripción y, finalmente,la posibilidad de explotarlo racionalmente y,como consecuencia, de conservarlo.

Los objetivos prioritarios para la zona costera y plataforma continental se pueden agrupar en los siguientes puntos:

Zona Costera

1. Definición de la línea de la costa. Caracterización de los distintos tipos de costa y su utilización. Usos del litoral.

2. Evolución de la linea de la costa. Estabilidad de las playas.

3. Calidad de las aguas litorales en función del regimen de circulación y de los aportes urbanos e industriales.

4. Definición evaluadora y cuantificación de los aportes litorales (tanto los naturales como los generados por el hombre y sus actividades).

5. Caracterización de la calidad de las aguas litorales desde el punto de vista de microcontaminantes inorgánicos y orgánicos.

Plataforma continental.-

1/ Establecimiento de la cartografia geológica de la plataforma continental a escala 1:200.000, acompañada de una memoria geológica.

Se pueden preveer dos tipos de mapas geológicos:

A/ Mapa geológico del basamento acústico y distribución del recubrimiento de sedimentos no consolidados.

B/ Mapa sedimentológico del recubrimiento superficial no consolidado de la plataforma continental.

2/ Definición de áreas de interés potencial por la existencia (previsible o comprobada) de recursos minerales y energéticos.

3/ Definición y delimitación de áreas potencialmente peligrosas desde el punto de vista de riesgos geológicos (terremotos y deslizamientos principalmente) ligados al uso y explotación del suelo y subsuelo marinos.

Como consecuencia de los estudios propuestos se puede esperar obtener los siguientes resultados:

(1) Distinción de unidades sísmicas y distribución de espesores en base a perfiles sísmicos de reflexión continuos.

(2) Caracterización de la estructura de la plataforma continental.

(3) Caracterización de las unidades sísmicas más superficiales en base a testigos continuos de pistón.

(4) Dispersión de sedimentos de aporte fluvial y procesos sedimentarios en la zona costera y plataforma continental.

(5) Caracterización del tipo de costas y cartografia temática de las mismas con vistas a su evolución,estabilidad y planificación territorial.

(6) Definición de áreas de interés potencial por la existencia (previsible o comprobada) de recursos minerales y energéticos.

(7) Distribución de elementos polucionantes en los sedimentos.

(8) Establecimiento de las tasas de sedimentación en la plataforma en base a la datación absoluta de los sedimentos y de su correlación en los pérfiles sísmicos de gran resolución.

(9)Definición y delimitación de áreas potencialmente peligrosas desde el punto de vista de riesgos geológicos y catastróficos, ligados al uso y explotación del suelo y subsuelo marinos.

Los resultados de estos estudios pueden ser utilizados en su dia para la elaboración de la cartografia geológica de la plataforma continental de Cataluña. Actualmente ha sido iniciada la cartografia de las plataformas españolas a escala 1:200.000 por parte del Instituto Geológico y Minero de España. Las primeras hojas en curso de elaboración son las de ALMERIA, ALMERIA SUR Y GARRUCHA, estando prevista su continuación al resto de las plataformas continentales e insulares de España.

Este proyecto del IGME de cartografia de las plataformas continentales se

enmarca dentro del Programa Sectorial de Estudio de Fondos Marinos (F.O.M.A.R.) en el plan de cartografia geológica de la plataforma continental y forma parte asimismo del Plan de Investigación Minera.

Plan de Investigación.-

Las características intrínsecas de las diferentes zonas de margen implican un plan metodológico de investigación peculiar para cada zona. El análisis de la zona litoral debe ser principalmente llevado a cabo a partir de foto aérea y teledetección, complementado con observaciones locales. Para esta zona no se pueden emplear grandes buques oceanográficos y gran parte del estudio tiene que realizarse por observación directa sobre el terreno o a partir de pequeñas embarcaciones y por medio de buceo. Por el contrario, para la plataforma y resto del margen continental es imperativo el uso de buques oceanográficos equipados con instrumental científico altamente especializado.

Zona costera

El plan de actuación y metodologia a seguir en la zona costera se puede esquematizar en los siguientes puntos:

Plan de actuación:

1. Recopilación de la información existente y, de un modo especial, de la cartografia descriptiva y temática del litoral catalán.

2. Enriquecimiento de la información recopilada con observaciones sistemáticas realizadas por medio de la teledetección.

3. Identificación de los diversos tipos de costa con un producto final consistente en una cartografia temática actualizada del litoral.

4. Identificación y definición de los problemas específicos de cada sector del litoral en relación con los siguientes temas:

a/ Estabilidad de las playas en función de su tipologia.

b/ Cualificación y cuantificación de los aportes hídricos de origen telúrico en las aguas litorales.

c/ Establecimiento y seguimiento de la calidad de las aguas litorales y de los sedimentos correspondientes desde el punto de vista físico, químico y biológico. Modelos de difusión.

Metodologia.-

1. Estudio sobre el terreno de los perfiles de costa característicos.

2. Seguimiento de la evolución de la linea de costa mediante la restitución de fotografias aéreas pertenecientes a épocas distintas.

3. Estudio secuencial en el espacio y en el tiempo de las características hidrográficas del litoral catalán.

4. Determinación de la Producción Primaria como base de la estimación del potencial de explotación en niveles tróficos superiores.

5. Explotación de la información teleobtenida por métodos informáticos de vanguardia. Obtención y difusión de productos descriptivos y temáticos a diferentes escalas.

6. Establecimiento de redes de correntímetros y de estaciones meteorológicas automáticas provistas de plataformas de comunicación.

Plataforma y margen continental.-

Campañas Oceanográficas

Se deben preveer la realización de un total de cuatro a ocho campañas oceanográficas. Se pueden utilizar los buques oceanográficos españoles B/O CORNIDE DE SAAVEDRA, administrado por la Subsecretaria de Pesca y Marina Mercante, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y el B/O GARCIA DEL CID, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, administrado por el Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona.

El B/O CORNIDE DE SAAVEDRA ha sido acondicionado con cargo al Presupuesto de los proyectos que desarrolla el Instituto Jaime Almera para poder realizar trabajos de Geologia Marina y especialmente las técnicas de muestreo con - testigos contínuos de pistón de gran envergadura.

- El buque oceanográfico N/R CATHERINE LAURENCE de la Station Marine de Marine de Villefranche-sur-Mer, administrado por la Universidad de PARIS VI ha sido extensamente utilizado por el equipo que participaria en este proyecto y se podria continuar su uso.

Todos estos buques están equipados con instrumental electrónico moderno para navegación precisa utilizando técnicas doppler de satélite y Loran-C automático, complementadas con posicionamiento por radar para la navegación cerca de la linea de costa.

Técnicas a utilizar.-

- En este anteproyecto se propone una investigación geológica, oceanográfica de la plataforma y margen continental de Cataluña usando técnicas especiales tales como:

1) Perfiles sísmicos de reflexión, con dos fuentes de energia diferentes: surfboom y sparker. Los perfiles sísmicos se surfboom suministran una gran definición de los niveles superficiales del fondo marino (penetración 30-200 metros y resolución 1-3 metros) que permiten un trazado lateral muy detallado y la identificación precisa de los diversos niveles muestreados con testigos de pistón y muestras de draga de arrastre. Los perfiles de reflexión de sparker - (penetración de orden de unos 1000 metros y resolución dentro de unas decenas de metros) serán utilizados para caracterizar la estructura semiprofunda del - margen continental, definir las principales unidades acústicas y realizar su trazado y correlación con los datos de sondeos y perfiles sísmicos ya existentes.

2) Testigos de pistón con dispositivo de disparo remoto. Esta técnica permite el muestreo preciso de los diferentes niveles los cuales serán previamente seleccionados en función de los resultados de los perfiles sísmicos. Con esta técnica se pretende muestrear las diferentes formaciones del Plioceno y

Cuaternario. Será utilizada una cabeza del tomatestigos de gran peso (750 kilogramos) y lanzas tomatestigos de 5 a 10 metros, al objeto de asegurar la máxima recuperación posible. Como disparador será utilizado un tomatestigos de gravedad con lanza de 1 metro de longitud y diámetro interno de 6 cm.

3) Dragas de arrastre para la toma de muestras de sedimentos parcialmente litificados en los escarpes submarinos.

4) Perfiles transversales de fotografia submarina usando tanto fotografia vertical como ligeramente oblicua. Fotografia oblicua tomada con un sistema de arrastre sobre el fondo (Troika) que contiene un inclinómetro como auto registro. El uso combinado de ambos sistemas permitirá una observación en detalle de las características de los afloramientos y reducir los fenómenos geológicos que los han condicionado.

5) Prospección de la zona con perfiles sísmicos y análisis fisicoquímicos en continuo, (superficie y subsuperficie). Análisis de pigmentos con fluorómetros de flujo.

6) Asimismo se efectuará un muestreo discontinuo para oceanografia física y química orientado a los siguientes objetivos:

a. Muestras de agua para sedimentos en suspensión (botellas 20 l.).
b. Muestras de agua para el estudio de:
   -Materia Orgánica Particulada
   -Pigmentos
   Microcontaminantes orgánicos
   -Materiales pesados
   -Productividad Primaria
   -Microbiologia
   -Radioactividad
   -Estaciones ocean ográficas
c. Corrientes a distintos niveles.

Análisis de Laboratorio.-

Las técnicas a utilizar en el análisis de muestras incluyen radiografia de

rayos-X, análisis sedime ntológicos (textura y estructuras sedimentarias,componentes, SEM, mineralogia y carbonatos) análisis geoquímicos y bacteriológicos y análisis bioestratigráficos. Los testigos de pistón serán subdivididos longitudinalmente en dos mitades, una destinada a archivo permanente y a disposición de cualquier investigador cualificado interesado en su estudio, y otra destinada a la toma de muestras para los análisis de facies.

El estudio geofísico incluye fundamentalmente la identificación de reflectores sísmicos, asi como de su cartografia a lo largo del área investigada y correlación con datos procedentes de campañas anteriores, ya sean sondeos profundos u otros registros sísmicos. La fotografia submarina suministrará información sobre la naturaleza de los afloramientos y tipos de escarpes. Se prestará especial atención a las zonas afectadas por corrientes de fondo. Las irrefularidades del fondo producidas por estructuras halocinéticas o fracturas recientes asimismo serán analizadas . Los resultados obtenidos de estos estudios suministrarán una valiosa información acerca de los procesos geológicos que han desarrollado estas estructuras y de los mecanismos posteriores a los que han sido sometidas.

El análisis de los aportes de materiales en suspensión de origen continental se realizará a partir de muestras de agua. Las muestras de agua serán filtradas y calculada la cantidad de material en suspensión. Sobre estos sedimentos en suspensión se determinará la composición química total elemental por medio de la microsonda, y de la naturaleza de los sedimentos por difractometria de Rayos-X y microscopio electrónico. Se prestará especial atención a la presencia de microcontaminantes y de su distribución. La materia orgánica aportada también será determinada.

La distribución y tipos de facies en el margen continental será estudiada a partir de las muestras de testigos y dragas. Los testigos y dragas serán sometidos a radiografia de Rayos-X y gamma densimetria al objeto de la determinación de las estructuras sedimentarias y caracterización de niveles sedimentológicos. Sobre los sedimentos se analizará materia orgánica, carbonatos, composición elemental, determinación mineralógica (arcillas y arenas) y de componentes biogénicos, y presencia de metales pesados. El microscopio electrónico y la microsonda serán utilizados para la determinación de la composición y na-

turaleza de la fracción fina de las muestras, asi como para determinaciones semicuantitativas de la composición elemental de las muestras. La mineralogia de arcillas se determinará por difracción de Rayos-X.

El Instituto "Jaime Almera" dispone de los laboratorios y técnicas necesarias para llevar a cabo los estudios sedimentológicos, petrográficos y estructurales pertinentes a este proyecto. Estas técnicas incluyen cortadores de rocas y testigos, impregnación por vacio, análisis granulométrico, análisis de carbonatos, absorción atómica y restituidores fotográficos y planimétricos. Asimismo, se dispone de difracción y fluorescencia de rayos-X. Otros servicios de laboratorio a los que se tiene acceso son los de Cálculo, Microscopía Electrónica y Espectroscopía de la Universidad de Barcelona. Se dispone asimismo de una biblioteca especializada muy completa, cartoteca y de servicios de reproducción.

El principal almacén de datos y muestras será establecido en el Instituto "Jaime Almera", donde estarán a disposición de todos los investigadores participantes y de otros científicos cualificados que puedan solicitar su estudio.

El proceso de los datos de Oceanografia Física y Química será llevado a término bajo la dirección del Dr. Ballester en el Instituto de Investigaciones Pesqueras. Todos los datos serán procesados por medio de ordenador. La Dra. Castellví es responsable de la investigación de los procesos de metanogénesis por acción bacteriana y de la bacteriologia.

Los microcontaminantes orgánicos y determinaciones de materia orgánica, serán llevados a cabo por el Instituto de Química Bio-Orgánica bajo la dirección del Dr. Albaiges. El Dr. Albaiges será el responsable de la coordinación y dirección de los aspectos relacionados con los microcontaminantes orgánicos.

Equipo disponible y facilidades de laboratorio.-

Instituto "Jaime Almera"

- Laboratorio de sedimentologia completo para análisis de facies y tipos de sedimentos (estufas,horno,centrífugas, tubos de sedimentación, calcímetros, balanzas, etc).

- Laboratorio de preparación de testigos y muestras.

- Laboratorio fotográfico.

- Difracción de Rayos-X.

- Absorción atómica

- Laboratorio de mineralógia

- Laboratorio de Paleontologia.

- Sistema Loran-C automático de navegación.

- Instrumentos de muestreo del fondo y subfondo marino (tomatestigos de pistón y gravedad, diversos tipos de dragas de cuchara y arrastre).

- Sistemas de fotografia submarina profunda.

- Sistemas de perfiles sísmicos de reflexión de alta resolución.

Instituto de Investigaciones Pesqueras, U.E.I. de Oceanografia

- Divergentes tipo Delta (control a distancia) con sensores de temperatura, profundidad y bomba de muestreo.

- Equipo de correntometria con lectora de cinta magnética y perforadora de cinta.

- Centro de Cálculo (Computer Center).

- Radiómetro Barnes para observaciones aéreas.

- Laboratorio fotográfico para tratamiento de imágenes.

- Laboratorio de análisis automático de nutrientes.

- Laboratorio de análisis por análisis automático secuencial para metales pesados.

- Laboratorio de análisis por Cromatografia en fase gaseosa de compuestos organoclorados.

- Equipo para análisis fluorimétrico.

- Espectrolotómetro, pHmetros, equipo para cromatografia de capa fina, electroforesis (Gel de Acrilamida), Incubadoras, cámaras termostatizadas e iluminadas para cultivos,etc.

- Equipo completo para medidas de radioactividad (contador de centelleo, contador de fondo,etc).

- Equipo completo para trabajos de bacteriologia (Cámaras de cultivo,autoclaves, microscopio electrónico, microscopio óptico, etc).

Instituto de Química Bio-Orgánica

- Equipos de cromatografia de gases de alta resolución con detectores específicos.

- Sistema de cromatografia de gases-espectrometria de masas.

- Instalación para procesado de muestras geológicas y fraccionamiento de materia orgánica.

- Servicio de análisis elemental orgánico.

- Equipos de espectroscopía infrarroja, ultravioleta y de fluorescencia.

Citas bibliográficas del margen continental de Cataluña y Baleares.-

Auzende, J.M. Olivet,J.L.,1974, Structure of the western Mediterranean Basin in: The Geology of Continental Margins, Burk,C.A. and Drake,C.L., eds.New York: Sringer-Verlag, p. 723-731.

Barbaza, Y, 1971, Morphologie des secteurs rocheux du littoral catalan septentrional. Mém. et Doc., Serv. Doc. et Cart. Géogr., nouv. sér., v.11 (1970) 152 pp, 34 figs. 6 tabl. 15 láms.fot., f.t., Paris.

-Duval,B, Letouzey,J., Montadert,L., et al., 1974, Geology of the Mediterranean Sea Basins, in: The Geology of Continental Margins Burk,C.A., and Drake,D.L., eds. New York: Springer-Verlag,p. 695-721.

Burk,C.A., Drake,C.L., (eds.),1974, The Geology of Continental Margins.Springer-Verlag, Berlin, 1009 pp.

Calvet,J., Gallart,F., 1973, Esquema morfológico de la costa catalana.Acta Geol. Hisp. t.VIII, p. 125-130, 2 figs. Barcelona.

Dewey,J.J., Pitman III, W.C.,Ryan, W.B.F., and Bonnin,J., 1973, Plate tectonics and evolution of the Alpine system, Bull. Geol. Soc. Amer, v. 84, p. 3137-3180.

Drooger, C.W., ed.,1973, Messinian Events in the Mediterranean, Amsterdam:North-Holland Publ. Co., 272 pp.

Duane,D.B., 1976, Placer mineral resources,in: Stanley,D.J. and Swift,D.J.P., (eds): Marine Sediment transport and Environment al Management. John Wiley and Sons,Inc. New York,p. 535-556.

Emery,K.O., 1969, Continental rises and oil potential. Oil and Gas Jour., 67: 231-243.

Emery,K.O.,1980, Continental margins: classification and petroleum prospects. Am. Ass. Petroleum Geol. Bull., 64: 297-315.

Finetti,I., Morelli,C.,1973, Geophysical exploration of the Mediterranean Sea, Boll. Geof. Teor. Appl., v.15,p. 261-341

Galdeano, A., Courtillot, C., Le Borgne,E., Le Mouel,J.L., et Rossignol,J.C., 1974, An aeromagnetic survey of the South West of the Western Mediterranean, Description and tectonic implications, Earth and Planet Sc. Lett., v. 23, p. 323-336.

Got., H.,1973, Etude des correlations tectonique-sédimentation au cours de l'histoire quaternaire du précontinent pyrénéo-catalan. (Thèse Doc.t. Etat). Perpignan Univ. Sc. et Techniques Languedoc, 294 p.68 figs.

Got. H., Stanley,D.J., 1974, Sedimentation in two Catalonian canyons, northwestern Mediterranean. Marine Geol., v. 16, p. M91-M100. 4 figs. Amsterdam.

Hard,C., Palmer,H.D., 1976, Sedimentation and ocean engineering: ocean dumping. in: Stanley,D.J. and Swift,D.J.P., eds: Marine Sediment Transport and Environmrntal Management. John Wiley and Sons,Inc. New York,p. 557-580.

Hinz,K., 1972, Resultats of seismic refraction investigations (Project Anna) in the western Mediterranean Sea, south and north of the island of Mallorca Bull. Cent. Rech. Pau. SNPA, v. 6, pp. 405-426.

Hsü,K.J., 1973, The dessicated deep-basin model for the Messinian events,in: Messinian Events in the Mediterranean, Drroger, C/W/,ed. Amsterdam:North-Holland, Publ. Co. p. 60-67.

Hsü, K.J., Montadert, L., et al., 1978, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 42, Part I, U.S. Government Printing Office Washington, D.C., 1249 pp.

Kelling, G., Maldonado,A., Stanley,D.J.,1979,Salt tectonics and basement fractures: Key controls of recent sediment distribution of the Balearic Rise, Western Mediterranean, Smithsonian Contrib. Mar. Sci., nº 3, 52 pp.

Leenhardt,O.,Rebuffatti,A.,et al., 1968, Profil sismique dans le bassin Nord-Baleares, C.R. Somm. Soc. Géol. France,v.7, p. 249-251

Le Pichon,X., Pautot, G., et al., 1971, La Mediterranée occidentale depuis l'Oligocene, Schéma d'evolution. Earth Planet, Sci. Lett., v. 13, p. 145-152.

Macau Vilar,F., 1961, Contribución al estudio del Cuaternario en el delta del Ebro. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Sec. Geol., t.LIX, p.69-76, 6 fig. 1 hoja-pleg. Madrid.

Maldonado, A., 1972, El delta del Ebro. Estudio sedimentológico y estratigráfico. Bol. Estratigrafia, v. 1, VII-486 pp. 182 figs. 7 lám., Univ. de Barcelona.

Maldonado, A., 1977, Introducción geológica al delta del Ebro, Treb. Inst. Cat. Hist. Nat., v.8, p. 7-45, 19 figs. Barcelona.

Maldonado, A., 1978, El estancamiento de las aguas del Mar Mediterráneo, Investigación y Ciencia, v. 23, p. 32-44.

Maldonado, A., Riba, O., 1973, Les rapports sédimentaires du Néogene et du Quaternaire dans le plateau continental aux environs du delta de l'Ebre, Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine, 1974,v.7, p. 321-329. 3 figs. Talence.

Maldonado, A., Stanley, D.J., 1979, Depositional patterns and late quaternay evolution of two mediterranean submarine fans: a comparison Marine Geology, v. 31, p. 215-250.

Marqués,M.A., 1966, Observaciones sobre el Cuaternario del delta del Llobregat, Acta Geol. Hisp., año I (1966), núm. 4, p. 9-12, 1 esq., 1 hoja col. estr. Barcelona.

Marqués, M.A., 1975, Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat. Acta Geol. Hisp., t. X, p. 21-28, 5 fig.

Marqués, M.A., 1977, Algunas características del delta del Llobregat. Cuad. Arqueol. e Hist. Ciudad, nº 17, p. 11-16, 2 fig. Barcelona.

Marqués, M.A., Juliá,R., 1973, Existencia de una antigua playa en el delta del Llobregat (prov. de Barcelona). Trab. Neog. Cuatern., 1974,nº 2,"Acta I Reun. Nac. Gr. Esp. Trab. Cuatern", Madrid, p. 109-111.

Marqués,M.A., Juliá,R., 1975, Características de los cuerpos sedimentarios de las desembocaduras de los principales cursos fluviales en la costa nororiental de España (desde el Llobregat al Pirineo). INQUA, Réun., Sous-groupe de trayail Tardiglaciaire et Holocène,Ouest de l'Europe, "L'environnement et l'home depuis le Tardiglaciaire en Europe et l'Ouest" Montpellier,p.23

Marqués, M.A., Juliá,R., 1977, Caractéristiques lithostratigraphiques des embouchures des fleures du NE de l'Espagne (du Llobregat au Pyrenées). "Appoche écologique de l'homme fossile", sous la direction d'H. Laville et J. Renault-Miskovsky, p. 187-195, 5 fig., Paris Univ. P. et M. Curie

Mauffret,A., 1976, Etude Géodynamique de la marge des iles Baléares. These,Univ. P. et M. Curie, Paris, 137 p.

Mauffret,A., Sancho,J., 1970, Etude de la marge continentale au Nord de Majorque (Baleares, Espagne), Rev. Inst. Franç. Pétrole, v.25, p. 714-730.

Mauffret,A., Fail,J.P., 1973, Northwestern Mediterranean sedimentary bassin from seismic reflection profile, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., v.57, p. 2245-2262.

Oliver,M., 1961, Carta de Pesca de Cataluña,I, desde el paralelo de Cabo Bear a Palamós, Trab. Inst. Esp. de Oceanogr., v. 30.

Ryan,W.B.F., 1976, Quantitative evaluation of the depth of the Western Mediterranean before, during and after the Late Miocene salinity crisis,Sedimentology, v. 23, p. 791-813.

Ryan,W.B.F., Stanley,D.J., et al., 1970, The tectonics and geology of the Mediterranean Sea, in : The Sea, Maxwell,A.E. ed. New York: Wiley-Interscience, v.4 (part. 2), p. 387-492.

Sainz Amor,E., 1968, Estudio espectrográfico de la fracción ligera de las arenas del litoral catalán. Zona Blanes-Sitges. Acta Geol. Hisp., año III, pág. 99-101, 2 gif. Barcelona

Sainz Amor,E., 1971, Los arenales del litoral catalán,tramo V; Blanes-Tossa. Est. Geol., v. XXVII (1971), p. 5$3-5$8. 6 fig. Madrid.

Sainz Amor, 1974, Estudio de las arenas del litoral catalán, IV Tramo. Sitges-Rio Gayá. Est. Geol., v. XXX, p. 159-166, 12 fig., 1 map. pleg. f.t. Madrid.

Sainz Amor,E., Font Altaba, M., 1964, Estudio de las arenas del litoral catalán. Tramo I. Barcelona-Montgat. Anal. Edaf. y Agrob. t. XXIII, p. 721-742. Madrid.

Sainz Amor,E., Font Altaba, M., 1965, Estudio mineralógico y granulométrico de algunas muestras de arenas recogidas en el Delta del Ebro. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXIV, p. 135-150, 1 map., 3 fig. 2 cuad. Madrid.

Sainz Amor,E., Font Altaba,M., 1966, Estudio de las arenas del litoral catalán. II tramo Montgat-Blanes. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXv, p. 131-150, 2 tabl. 3 fig. Madrid

Sainz Amor,E., Font Altaba,M., 1968, Estudio de las arenas del litoral catalán. III tramo Barcelona Sitges. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXVII,p. 477-491, 2 tabl., 2 fig. Madrid.

Serra-Raventós,J., 1976, Le precontinent catalan entre le Cap Begur et Arenys de Mar, Structure et sedimentation récente. These Univ. Paul Sabatier, Toulouse 161 pp.

Serra-Raventós,J., Brink,J., Tietze,G., 1977, Traits distinctifs du Précontinent catalan (Méditerranée occidentale). Rapports et Procés-Verbaux Réun. Comm. Intern. Explor. Scient. Mer Médit., v. 24, fasc. 7 A: Symp. Hist. Struct. Bassins Méditerranéens",(1976), p. 115-116, Monaco.

Serra-Raventós,J., Martrus,F., Verdaguer,A., 1979, Ejemplos de sedimentación holocena marina en la plataforma continental de Tarragona. En: Juliá R., Marqués, M.A., Mir,A., etc., "Act. IV R. Trab. Cuatern.", Banyoles, p. 213-222, 3 fig. Banyoles.

Serra-Raventós,J., Maldonado,A., Riba,O., 1980, Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares, Libro Homenaje al Prof. Luis Solé Sabarís. Universidad de Barcelona (en prensa)

Sonnenfeld,P., 1975, The significance of Upper Miocene (Messinian) evaporites in the Mediterranean Sea, J. Geol. m.v. 83, p.287-311.

Stanley,D.J.,Got, H., Kenyon, etc. 1976, Catalonian, eastern Betic and Balearic margins: structural types and geologically recent foundering of the western Mediterranean Sea. Smithsonian. Contrib. Earth. Sci., v.20,p.1-67, 33 fig. Washington.

Stoeckinger, W., 1971, Spanich Med. geology offers much for Europe's drillers, Oil and Gas Int., v. 11(7): 44-48

Stoeckinger,W., 1976, Valencian Gulf offer dead line nears, Oil and Gas Journal, March 1976, p. 197-204.

Vogt,P.R., Higgs,R.H., Johnson,G.L., 1971, Hypothese on the origin of the Mediterranean bassin: magnetic data, J. Geophys. Res., v.76, p. 3207-3228.

EVALUACION DEL RIESGO SISMICO

L. SOLE SUGRANYES

(Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.)

I N D I C E

Introducción

Causas de los terremotos

Medida de los terremotos

Efectos sísmicos

Sistemas de control y detección

Mapas de riesgo sísmico

Sismicidad en Cataluña
- El periodo histórico
- Sismicidad instrumental
- Riesgo sísmico y periodo de retorno

Por una política sísmica en Cataluña
- Red sísmica fundamental
- Estudios de Macrosismicidad
- Estudios de Microsismicidad
- Estudios sismotectónicos y de riesgo sísmico

INTRODUCCION.-

Los terremotos son inevitables, pero sus efectos devastadores pueden en gran parte ser disminuidos si se toman las medidas necesarias. Una buena legislación y política de planificación del territorio, basadas en mapas en los que se representen las zonas de riesgo sísmico y tipo de daños que pueden producir, pueden ser particularmente efectivas para reducir las pérdidas de vidas y de propiedades debidas a los terremotos.

En Cataluña los terremotos no son muy frecuentes, pero las sacudidas sísmicas que el pasado 29 de Febrero afectaron algunos barrios de Barcelona,provocando momentos de inquietud, o los terremotos que en el mes de Mayo de 1979 provocaron el pánico entre la población de Amer, aguas abajo de la presa de Susqueda, no son más que un permanente recordatorio de que nuestro pais no está totalmente al margen de los riesgos sísmicos y que los terremotos de más importancia, como los que destruyeron la ciudad de Olot el dia de la Candelaria de 1428, se pueden volver a repetir.

Para evaluar el riesgo sísmico de una región hace falta conocer cual es la probabilidad de que se produzcan terremotos de una magnitud determinada,donde se pueden originar y que efectos destructores pueden causar.

A pesar de que el conocimiento teórico sobre los movimientos sísmicos ha avanzado extraordinariamente en los últimos años, es aún muy dificil preveer,a partir unicamente del conocimiento geológico de una región, cual es la probabilidad de que se produzca un terremoto, cual es la máxima intensidad que se puede alcanzar y cuales serán sus efectos. Pero un análisis estadístico detallado puede proporcionar una buena aproximación a estas cuestiones. Desgraciadamente, este tipo de estudios raramente se han iniciado en nuestro pais y la tarea a realizar en el campo de la prevención sísmica es aún muy grande.

CAUSAS DE LOS TERREMOTOS.-

Son múltiples las causas naturales y sobrenaturales a las que se han atribuido el origen de los terremotos. Pero hoy sabemos sin lugar a dudas que los te-

rremotos son vibraciones del suelo debidas a la propagación de ondas que se originan al fracturarse la corteza terrestre a lo largo de planos a los que denominamos fallas.

De acuerdo con las nuevas ideas sobre tectónica global, el movimiento de las grandes placas que forman la corteza terrestre, acumula tensiones en los límites de estas placas. Cuando en un punto determinado las tensiones acumuladas superan la coherencia de las rocas o la resistencia a la fricción producida por el deslizamiento de una sobre las otras, se produce una falla o una antigua falla se mueve de nuevo y como consecuencia se produce una vibración sísmica al liberarse bruscamente la energia acumulada. Esta teoria permite con bastante precisión preveer cuales son los lugares de la Tierra más propicios a los movimientos sísmicos y donde de hecho tienen lugar, la mayor parte de los terremotos actuales.

No obstante, los esfuerzos residuales al interior de las grandes placas, muchas veces son suficientes para producir nuevas zonas de fractura o para remover las más antiguas proporcionando una sismicidad intraplaca no despreciable.

En el caso de Cataluña, el Pirineo constituye un límite claro entre las placas Ibérica y Euroasiática, que aún presenta una notable actividad. Por otro lado la costa mediterránea constituye un borde continental, de tipo pasivo,donde el hundimiento ha sido muy activo a lo largo del Cuaternario. Estos dos sistemas, los relacionados con los sistemas pirenaico y mediterráneo, definen la mayor parte de las fallas que se encuentran en nuestro pais, tal como se puede ver en la fig. 1.

El conocimiento de la naturaleza de estas fallas y de su actividad durante el Cuaternario y hasta los tiempos históricos facilitará extraordinariamente las previsiones sobre cuales son los puntos o sectores de Cataluña donde es más posible que se originen terremotos en el futuro y cuales son las magnitudes máximas que se pueden esperar.

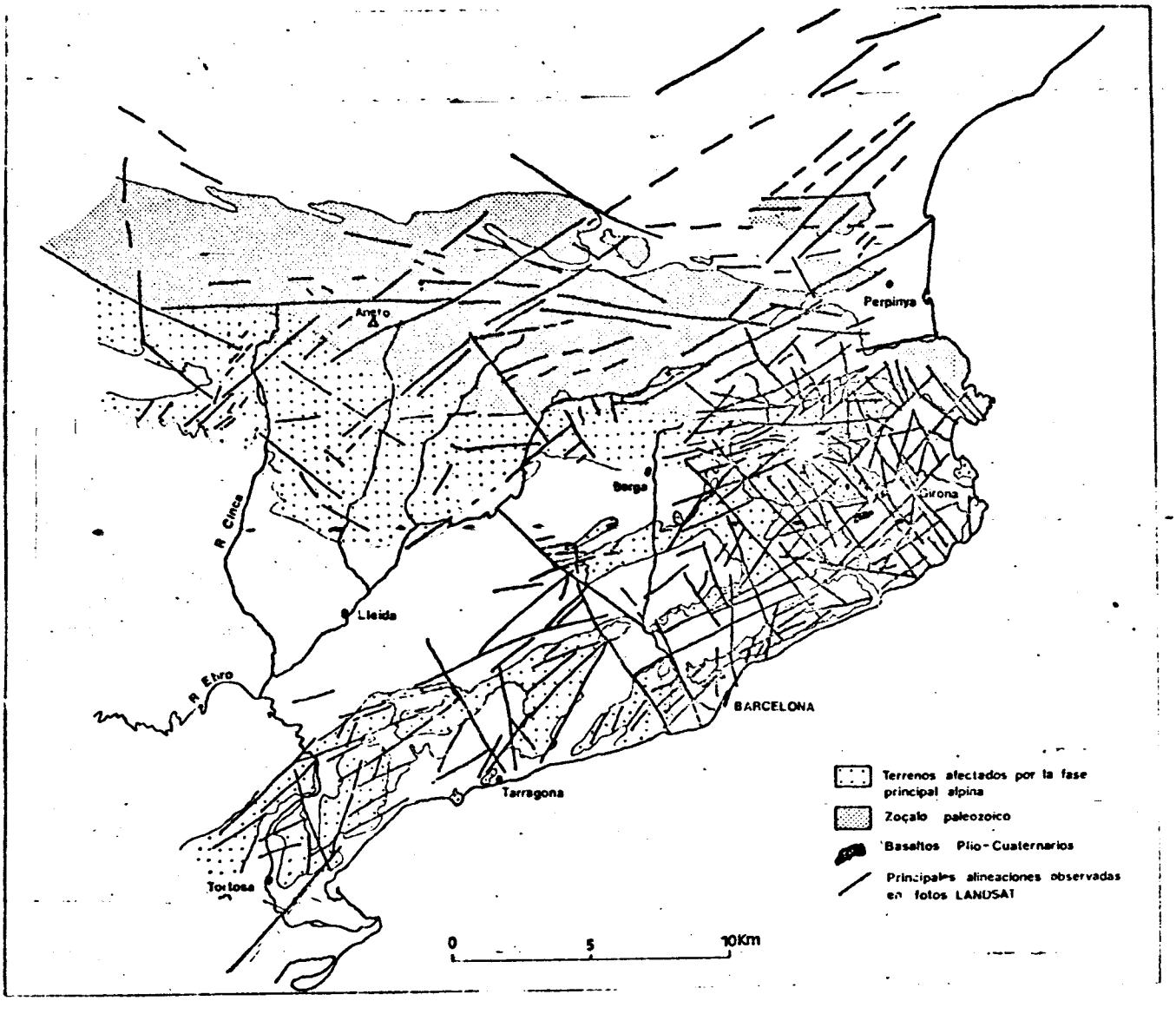


Fig. 1.- Principales alineaciones en Cataluña observadas en las imágenes multiespectrales LANDSAT-1 y que probablemente corresponden a fracturas recientes y antiguas (según Luís Solé-Sugrañes, 1978)

MEDIDA DE LOS TERREMOTOS.-

A lo largo de la historia de la humanidad se han arbitrado maneras para juzgar la fuerza o intensidad de los terremotos, pero no es hasta el desarrollo instrumental del siglo XX que se ha podido llegar a medidas absolutas de la energia liberada durante un movimiento sísmico.

La intensidad de un terremoto es una medida objetiva de su capacidad destructiva a partir de sus efectos. Dentro de este tipo de medidas una de las escalas más utilizadas es la llamada escala de Mercali (1897), que consta de 10 grados que van desde sacudidas sólo registradas por los instrumentos de medida (sismógrafos) hasta terremotos en los que la destrucción es casi total. Esta es la escala según la cual se ha efectuado el único censo existente de los terremotos históricos catalanes (Fontseré e Iglesias,1971).

En el año 1956 esta escala fue mejorada y ampliada a 12 grados por Richter y normalmente se conoce como escala de Mercali modificada, siendo la más utilizada en la actualidad.

En esta escala los cinco primeros grados corresponden a terremotos sentidos por la población pero sin daños apreciables. Los terremotos de grado entre VI y VIII causan diversos desperfectos en edificios poco sólidos, mientras que los de grado IX y X provocan la caida de muchos edificios con la destrucción casi total de aquellos que no han sido especialmente diseñados para resistir las sacudidas sísmicas. En los terremotos de grado XI y XII la destrucción es casi total y sólo algunas estructuras especialmente diseñadas pueden resistir.

De todas formas, estas escalas, aunque sirven para describir objetivamente un terremoto, no son cuantitativas, ya que no miden la energia liberada por el movimiento sísmico, sino los efectos producidos sobre la población y según factores locales dificilmente evaluables, como pueden ser condiciones especiales del terreno o la cualidad de las edificaciones.

Magnitud. Bajo el término de magnitud, Guttenberg y Richter, propusieron una medida instrumental, totalmente cuantitativa, de la fracción de energia li-

liberada por un terremoto. La magnitud de un terremoto según esta definición es el logaritmo de la amplitud máxima registrada por un sismógrafo homologado, situado a 100 Km. del epicentro o punto en que se inicia el movimiento sísmico sobre la superficie terrestre. La escala de Richter y Guttenberg es una escala abierta, en la que teoricamente no existe límite superior, aunque los estudios teóricos sobre la resistencia de la corteza terrestre permiten suponer que dificilmente puede producirse un terremoto de magnitud superior a 9. El seismo más grande registrado fue el de Chile de 1972, de magnitud 8.9.

La magnitud y la intensidad son entonces, medidas de diferentes aspectos del terremoto y dificilmente correlacionables entre si, aunque a magnitudes mayores corresponden intensidades mayores.

Es dificil todavia apreciar de forma empírica la magnitud máxima que se puede esperar de un terremoto en una región determinada. Diversos estudios sugieren que existe una buena relación entre la longitud de las fallas y la magnitud máxima de los terremotos. De este modo, para una falla de 10 Km. se podrian esperar magnitudes máximas entre 5.5. y 6.5., mientras que para fallas de 100 Km. estas magnitudes máximas podrian ser del orden de 7 a 8. Pero son necesarios estudios más detallados sobre la naturaleza e historia de cada falla para que estas apreciaciones sean fiables.

Otra aproximación al problema es la via estadística pero también en este caso son necesarios estudios históricos completos, ya que el periodo de recurrencia de los terremotos más importantes puede ser de centenares o miles de años.

Durante los últimos 800 años en Catalunya se han registrado un mínimo de 9 terremotos de intensidad entre IX y X de la escala de Mercali, lo que quiere decir que muy probablemente terremotos de esta intensidad pueden volverse a producir.

EFECTOS SISMICOS.-

Generalmente un terremoto desencadena una serie compleja de fenómenos na-

turales, a veces catastróficos y dificiles de preveer.

Los efectos geológicos más importantes son:fracturación del suelo y movimiento a lo largo de fallas, temblor del subsuelo, deslizamientos de tierras, licuefacción de terrenos no consolidados e inundaciones debidas a desbordamientos de rios.

En terremotos de magnitud entre 6 y 8 se han medido hasta 8 m. de desplazamiento en algunos puntos de la falla que los ha originado. Pero los desplazamientos a lo largo de fallas suelen ser menores y muchas veces son de orden centimétrico. El desplazamiento de las fallas puede producir destrozos importantes en las construcciones que se encuentran directamente sobre la falla, pero estos destrozos suelen ser limitados y muy localizados. Por otro lado,estudios geológicos detallados permiten definir con gran precisión la localización de las fallas activas en los tiempos recientes y que son más susceptibles de volver a entrar en movimiento.

El temblor del subsuelo es el aspecto más generalizado de un terremoto y es debido a la propagación de las ondas sísmicas. Las aceleraciones originadas por estas ondas son las responsables de los efectos más destructores sobre las construcciones e indirectamente de deslizamientos importantes de tierras en vertientes inestables o de inundaciones debido a la destrucción de presas o desbordamientos de los rios debido a la obturación de los valles.

Las vibraciones del subsuelo pueden también provocar fenómenos de licuefacción de terrenos no consolidados, sobre todo cuando son susceptibles de poderse expandir lateralmente sin dificultades. Los efectos de estos fenómenos pueden ser extraordinariamente destructivos para todas las estructuras superficiales, conducciones subterráneas y construcciones que no estén cimentadas sobre un subsuelo bien consolidado. Por eso es necesario conocer bien la distribución de los diferentes terrenos con una adecuada clasificación desde el punto de vista de su comportamiento sísmico. No todos los terrenos transmiten por igual las vibraciones sísmicas ni responden de la misma manera a estas oscilaciones. Así, no es de extrañar que el último terremoto que se dejo sentir en Barcelona, con epicentro en los Pirineos fue perfectamente perceptible en algunos

barrios de la ciudad asentados en materiales aluviales poco consolidados (Gracia, Bellvitge) mientras que no fue perceptible en los barrios de la parte alta de la ciudad construidos sobre el basamento firme de la sierra de Collcerola.

SISTEMAS DE CONTROL Y DETECCION.-

El control de la actividad sísmica de una zona determinada se lleva a término mediante aparatos de detección y registro de las vibraciones del suelo producidas por las ondas sísmicas. Los registros combinados de diversos sismógrafos permiten localizar la posición del foco donde se origina el seismo y su magnitud.

Para la correcta localización de un foco sísmico es necesario que un seismo haya sido registrado por un mínimo de cuatro o cinco sismógrafos. Pero los sismógrafos instalados en observatorios sismológicos permanentes generalmente estan preparados para registrar seismos lejanos de gran magnitud y de los seismos de pequeña magnitud sólo registran los producidos a unos pocos centenares de decenas de kilómetros. El elevado coste de instalación y mantenimiento de los observatorios sismológicos no permite que la red sea suficientemente densa para poder detectar y localizar correctamente todos los seismos de pequeña magnitud o microseismos que se produzcan en un área determinada. Por eso, se ha de recurrir a pequeños sismógrafos portátiles, que se instalan temporalmente en puntos de interés, y que permiten los estudios de microsismicidad necesarios para conocer el estado de movilidad de las fallas de los diferentes terrenos a la transmitibilidad de las ondas sísmicas. El conocimiento de estos parámetros es el que permite preveer cual puede ser el comportamiento de estos accidentes y terrenos en el caso de producirse un terremoto destructor.

Juntamente con los estudios llamados macrosísmicos, encaminados basicamente a determinar la intensidad de los terremotos y sus efectos sobre las construcciones humanas. Para los estudios de macrosismicidad son necesarias observaciones sobre el terreno, para realizar un inventario de los efectos producidos por el terremoto. Una buena red de observadores permanentes que despues de cada terremoto conteste unas encuestas adecuadas facilita mucho esta tarea, que es de tipo basicamente estadístico.

Los resultados de estas encuestas sirven para la elaboración de mapas de isosistas que permiten estudiar la distribución espacial de los efectos de los terremotos y por lo tanto deducir cuales pueden ser las zonas en donde se han de tomar mayores precauciones para evitar los efectos destructivos.

MAPAS DE RIESGO SISMICO.-

El riesgo sísmico es la probabilidad de que en un punto dado se produzca un terremoto de una intensidad determinada. Este concepto está intimamente ligado con el periodo de retorno que es el tiempo probable en que se volverá a producir un terremoto de magnitud igual o superior a una de prefijada.

La distribución del riesgo sísmico (distribución espacial) y de los periodos de retorno constituyen la base de los mapas de riesgo sísmico y prevención sísmica.

Estos mapas, además de esta información sísmica de tipo estadístico, tienen que contener información sismotectónica que permita preveer cuales son los accidentes más susceptibles de originar terremotos, e información sobre los diferentes tipos de terrenos clasificados de acuerdo con su comportamiento sísmico.

La recogida de toda esta información permite la elaboración de mapas de prevención sísmica, basados en una zonación del territorio de acuerdo con las probabilidades de que se produzcan terremotos destructivos y de sus efectos sobre la población. Esta zonación sirve de base para establecer la normativa que han de cumplir los edificios y obras públicas en áreas de riesgo sísmico.

En los paises en donde los estudios de riesgo sísmico han alcanzado una madurez considerable, los mapas de riesgo sísmico van acompañados de mapas donde se reflejan los efectos producidos por terremotos simulados. Esto implica el suponer que en una falla se produzca un movimiento sísmico de una magnitud determinada. De acuerdo con la información existente sobre los parámetros físicos del terreno, topografia, hidrografia y ocupación del suelo se puede de-

terminar cuales serian los daños debidos a un terremoto así si este se llegase a producir.

En Cataluña aún se está muy lejos de esta madurez en los estudios sismológicos, pero seria muy conveniente iniciar cuanto antes mejor, estudios de este tipo en áreas de máxima probabilidad sísmica y densa población, como pueden ser las zonas de Olot y Amer o el Barcelonés.

SISMICIDAD EN CATALUÑA.-

Los estudios sismológicos en Cataluña estan recientemente iniciados, y en este momento sólo se dispone de un cierto inventario de terremotos, con localizaciones muy imprecisas y en la mayoria de los casos con intensidad tan sólo estimativas. Practicamente están aún por iniciar los estudios sismotectónicos y los mapas de riesgo sísmico que no estén basados unicamente en el tratamiento estadístico de este inventario.

Al realizar el inventario de la sismicidad en Cataluña hace falta distinguir tres periodos: un periodo llamado de sismicidad histórica basado en documentos de época, un periodo de sismicidad instrumental que comprende desde el año 1907 en que se inaugura la estación de sismologia del observatorio Fabra (el sismógrafo del observatorio del Ebro se habia instalado en el año 1905 y el primer sismógrafo español se habia instalado en el año 1899 en el Observatorio de Marina de San Fernando) hasta el año 1966 en que se moderniza y homologa internacionalmente el instrumental de los observatorios del Ebro y Fabra. El último periodo de estudios de sismicidad instrumental corresponde a los años posteriores a 1966 en que ya son posibles determinaciones de magnitud.

El perido histórico.-

Corresponde a los estudios de sismicidad anterior a los primeros sismógrafos y basados en las descripciones que sobre los efectos destructores de los terremotos se encuentran en documentos de época. Incluso dentro de este periodo es necesario hacer una cierta distinción entre los datos anteriores al siglo XIX, basadas en diarios y registros municipales y parroquiales en los que la referena a los efectos generalmente se limita a los edificios públicos y eclesiásticos, y

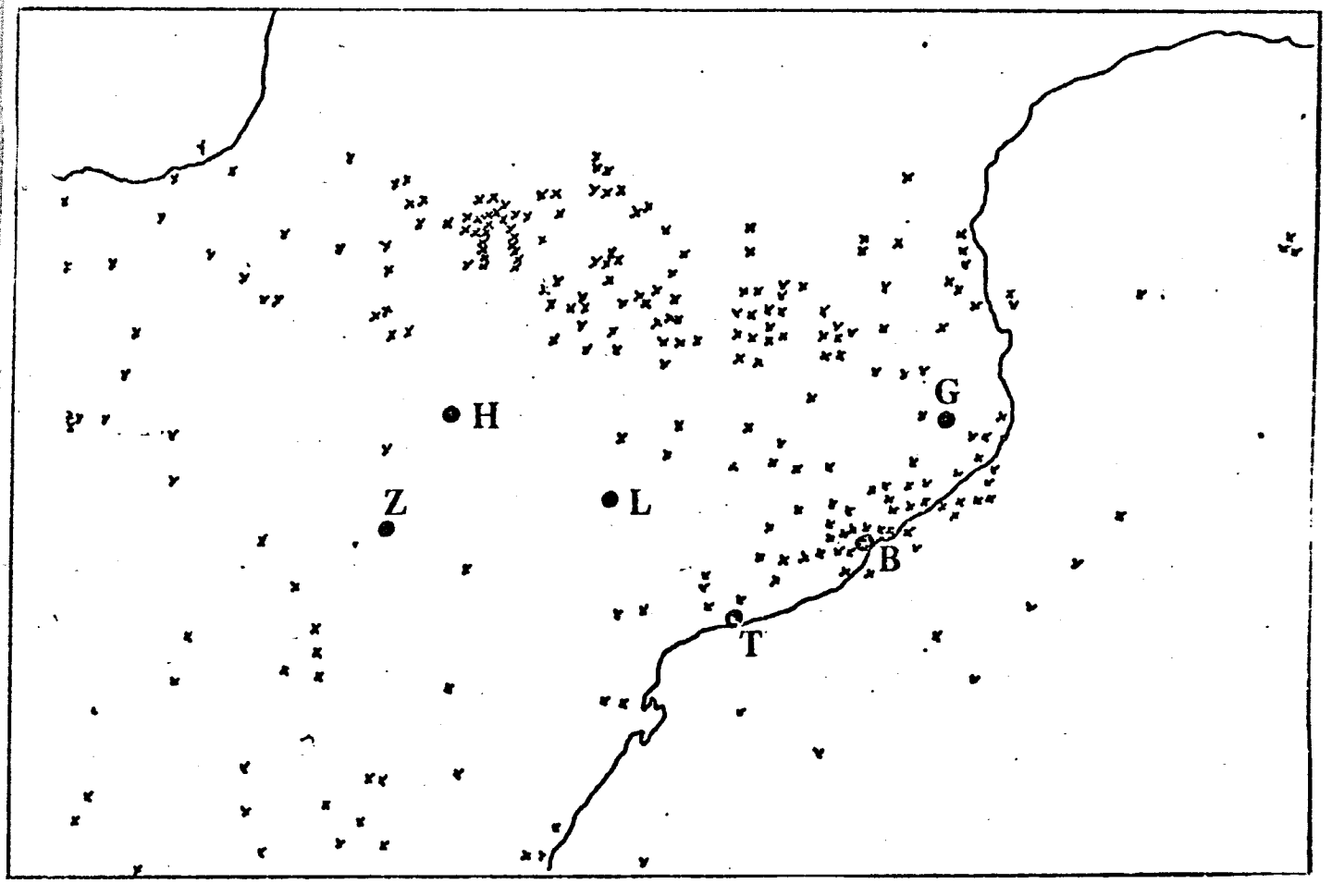


Fig. 2.- Localización de los seismos registrados instrumentalmente en Cataluña entre 1907 y 1978

los datos posteriores a la aparición de la prensa diaria escrita, que aporta una mayor cantidad de datos y descripciones, que permiten una mejor localización de los focos y de las áreas de igual intensidad destructiva.

La mejor recogida de datos correspondientes a este periodo ha sido realizado por Fontseré e Iglesias (1971), que por su seriedad y extensión pueden considerarse casi exhaustivo. Pero a pesar de la gran calidad de datos aportados por estos autores, resulta muy dificil la localización correcta de los epicentros o focos sísmicos, ya que los documentos que se encuentran hacen referencia a las zonas más pobladas e incluso dentro de estas referencias son más minuciosas cuando existen o se han conservado archivos y diarios municipales. Asi, no es de extrañar que de algunos terremotos tenemos referencia de que se han producido daños en Barcelona y Perpiñá, sin que se tenga ninguna noticia de que hayan producido daños en el resto del Principado. Esto no quiere decir, que el foco del seismo estuviese situado en ninguna de las dos ciudades, sino que es el resultado de que en éstas se conserven diarios detallados de todo lo que sucedia.

De este periodo es importante destacar como más notables los siguientes terremotos de intensidad igual o superior al grado VII de la escala de Mercali:

- 3 de Diciembre de 1152. Destrucción de la iglesia y monasterio de Ripoll. Grado VIII.
- 2 de Febrero de 1373. Terremoto muy destructivo en el Ribagorza (grado IX) y percibido en Tortosa con grado VII-VIII.
- 28 de Febrero de 1373. Terremoto percibido prácticamente en toda Cataluña con grado VIII.
- 3 de Marzo de 1373. Demolición de parte del campanario de Santa Maria del Mar en Barcelona y de diversas iglesias y castillos por toda Cataluña (grado VIII). Las sacudidas sísmicas continuaron con menor intensidad durante todo el mes de Marzo.
- 2 de Febrero de 1374. Terremoto percibido en el Ribagorza y Rosellón con intensidad VIII-X.
- 30 de Marzo de 1410. Terremoto percibido en Barcelona con grado VIII.
- 15 de Marzo de 1427. Destrucción total de la villa de Amer.
- 15 de Mayo de 1427. Destrucción casi total de la villa de Olot y de gran parte de los pueblos de Castellfullit,Ridaura,Santa Pau el Maiol y Masos de Bas.

- 2 de Febrero de 1428, dia de la Candelaria. Es el terremoto más importante de los registrados en Cataluña. El foco se situa cerca de Olot pero fue percibido por todo el Principado. En Barcelona cayó el rosetón de la fachada de Santa Maria del Mar, matando a una veintena de personas. Hubo muchos muertos por todas partes. Grado IX-X en Olot y posiblemente VIII en Barcelona.
- 25 de Mayo de 1448. Terremoto de grado IX-X con foco entre Llinars y Cardedeu. Se produjo el derrumbamiento de los castillos de Papiol, Montorners y Sentmenat y del monaterio de Santa Maria del Estany. El castillo Nuevo de Barcelona sufrió daños irreparables y en el Vallés se contaron más de 100 muertos.
- 18 de Marzo de 1515. En Lérida se produjeron diversos derrumbamientos y víctimas. Grado VIII.
- 21 de Junio de 1660. Terremoto en los Pirineos, percibido en Barcelona con grado VIII.
- 1678. Pirineos, grado IX. Afecto sobre todo el Mediodia francés hasta Aix y Aviñó.
- Dia de todos los Santos de 1757. Terremoto de Lisboa que fue percibido en toda Cataluña. Derrumbamiento parcial de la iglesia de Cervera.
- 16 de Octubre de 1763. Canigó. Grado IX
- 24 de Abril 1776. Gerri de la Sal. Se produjeron deslizamientos de tierras muy importantes. Grado IX.
- 12,13 y 14 de Agosto de 1798. Serie de terremotos en la zona de Lloret y Malgrat (grado VI-VIII) percibidos en toda Cataluña. En Olot y Roselló fueron percibidos con grado VI.
- 30 de Septiembre de 1845. Terremoto en Tivisa y Vandellós que provocó la caida de tabiques y se abrieron brechas en algunas casas y en las iglesias de Vandellós. Grado VI-VII.
- 13 de Julio de 1904. Monte Perdido. Grado VIII.

Sismicidad instrumental.-

La época de los estudios de la sismicidad instrumental comenzó en Cataluña con la instalación de los primeros sismógrafos en el Observatorio del Ebro (1905) y Observatorio Fabra (1907). A partir de este momento la determinación de los epicentros es más precisa, se pueden detectar terremotos mucho más pequeños y los estudios de sismicidad se pueden referir a otros parámetros diferentes de la intensidad macrosísmica. En el año 1967 se mejoró el instrumental

de estos observatorios, siendo factible la obtención de registros fotográficos con ampliación electromagnética, lo que hace posible el cálculo de la magnitud epicentral del seismo.

Los mejores estudios de esta época corresponden a los realizados por Roca (1975) y Roca y Udias (1976).

En el periodo entre 1907 y 1974 se registran unos 160 terremotos en Cataluña y áreas próximas, concentrados principalmente en la zona pirenaica y costera (figura 2).

Entre 1907 y 1966 es necesario señalar como mínimo 13 terremotos de intensidad VI de la escala de Mercali modificada y 3 de intensidad VIII en los Pirineos.

Entre 1967 y 1978 en Cataluña se registran 83 movimientos sísmicos, muchos de los cuales son de pequeña magnitud. Pero estos registros no son exhaustivos, ya que mientras en el periodo 1967-1977 sólo se registran 37 seismos,en el año 1978, correspondiendo a una mejora de los servicios del Instituo Geográfico Nacional, se registran 46 seismos todos ellos de poca magnitud.

Dentro de este periodo hace falta remarcar tres seismos de magnitud entre 5 y 5.6 todos ellos situados en el Pirineo y 8 seismos de magnitud entre 4 y 5.

RIESGO SISMICO Y PERIODO DE RETORNO.-

Los pocos datos existentes hacen aún más dificil unas buenas evaluaciones del riesgo sísmico y del periodo de retorno en Cataluña. A pesar de todo, pueden avanzarse algunas estimaciones.

Durante los 8 siglos de registros históricos se han registrado en Cataluña 91 terremotos de intensidad igual o superior al grado VI de la escala de Mercali y 9 de intensidad igual o superior a IX. Por este lapsus de tiempo se obtiene un periodo de retorno medio de 66 años para los terremotos de grado igual o

superior a VIII.

Para el periodo comprendido entre 1907 y 1974 Roca y Udias (1976) encuentran aplicando la estadística de valores extremos que el periodo de retorno para el grado de VIII de la escala de Mercali modificada es, de 35 años, de 80 años para el grado IX y de 109 para el grado X, datos que son muy parecidos a los deducidos para el periodo histórico. La intensidad máxima anual más probable corresponde al grado V (ver apéndice p.).

Con los datos de que dispone para el periodo 1967-1978 se ha aplicado la relación frecuencia/magnitud definida por Guttenberg y Richter (1954) encontrándose los siguientes valores:

magnitud	frecuencia
6	0.09 seismos por año
6.5.	0.03 seismos por año
7	0.01 seismos por año
8	0.001 seismos por año

La magnitud 6.5. fue la del terremoto de San Fernando (USA) del año 1971, fuertemente destructivo, con intensidad de grado VIII-IX en la zona epicentral. La relación frecuencia/magnitud indica que en Cataluña es posible un seismo de esta magnitud 8 que probablemente podria ser extraordinariamente destructivo, puede ser esperado cada 1000 años aproximadamente.

Una buena previsión del riesgo sísmico no puede limitarse a considerar las frecuencias de seismos en un pais, sino que se ha de llegar a establecer una zonación de la probabilidad espacial del periodo de retorno para cada magnitud o intensidad.

En el caso de Cataluña una primera aproximación a tal zona ha sido establecida por Roca y Udias (1976) (ver figura 3), teniéndose que señalar que en un periodo de retorno de 50 años en Barcelona pueden ser esperados terremotos de intensidad VII y en los Pirineos de intensidad VIII y IX de la escala de Mercali modificada.

POR UNA POLITICA SISMICA EN CATALUÑA.-

El estado actual de los conocimientos sismológicos nos muestran que Cataluña es un pais de sismicidad media, donde los terremotos medios y fuertemente destructivos no son un fenómeno completamente excepcional e impensable, o cosa de un pasado sin futuro, sino todo lo contrario, son una amenaza real para sus habitantes y para sus bienes.

En el pasado villas enteras como las de Amer y Olot fueron destruidas por terremotos, no hay ningún argumento científico que permita creer que esto no se puede repetir, sino todo lo contrario, los pocos estudios realizados en nuestro pais sobre este tema permiten demostrar que un terremoto relativamente destructor se produce aproximadamente cada siglo.

Como ya se ha dicho, los terremotos son inevitables y todavia se está lejos de lograr predicciones buenas y precisas del lugar y momento en que pueden producirse. Pero una politica de vigilancia y una legislación adecuada, basadas en estudios científicos amplios y minuciosos puede permitir el disminuir muy considerablemente sus lamentables consecuencias, más de un pais donde los terremotos extraordinariamente fuertes son muy poco frecuentes, y generalmente se trata de sacudidas sísmicas pequeñas y medias, que si bien no siembran destrucción, si pueden dañar irremediablemente algunas obras críticas como son presas,centrales nucleares, edificios singulares, etc. produciendo daños muy serios y considerables víctimas.

Es mucho el camino que en nuestro pais hace falta recorrer en este campo para llegar al nivel de otros paises industriales con cotas parecidas de sismicidad. Una parte de la tarea es puramente científica y su objetivo inmediato habrá de ser el establecimiento de mapas de riesgo sísmico detallado para Cataluña, la otra parte de la tarea a realizar cae enteramente en el campo de la politica territorial, que basándose en los mapas de riesgo sísmico y en las observaciones realizadas por los científicos habria de establecer una adecuada normativa de construcción para evitar al máximo los daños de posibles seismos.

Pero no podemos caer en el error de creer que sólo se trata de unos estudios a plazo fijo, hace falta potenciar y mantener al dia los estudios sismoló-

gicos en nuestro pais para poder estar al dia de todos los avances que en este campo se realicen y poder obtener mejores resultados en la predicción de los terremotos, objetivo de muchos estudios sismológicos actuales.

En un informe de este tipo sólo se pueden esbozar algunos aspectos en los que se tendria que tener un cuidado primordial u objetivos que podrian conseguirse con relativa facilidad.

Red sísmica fundamental.-

En Cataluña sólo existen dos estaciones sismológicas permanentes y completas, ambas en situación bastante precaria.

Por una parte existe el Observatorio del Ebro en Roquetas, propiedad de la Compañia de Jesús y en parte subvencionado por el C.S.I.C., cuenta con buen material pero falto de personal para su servicio.

La otra estación es la del Observatorio Fabra en Barcelona, propiedad de la Academia de las Ciencias y las Artes. El material tendria que mejorarse sustancialmente, y no hay personal fijo dedicado a los estudios sismológicos.

Se tendria que procurar que estas dos estaciones pudiesen seguir subsistiendo y pudiesen contar con personal especializado fijo dedicado a estudios - sismológicos.

Estudios de macrosismicidad.-

Se tendria que establecer la red de observatorios permanentes que a través de encuestas, informase sobre los efectos macrosísmicos ocasionados por los terremotos. Estos datos son imprescindibles para establecer mapas de isointensidades de los terremotos y caracterizar las zonas del pais de acuerdo con la respuesta sísmica.

Actualmente estos estudios macrosísmicos los llevan a término esporádicamente miembros del Departamento de Física del Cosmos de la Universidad con visitas al campo, pero estando faltos de la infraestructura necesaria para distri-

buir y recoger las encuestas y estar en contacto con la red de observadores. Un servicio de este tipo fue establecido por el Dr. Fontseré durante la pasada Generalitat y resultó de gran utilidad para los conocimientos de sísmicia en nuestro pais. El costo de un servicio de este tipo es extraordinariamente reducido si se cuenta con la infraestructura administrativa de un organismo que se encargue.

Estudios de microsismicidad.-

Actualmente entre la Universidad y el C.I.S.C. se cuenta con cuatro o cinco sismógrafos portátiles, necesarios para la determinación de microseismos. Pero fundamentalmente no se tiene presupuesto suficiente para estudios de este tipo. Los estudios de microsismicidad son la base imprescindible para la elaboración de los mapas sismotectónicos y para estudios locales de riesgo sísmico en el lugar de emplazamiento de grandes obras públicas que comporten riesgos especiales.

Estudios sismotectónicos y de riesgo sísmico.-

Practicamente se puede decir que este tipo de estudios aún no han sido iniciados en Cataluña. Para llevarlos a término son necesarios equipos pluridisciplinarios con geólogos, geofísicos y sismólogos principalmente.

Para la evaluación del riesgo sísmico y la planificación territorial conveniente, es necesaria también la intervención de arquitectos ingenieros y economistas.

Recientemente un grupo de geólogos y geofísicos de la Universidad de Barcelona y del C.S.I.C. ha propuesto programas conjuntos de investigación sismológica, pero de momento no hay financiación para estos programas.

El objetivo más inmediato de estos estudios habria de ser el establecimiento de un mapa sismotectónico de Cataluña o el estudio de la actividad sísmica en algunos puntos determinados del territorio catalán que presenten mayores posibilidades de actividad. A nás largo plazo tendria que establecerse el mapa de riesgos sísmicos con una zonación adecuada del pais, de acuerdo con el riesgo existente, la naturaleza del terreno y peligros secundarios como pueden ser las inundaciones

o corrimientos de tierras y aludes. Este mapa seria la base para una politica territorial y una normativa constructiva que tendiese a minimizar los daños ocasionables por los terremotos.

Por todo esto seria necesario promover en Cataluña los estudios de sismologia, promoviendo plazas en los observatorios existentes y dotando economicamente programas concretos de investigación. Dotaciones por parte del Servicio Geológico de la Generalitat del orden de dos o tres millones anuales, aparte de otras financiaciones que se habrian de obtener de otros organismos promotores de la investigación científica, serian suficientes en los momentos actuales para promover notablemente los trabajos de sismologia y alcanzar los objetivos propuestos en etapas de duración razonable. Mapas de riesgo sísmico aceptables para iniciar una buena política territorial podrian obtenerse en un plazo aproximado de cinco años.

ANEXE

ESTAT ACTUAL I FUTUR DELS ESTUDIS DE SISMICITAT A CATALUNYA

Enric Banda (1)
Antoni M. Correig (2)
Josep Gallart (2), (3)
Carme Olivera (2),(3)
Antoni Roca (4)

Del GRUP DE GEOFISICA de la Secció de Física,Societat Catalana de Ciencies
Filial de l'Institu d'Estudis Catalans

(1) Institut Politècnic de Zurich, Suissa.
(2) Departament de Física de la Terra i del Cosmos. Universitat de Barcelona.
(3) Institu de Física del Globus, Paris, França.
(4) OFITECO. Madrid.

INTRODUCCION.-

En este trabajo pretendemos hacer un resumen de los estudios existentes sobre la sismicidad en Cataluña, asi como plantear como continuarlos en el futuro.

La justificación de la necesidad de estos estudios es la siguiente: si bien podemos considerar actualmente la zona catalana como sísmicamente moderada, hace falta costatar, por una parte, que en un pasado reciente hemos tenido terremotos que han ocasionado daños y pérdidas irreparables, como por ejemplo los de la serie de olotina de 1427-28 y, por otra parte, que debido a la elevada concentración de población e industrialización en determinados puntos de Cataluña, no podemos menospreciar una sismicidad moderada, ya que, en estas circunstancias, terremotos de magnitud media, pueden causar daños y pérdidas considerables, como por ejemplo, los de Friuli (Italia) en 1976.

Hablando de estudios de sismicidad hemos de destacar la labor del profesor Fontseré, la figura más relevante en los estudios de sismicidad en Cataluña, con una gran cantidad de trabajos científicos, entre ellos destaca su libro, realizado conjuntamente con el profesor Iglesias,"Recopilación de los datos sísmicos de las tierras catalanas entre 1100 y 1906".

A pesar de la insuficiencia de la red sismotétrica actual, los estudios de sismicidad iniciados por el profesor Fontseré han sido continuados en un intento de construcción de un mapa sísmico de Cataluña tan concreto como sea posible y de valoración del riesgo sísmico que los datos actuales nos permitan. (Roca, 1975; Roca y Udias,1976). Sólo con una mejora del equipo actual y con una extensión de la red sismotétrica podremos pasar de una valoración global a un estudio regional riguroso.

SISMICIDAD Y RIESGO SISMICO.-

Por sismicidad o actividad sísmica se entiende la distribución en el espacio y en el tiempo de los terremotos que han ocurrido. Los estudios de sismicidad tratan de determinar la localización y magnitud de los seismos de cara a conocer y resolver problemas de determinadas regiones de interés geológico por

un lado, y por otro es importante por su incidencia social, llevar a término una tarea de vigilancia y delimitar la seguridad de una comunidad establecida en una zona geográfica determinada, la comunidad catalana en el caso que nos ocupa.

La magnitud de un seismo es una medida de la fracción de energia liberada por un terremoto que se ha propagado en forma de ondas sísmicas, mientras que la intensidad es una medida de los daños causados por un terremoto en un lugar determinado. (De manera indirecta, la intensidad es una medida de las aceleraciones sufridas por el suelo cuando pasan las ondas sísmicas).

Es necesario distinguir también entre sismicidad histórica e instrumental. Si bien la sismicidad histórica parte de un análisis realizado a partir de documentos (archivos, periódicos)y encuestas entre la población, obteniendo, por lo tanto, valores de la intensidad, el análisis de la sismicidad instrumental se lleva a término a partir del estudio de sismogramas, de los cuales se pueden deducir de manera concreta los datos epicentrales y la magnitud. Hace falta remarcar que todos los datos referentes a intensidad, ya sea de terremotos históricos o actuales, conocidos frecuentemente como datos macrosísmicos, son imprescindibles para un estudio completo de la sismicidad.

El estudio de la sismicidad de una zona nos da información sobre los periodos de retorno y del riesgo sísmico. Por un periodo de retorno entendemos el tiempo probable que tardará en volverse a producir un terremoto de magnitud igual o superior a una prefijada y por riesgo sísmico la probabilidad de que se produzca un terremoto de una determinada magnitud, es decir, que se produzcan unas determinadas"pérdidas" en una zona determinada. Como podemos ver, ambos conceptos están estrechamente relacionados y su estudio se realiza conjuntamente. La incidencia social que tiene un buen conocimiento del periodo de retorno y el riesgo sísmico es de este modo clara.

Juntamente con los estudios de sismicidad son también de gran interés los estudios de microsismicidad (es decir, de terremotos de magnitud muy pequeña,sólo perceptibles mediante aparatos muy sensibles), sobre todo en puntos donde ya existen o en los cuales está previsto instalar grandes construcciones, como centrales nucleares o presas. La estabilidad de tales construcciones puede ser afectada por una sismicidad no prevista cuando se diseñaron.

Finalmente digamos que los seismos son fenómenos naturales aleatorios, que se produzcan al azar. El por qué y el cómo de los terremotos en lugares y no en otros, asi como su mecanismo, está bien explicado a nivel general, por la nueva Tectónica Global o Tectónica de Placas. A la vez, de intentar explicar la tectónica a pequeña escala, esta teoria no está todavia suficientemente desarrollada. Para completarla es fundamental la contribución de la Sismologia, y el caso que nos ocupa, de un conocimiento esmerado de la sismicidad y de la macrosismicidad.

SISMICIDAD HISTORICA.-

Aunque pueda existir algún dato anterior, creemos que el catálogo básico de la sismicidad histórica es el presentado en la bien documentada obra de los Profesores Fontseré e Iglesias y que abarca el periodo 1100-1906.

Siguiendo a Fontseré (1954) podemos dividir este periodo en dos partes: " En el primer periodo, que es, en mucho el de más larga duración, comprende desde los tiempos más antiguos hasta finales del siglo XVIII; es un periodo en el cual la imaginación por un lado, y las inexactitudes por el otro, hacen sospechosos o imprecisos muchos de los datos, sobre todo los más antiguos, y una severa crítica es necesaria para conseguir una visión aproximada de los hechos. El segundo periodo, en el cual se cuenta ya con la información de la prensa diaria y con elementos escritos suficientes para resolver muchas dudas, en particular la localización geográfica, comprende todo el siglo XIX, hasta el inicio de la Sismologia instrumental en Cataluña".

De la misma obra extraemos la descripción de algunos de los terremotos de la serie olotina del siglo XV:
... "El del 15 de Marzo de 1427, con la destrucción total de la villa de Amer y erupciones de fango en Loret Salvatge. De Amer no quedó en pie ninguna casa.."
..." El 15 de Mayo de aquel año le tocó el turno a Olot. De esta villa no quedó practicamente nada. De Castellfollit, Ridaura, Sant Pau, el Maiol y Masos de Bas quedó poca cosa. Hasta más allá de San Juan de las Abadesas las ruinas y la mortandad fueron generales.

Pero el más intenso de todos los terremotos fue el del dia de la Candelaria de 1428. Fues sentido en toda Cataluña. En Barcelona el rosetón de la fachada de Santa Maria del Mar, al caer mató a una veintena de personas. De todas partes se cuentan desgracias; hasta Besalú y Castelló de Ampurias sufrieron derrumbamientos y muertos. Algunos documentos de la época explican que se produzco una falla de algunas leguas de largo por las montañas de Bas y Hostolas, y uno de ellos especifica que de los dos labios de la grieta, el de sol naciente quedó más bajo que el otro..."

La serie olotina se caracteriza por una actividad sísmica muy elevada y la gran intensidad de algunos de los terremotos de la mencionada serie y el de la Candelaria llega a un máximo de X (de la escala modificada de Mercali, de doce grados). A partir del catálogo de Fontseré e Iglesias se desprende que despues de este máximo la serie olotina la actividad sísmica ha disminuido como mínimo en lo que concierne ha seismos de intensidad suficientemente elevada como para ser notados por la población. Hace falta destacar que el hecho de que hayan disminuido, tanto en número como en intensidad, no podemos deducir que tiendan a extinguirse. La actividad sísmica se ha ido manteniendo, promediándose a un nivel que podemos considerar como "sismicidad moderada". Notamos también que los estudios de sismicidad los hemos de situar a escala temporal geológica, y desde este punto de vista hemos de decir que los grandes terremotos de la serie olotina no pertenecen al pasado, sino que son actuales.

En la figura 1 presentamos la distribución de los terremotos de las tierras de lengua catalana entre 1100 y 1906, sacada del libro de Fontseré e Iglesias (1971). Aunque la localización de los epicentros es poco precisa, debido a que todas las fuentes son documentales, se adivina ya, tal como veremos más tarde, una actividad sísmica asociada a la cadena Pirenaica y otra asociada a la cadena litoral.

SISMICIDAD INSTRUMENTAL.-

La época instrumental comienza en Cataluña con la instalación de los primeros sismógrafos en los Observatorios del Ebro y Fabra en 1905. A partir de este momento la determinación de los epicentros es más precisa, se pueden detectar terremotos de magnitud más pequeña, y los estudios de sismicidad se pueden referir a otros parámetros diferentes de la intensidad macrosísmica.

En los estudios llevados a término por Roca (1975) y Roca Udias (1976) se incluye una biografia exhaustiva sobre la sismicidad en Cataluña. Se estudia el periodo 1907-1974 en dos épocas: 1907-1966 y 1966-1974. Esta división proviene del hecho de que en el año 1966 se moderniza el instrumental de ambos observatorios con la instalación de sismógrafos electromagnéticos de registro fotográfico, consiguiéndose de este modo un aumento considerable de la sensibilidad de ambas estaciones.

En la figura 2 (sacada de Roca, 1975) se presenta la distribución espacial de los epicentros en el periodo 1907-1966. Siguiendo a Roca podemos decir que "dada la imprecisión en la localización de los epicentros se hace muy dificil correlacionar de manera rigurosa los datos sísmicos con la tectónica regional. Para poder realizar esta correlación se necesitaria una determinación más exacta de las coordenadas epicentrales de los terremotos pequeños de la región, tarea tan sólo posible si se dispone de una red más completa de aparatos de alta sensibilidad. No obstante , en lineas generales puede observarse una actividad sísmica asociada a la cadena Pirenaica y otra a la litoral, con un número considerable de epicentros que siguen las lineas de la costa.

RIESGO SISMICO.-

A. Riesgo sísmico para la zona catalana.-

Al estudiar la sismicidad de una zona nos interesa saber la probabilidad de que en un tiempo dado, el valor máximo de la magnitud sea igual o superior a una magnitud prefijada.

En nuestro caso hemos de hacer el análisis del riesgo sísmico a partir de una serie sísmica incompleta y no homogénea. Incompleta porque se ha perdido mucha información sobre seismos de magnitud pequeña debido a la baja sensibilidad de los sismógrafos existentes. No homogéneas porque se mezclan datos instrumentales y macrosísmicos. Dadas estas circunstancias, el tipo de análisis más conveniente para esta serie es el del valor extremo en el cual se considera sólo el mayor seismo ocurrido en cada intérvalo de tiempo previamente fijado.

La teoria del valor extremo ha sido aplicada no a la magnitud de los seismos, en general desconocida, especialmente por los seismos más antiguos, sino a la intensidad, obteniendo así una serie temporal más larga. Se ha procesado la serie sísmica para el periodo 1907-1974 considerando como variable la intensidad máxima de los seismos de la zona. La escala de intensidades utilizadas es la modificada de Mercali..

A continuación presentamos los periodos aproximados de retorno para las distintas intensidades (Roca y Udias,1976), dicho de otra manera, el periodo de retorno de un extremo de intensidad apicentral mayor o igual a I_0:

($I_0 \geqslant$ X : T = 109 años ●

$I_0 \geqslant$ IX : T = 38 años

$I_0 \geqslant$ VIII : T = 14 años

$I_0 \geqslant$ VII : T = 5 años

$I_0 \geqslant$ VI : T = 2 años

$I_0 \geqslant$ V : T = 1 año

● Resultados entre paréntesis indica que ha sido deducidos a partir de pocos datos, y por lo tanto pueden ser poco representativos.

Estos periodos de retorno se han obtenido ajustando los datos a una distribución de valor extremo tipo I de Gumbel. Para los valores de intensidad más grande es sin embargo más realista trabajar con la distribución tipo II de Gumbel. De esta manera, los periodos de retorno deducidos por los grados de intensidad VIII y IX vienen sensiblemente incrementados, siendo aproximadamente de 35 y 80 años respectivamente.

La intensidad máxima anual más probable corresponde al grado V.

A la figura 3 presentamos un gráfico del riesgo sísmico en Cataluña (Roca y Udias,1976). En esta figura R_D (I_0) representa la probabilidad de que se produz-

ca un terremoto de magnitud mayor o igual que I_0, en un periodo de D años, para distintos valores de I_0 y D. Como ejemplo, vemos que la probabilidad de ocurrencia de un seismo I_0 7 en un periodo de 10 años es de más del 75%; la probabilidad de ocurrencia de un seismo de intensidad I_0 6 en un periodo de 3 años es del 66%.

B. Riesgo sísmico en un punto.-

En el apartado anterior hemos hablado de la ocurrencia de terremotos en la zona de Cataluña y de los periodos de retorno para los seismos de una magnitud dada. Estas determinaciones forman parte de los estudios de sismicidad. Relacionado con estos estudios, aunque enfocado desde otro punto de vista, se plantea el problema de la determinación del riesgo sísmico para una área pequeña, que por comodidad llamaremos punto. En efecto, la diferencia estriba en que al considerar el riesgo sísmico hace falta tener en cuenta no tan sólo los terremotos los epicentros de los cuales estan incluidos en el área en estudio, sino tambien todos aquellos que, aunque ocurridos fuera del área en cuestión, puedan afectar a puntos de la misma.

Como ejemplo, podriamos preguntar con qué intensidad se sentiria en Barcelona y en su área metropolitana el conjunto de seismos de Cataluña de intensidad máxima X. A partir de estas intensidades sentidas I_{si} se determina la probabilidad de que en un punto se llegue a una intensidad, o a una aceleración, mayor que una de prefijada en un número de años predeterminado. Esta probabilidad nos define el riesgo sísmico en un punto s. Al conjunto de valores obtenidos I_{si} se les puede aplicar también el método del valor extremo, de la misma forma como se hace para determinar la sismicidad de una zona.

Este método ha sido aplicado a todo el conjunto de terremotos de la zona catalana ocurridos durante el periodo 1907-1974 para calcular la serie de intensidades "sentidas" en cualquier punto de la zona; en concreto se ha aplicado a los centros urbanos de Barcelona, Gerona, Lérida y Tarragona (Roca y Udias, 1976). En la tabla siguiente damos los periodos aproximados de retorno para los cuatro centros urbanos antes mencionados:

Intensidad	Barcelona	Tarragona	Gerona	Lérida
VI	(42)	(246)	(139)	(731)
V	21	(88)	52	(192)
IV	10	31	20	51
III	5	12	8	14
II	3	4	3	4

La figura 4 es un gráfico conjunto para las cuatro ciudades donde se presenta el riesgo sísmico R_D (I) en función del número D de años, relativo al valor de intensidad IV (probabilidad de un valor extremo I $\geq$ IV en un periodo D).

En la figura 5 se ha presentado el riesgo sísmico en función de la intensidad, para un periodo de cincuenta años. Según este gráfico, la probabilidad de que, por ejemplo, se sienta un seismo de intensidad igual o superior a V en un periodo de cincuenta años es aproximadamente igual al 91% en Barcelona, al 62% en Gerona, al 44% en Tarragona y al 23% en Lérida. Recordemos que la intensidad V en la escala modificada de Mercali viene descrita como "sacudida muy sensible" ("sentida por toda la población, temblor de objetos pesados, se tambalean los objetos colgados....") y corresponde aproximadamente a unas aceleraciones del suelo de unos 19 cm/s^2, o, equivalente, a 0.02g.

MAPA DE RIESGO SISMICO DE LA ZONA CATALANO-PIRENAICA.-

El método utilizado para calcular el riesgo sísmico en las cuatro ciudades antes mencionadas se ha aplicado también, utilizando el mismo método de sismicidad, a una extensa red de puntos. Para cada punto se ha obtenido la intensidad mayor o igual que I en un periodo de cincuenta años del 60%. Suavizando el conjunto de resultados obtenemos el mapa de riesgo sísmico más elevadas, I VII,corresponden a una extensa área pirenaica (donde la intensidad llega hasta I=IX),y a una pequeña área de la costa que incluye la ciudad de Barcelona y la comarca del Barcelonés. El intenso desarrollo industrial del barcelonés y el incremento de instalaciones de tipo turístico en el Pirineo ponen de manifiesto la importancia del hecho de que se tenga en cuenta las probabilidades de riesgo sísmico en las concentraciones de nuevas estructuras, asi como de poner en funcionamiento un servicio de vigilancia sísmica. Notemos,finalmente,que,según la figura 6,el grado de intensidad VII correspondiente al área de Barcelona coincide con el área de mayor densidad de población,con todos los peligros que este hecho comporta.

FIGURA 3. Gráficos de probabilidad de ocurrencia de sismos en la zona catalano pirenaica.

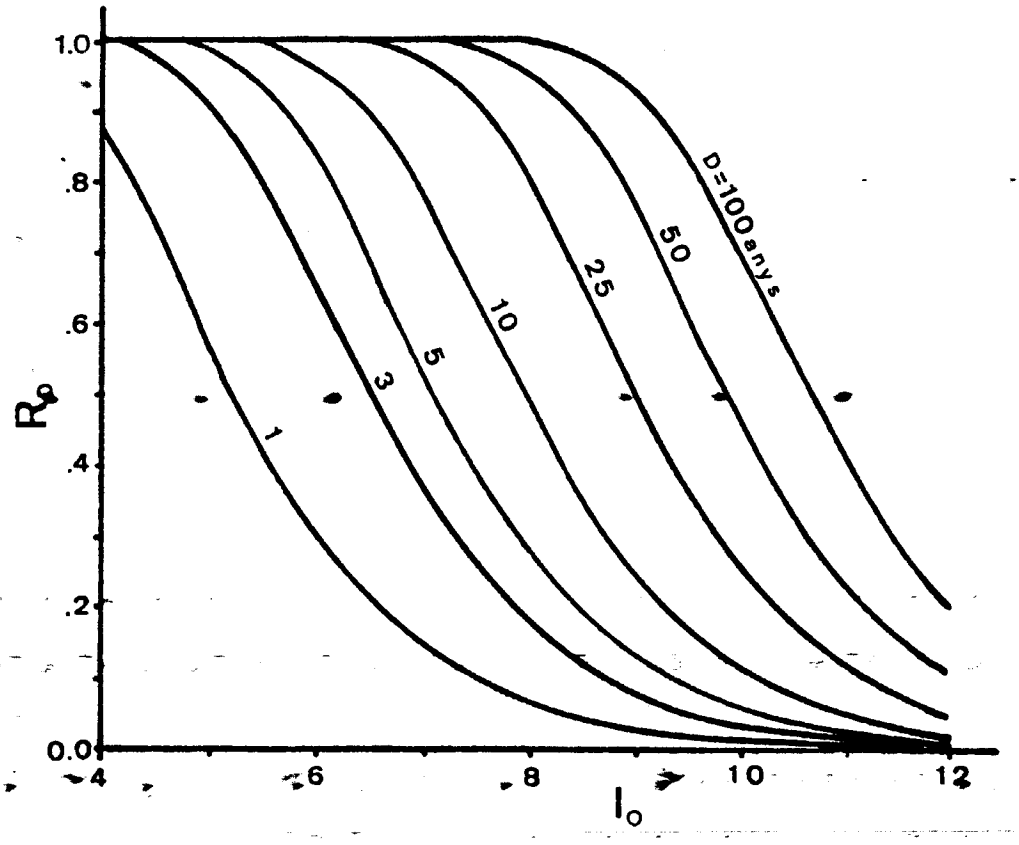


Figura 4.- Riesgo sísmico para una intensidad IV en cuatro ciudades de Catalunya

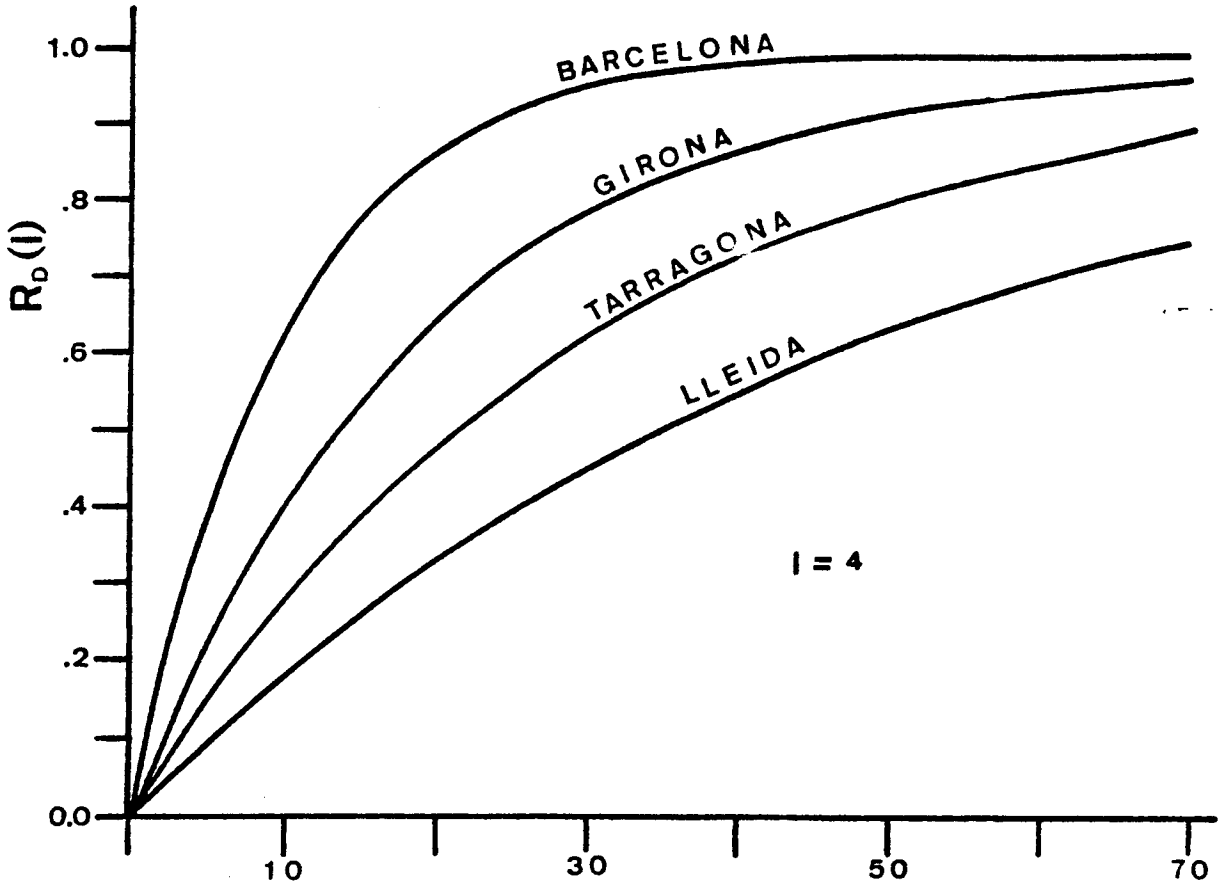


Figura 5.- Riesgo sísmico para un periodo de cincuenta años en cuatro ciudades catalanas.

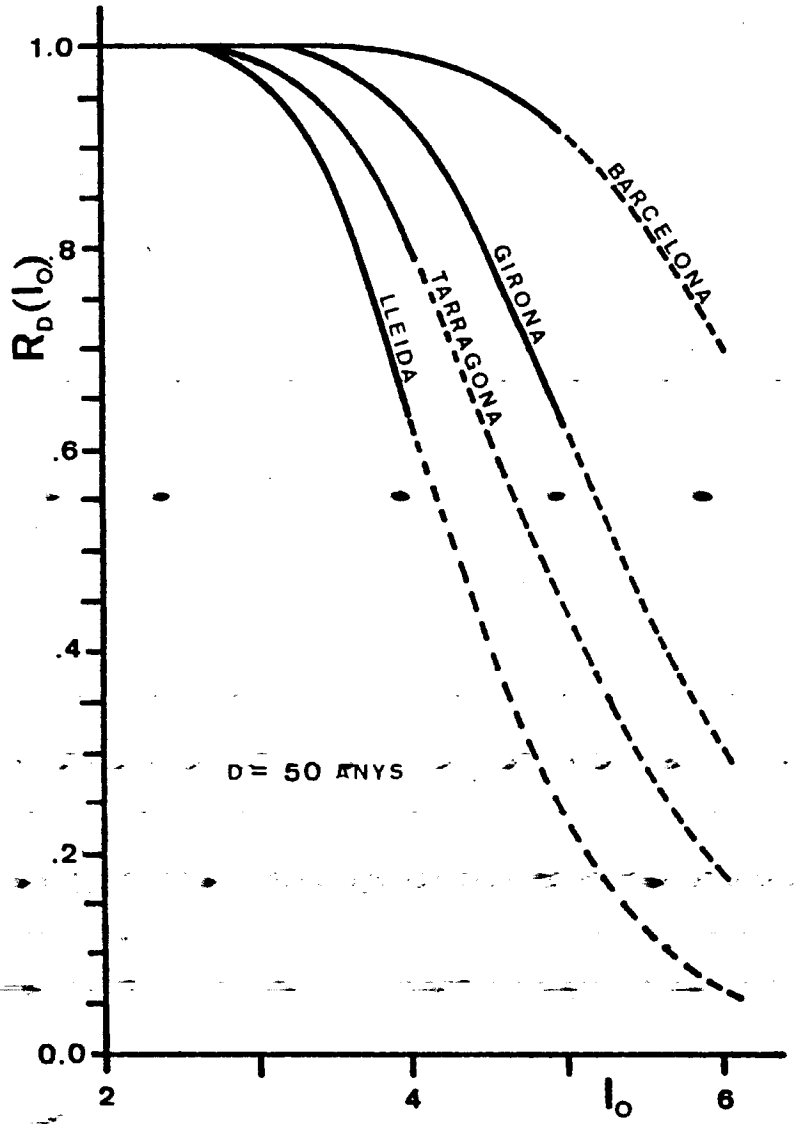
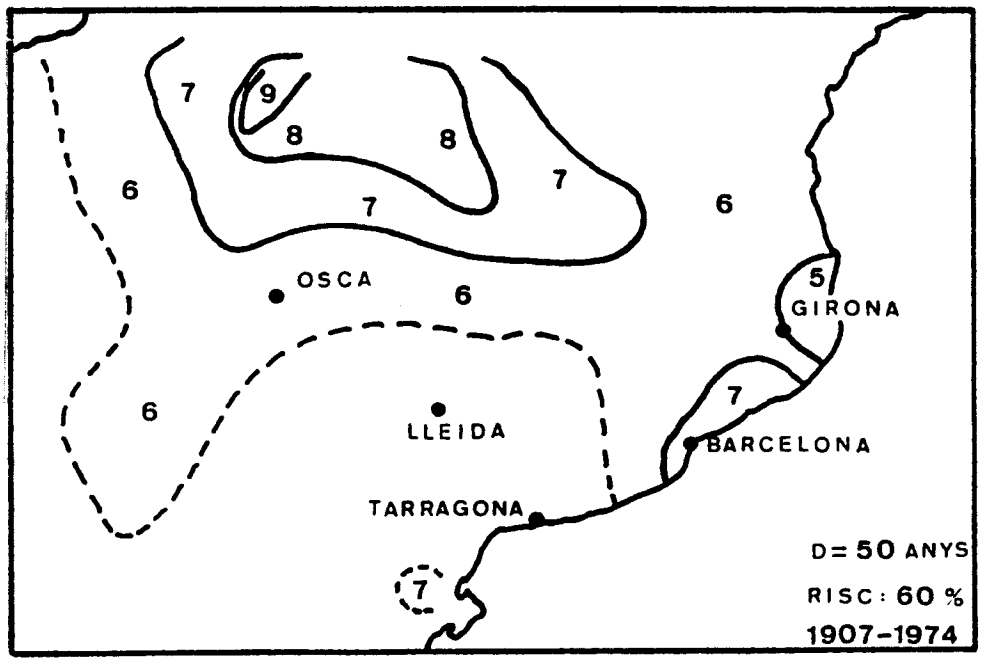


Figura 6.- Mapa de riesgo sísmico de la zona catalano-pirenaica.



CONCLUSIONES.-

El procesamiento de los datos actualmente disponibles ha permitido extraer las conclusiones siguientes (Roca y Udias,1967) :

A pesar de que podemos considerar l a zona catalano-pirenaica como sísmicamente moderada, el riesgo sísmico es suficientemente elevado como para que se tenga en cuenta, especialmente en construcciones que precisen de medidas de seguridad rigurosas. Dentro de la serie sísmica conocida hace falta destacar el terremoto de Olot de 1427, la intensidad máxima se estima en X. Respecto al área de Barcelona el grado máximo de intensidad parece haber estado cercano a VIII.

El análisis de los valores extremos para las intensidades máximas de los seismos ocurridos entre 1907-1974 da un periodo de retorno para la intensidad IX de 80 años. Para los cuatro núcleos urbanos estudiados en riesgo sísmico es más grande en Barcelona, con una probabilidad de 91% que se sienta un terremoto de intensidad V en cincuenta años, siguiendo Gerona (62%), Tarragona (44%) y Lérida (23%). El mapa de riesgo sísmico presenta una región de riesgo sísmico máximo centrado en los Pirineos y una de menor centrada en Barcelona.

PERSPECTIVAS DE FUTURO.-

En el apartado anterior hemos presentado unas conclusiones, las deducidas a partir de los datos disponibles. Necesariamente, estas conclusiones son provisionales.

Esta provisionalidad que acabamos de señalar es consecuencia de la insuficiencia de la red sísmica actual. Efectivamente, en el momento actual existen sólo dos observatorios con equipo sísmico, el Observatorio del Ebro en Roquetas y el Observatorio Fabra en Barcelona (el cual necesita urgentemente una renovación de los sismógrafos de periodo corto, los utilizados para la sismicidad), asi como una estación de vigilancia de microsismicidad en la Prensa de Susqueda.

En estas condiciones la determinación de las coordenadas epicentrales es

poco precisa y se necesita la ayuda de estaciones lejanas (Logroño,Toledo,Málaga), con lo cual se pierde la terminación epicentral de terremotos de magnitud pequeña y comete graves imprecisiones en la determinación de las coordenadas epicentrales de los seismos de magnitud moderada.

Por otra parte, el instrumental que ofrece actualmente el mercado, permite abordar el estudio de la microsismicidad, tal como se está haciendo, por ejemplo, en el Pirineo Occidental francés, a fin de poder estudiar en detalle las fallas activas y de esta manera poder llegar a una microzonación de la sismicidad. La determinación de la microsismicidad es de gran importancia de cara a poder obtener valores precisos de los parámetros que se utilizan para calcular el riesgo sísmico regional y puntual asi como calcular las medidas de seguridad para las grandes construcciones, y sin dejar de lado el avance científico que supondria este conocimiento de cara al estudio de la neotectónica.

Se hace entonces patente, la necesidad de mejorar y ampliar la red existente, asi como coordinar y potenciar un núcleo de investigadores especializados en esta temática. Es ilustrativo acabar con las palabras finales pronunciadas por el profesor Fontseré en al año 1954 en su conferencia inaugural del curso 1953-54 en la Sociedad Catalana de Geografia, palabras aún totalmente vigentes:

"Pero se impone,además, una colaboración entre físicos y geólogos,para establecer definitivamente entre nosotros toda la amplitud de esta ciencia moderna y compleja que se llama Geofísica. Si no lo hace el afán del progreso científico, lo exigirán las conveniencias económicas. Para citar un ejemplo: la aplicación de los métodos de la Sismologia ha hecho entrever,con mucha probabilidad de acierto, que nuestras sales potásicas no son más que un afloramiento de una larga serie de depósitos salinos, que a profundidad más o menos grande se extiende desde la cuenca de Cardona hasta más allá de Navarra.

Yo no dudo de que las nuevas promociones de geólogos,algunos emprenderán esta via y desempeñarán el trabajo de los meros observadores - quizás mejor dicho de los meros aficionados- que, con instrumental y medios irrisorios, hemos ido organizando y sosteniendo la Sismologia topográfica en Cataluña desde principios de siglo, que es decir desde la época heróica de nuestra contribución a esta ciencia".

Hacemos por lo tanto, una llamada a los organismos pertinentes para que pongan los medios necesarios para poder continuar y mejorar estos estudios.

BIBLIOGRAFIA.-

Fontseré, E. (1954). La sismicidad de Cataluña. Conferencia inaugural del curso 1953-1954. Editado por el Instituto de Estudios Catalanes. Barcelona.

Fontseré,E. y J. Iglesias (1971). Recopilación de datos sísmicos de las tierras catalanas entre 1100 y 1906. Fundación Salvador Vives Casajuana. Barcelona.

Roca, A. (1975). Sismicidad de Cataluña 1907-1974 y relación señal-ruido en una estación para el estudio de la sismicidad local. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Barcelona. Fac. Física.

Roca,A. y A. Udias (1976). Sismicidad y riesgo sísmico de la zona de Cataluña y Pirineos. Rev. de Geofísica XXXV, 183-207.

PROYECTO DE CARTOGRAFIA GEOLOGICA

C. PUIGDEFABREGAS

(Servicio Geológico de la Generalitat)

1.- ANTECEDENTES.-

A partir de 1919, la Mancomunitat de Catalunya estructuró el Servei del Mapa Geològic, ratificando al Dr. Faura i Sans en su cargo de Director. Fué ésta una época muy fecunda durante la que se publicaron 5 Hojas del Mapa Geológico a escala 1:100.000, equivalente al 10% del territorio catalán. Sin embargo hay que tener presente que esta labor, enmarcada por primera vez en la estructura de la Administración, nunca habria sido posible si no se hubieran producido unos antecedentes favorables como es el caso del enorme impulso inicial que dió la obra de Jaime Almera (1845-1919), a quien debemos la creación del Museo Geológico del Seminario de Barcelona (1875), y sobre todo el haber trazado las directrices de lo que se iba a convertir en la "escuela catalana de geologia".

El primer intento de cartografia geológica se debe a M. Moulin, que por encargo de la Diputación Provincial de Barcelona (1869) realizó una serie de trabajos de los que sólo se conservan algunas notas de campo y un borrador a escala 1:100.000. En 1885, Almera y Bofill se comprometieron a continuar los trabajos de Moulin y en 1888 se publicó la primera hoja.

Seguidamente se pasó por primera vez a la Geologia de detalle, adoptándose la escala 1:40.000 en la que se publicaron 5 Hojas de la provincia de Barcelona. El profesor L. Solé Sabarís (1945) comenta así la labor realizada:"Almera y Brossa hicieron, por espacio de treinta años una labor admirable que sorprende haya podido ser realizada por personas dotadas de tan escasos medios".

A través del estudio de los documentos de la época vemos nombres como los de Almera, Mallada y Vidal que marcan una época brillante y fecunda en la investigación geológica, tanto en Catalunya como en el resto del pais, fruto sin duda alguna de la calidad humana de estos pioneros asi como de su sentido de colaboración. Seria erróneo pensar que todo este proceso pertenece al pasado. la "escuela catalana de Geologia" es una realidad viva que se ha mantenido superando vicisitudes y que actualmente podemos apreciar mejor que nunca en el hecho evidente de que hoy en dia, en Catalunya, las disponibilidades humanas cubren prácticamente todas las especialidades y ramas de la geologia a un nivel muy alto de calidad y competencia.

2.- EL PROYECTO MAGNA.-

Si representamos en un mapa de Catalunya las distintas cartografias geológicas que se han realizado desde los primeros mapas de ALMERA, obtendremos la distribución que puede observarse en la Fig 1, lo primero que destaca es la insistente repetición de las sucesivas cartografias a lo largo de la franja litoral. Muchas de las hojas se han triplicado e incluso en algunos casos,quintuplicado (Hospitalet de Llobregat). La justificación de este hecho la debemos buscar en que, por tratarse de la zona más densamente poblada, es allí donde la mayor cantidad de problemas requerirá con mayor urgencia una cartografia - geológica.

Creemos no obstante, que esta situación no debe prolongarse por más tiempo y que todo el territorio de Catalunya requiere el mismo tratamiento, ya que un perfecto conocimiento del territorio, por apartada que esté la parcela de - que se trate, beneficia evidentemente a todo el pais.

Recientemente (1972) el Instituto Geológico y Minero de España lanzó el Proyecto MAGNA, cuya finalidad es la confección del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 en un plazo de 16 años. El Proyecto se encuadra en el Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM). El presupuesto total es de mil novecientos cuarenta millones seiscientas cincuenta y ocho mil pesetas (1.940.658.000,) calculado en 1970, y correspondiendo a un total de mil ciento treinta hojas que componen el Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000. Para el cálculo del presupuesto de cada hoja se tienen en cuenta los factores siguientes:

- Dificultad geológica
- Tipos y superficies de terrenos que integran la hoja
- Número y tipo de muestras a tomar y estudiar
- Superficie total de la hoja
- Morfologia, longitud de costas,rios importantes,lineas de frontera.
- Climatologia
- Red viaria
- Información existente. Vuelos especiales
- Distancias a Madrid, donde se situa el almacén de muestras y el archivo general.

- Superficie cubierta por bosque, tierra de labor, zona urbanizada.
- Grado de alteración

La Fig. 1 indica las hojas ya publicadas o en curso de realización, sumando un total de 37. Quedan por tanto, pendientes de realización 49 hojas, de las cuales 14 reparten la superficie con regiones limítrofes. A continuación damos un listado de estas hojas con su valor calculado para el año 1979 (Datos IGME, 1980).

HOJA	VALOR HOJA	HOJA	VALOR HOJA
118 CANEJAN	2.690.197	259 ROSES	1.373.656
148 BOSSOT	5.979.968	289 BENABARRE	4.190.474
149 ISIL	7.741.172	290 ISONA	4.250.970
150 NOARRE	2.240.855	291 OLIANA	4.666.343
180 BENASC	10.080.955	292 ST. LLORENC	5.598.543
181 ESTERRI	9.728.547	293 BERGA	5.198.468
182 TIRVIA	8.771.425	294 MANLLEU	5.092.388
183 ANDORRA	6.309.280	295 BANYOLES	5.212.234
213 BISAURI	6.303.852	327 OS BALAGUER	3.383.653
214 SORT	8.147.035	328 ARTESA	3.866.596
215 LA SEU	7.956.479	358 ALMACELLES	1.983.771
216 BELLVER	8.893.976	359 BALAGUER	2.144.701
217 PUIGCERDA	4.322.578	360 BELLVIS	2.102.599
218 MOLLO	4.353.906	361 GUISSONA	2.269.623
219 MACANET	2.311.800	387 FRAGA	2.009.385
220 AGULLANA	3.560.589	388 LLEIDA	2.002.053
221 PORT-BOU	264.326	389 TARREGA	2.198.020
251 ARENYS	4.587.928	390 CERVERA	1.898.626
252 TREMP	5.919.953	415 MEQUINENCA	2.110.017
253 ORGANYA	6.252.119	416 MAÍALS	2.297.668
254 GOSOL	6.995.120	443 FABARA	2.168.321
255 POBLÁ LILLET	700.025	470 GANDESA	2.557.215
256 RIPOLL	6.818.724	496 HORTA	2.867.948
257 OLOT	5.016.295	521 BECEIT	2.968.249
258 FIGUERES	3.066.943		

TOTAL 219.425.568,- pesetas

El método seguido hasta la actualidad para la confección de hojas en el Proyecto MAGNA, ha sido el de contratación de bloques de hojas 1:50.000 por empresas de servicios. Este sistema tiene la ventaja de que ofrece mayores garantias de cumplimiento de los plazos que cualquier otro método, pero por otra parte adolece de una serie de defectos importantes que lo hacen desaconsejable. En primer lugar, la empresa, y debe ser así, tiene un fin lucrativo. Esto lleva a que, como criterio de rendimiento en la empresa, predomine el del cumplimiento de las normas estipuladas en el contrato por encima del fin último de la cartografia geológica que es el de comprender la geologia de un área determinada y, por supuesto, facilitar su comprensión a los demás por medio de la expresión cartográfica.

Se puede conseguir perfectamente un mapa geológico que cumpla unas determinadas normas, que sea fidedigno en cuanto a la litologia aflorante y, a pesar de todo, inútil para el usuario que pretenda comprender la geologia de la región. Otro factor determinante en la calidad del producto final es la motivación del geólogo de campo. En este sentido no cabe duda que un geólogo realiza su tesis doctoral, o que participa en un equipo de investigación tiene otras motivaciones que las del geólogo que rutinaria, aunque honestamente, lleva años cartografiando en una empresa cuyos criterios de rendimiento no son estimulantes para él.

3.- PROYECTO DE CARTOGRAFIA GEOLOGICA DE CATALUNYA.-

Para la realización del Mapa Geológico de Catalunya se propone un sistema similar al utilizado por la Diputación Foral de Navarra durante los años 1968-1975, aunque con las diferencias a que obliga el distinto tipo de contexto. El método se basaria en los siguientes puntos:

1º.- La realización y responsabilidad de cada una de las Hojas 1:50.000 del territorio catalán corresponde al Servicio Geológico de Catalunya.

2º.- La cartografia se realizará cumpliendo las normas establecidas por el Proyecto MAGNA. Las modificaciones a que hubiera lugar serán previamente acordadas con el IGME.

3º.- Se emprenderán los trabajos por unidades geológicas, divididas cada una de ellas en Bloques de Hoja.

4º.- Se establece la siguiente división de Unidades y Bloques para la zona todavia no cubierta por el Proyecto MAGNA hasta la fecha:

UNIDAD	BLOQUE	Nº DE HOJAS
PIRINEO	PALLARS - ARAN	11
	CERDANYA - ROSES	6
PREPIRINEO	TREMP	9
	PEDRAFORCA	4
	OLOT	5
EBRO	LLEIDA	12
	BECEIT	2

5º.- El Servei Geològic de Catalunya contará con número reducido de geológos (4 en su fase inicial) que se encargarán de la coordinación de los trabajos.

6º.- Se organizarán tres grandes grupos de trabajo que se encargarán de cada una de las Unidades Geológicas. Los Grupos de trabajo actuarán bajo la coordinación del Servei Geològic de Catalunya y tendrán como tarea fundamental la elaboración de una serie de Síntesis Monográficas sobre temas concretos dentro de la Unidad Geológica correspondiente.

7º.- Se establecerán equipos de trabajo dentro de cada Grupo. Cada equipo será responsable de un Bloque de Hojas.

8º.- Podrán formar parte de los Grupos y Equipos de trabajo aquellos geológos y demás profesionales de la geologia que por su experiencia personal en un área determinada o por su especialidad puedan contribuir con aportaciones importantes al Proyecto.

9º.- El Servei Geològic de Catalunya, como responsable del Proyecto, decidirá

la composición de los Grupos y Equipos. Salvo las excepciones que puedan plantearse, sus componentes lo serán a título personal y no de las entidades a que pertenezcan.

10º.- Se proponen provisionalmente las siguientes síntesis monográficas:

GRUPO PIRINEO

-Los granitos del Pirineo
-Metamorfismo
-Síntesis de la estructura herciniana
-Síntesis estratigráficas:
    -Cambro-Ordovícico
    -Silúrico
    -Devónico
    -Carbonífero
    -El Plioceno de la Cerdanya
Síntesis geomorfológica. Glaciarismo pirenaico

GRUPO PREPIRINEO

-Síntesis de la estructura alpina
-Síntesis estratigráficas:
    -Formaciones clásticas post-hercinianas (carbonífero-Pérmico-Trias)
    -Formaciones del Jurásico y Cretácico inferior
    -Cretácico Superior y Garumnense
    -El Eoceno al Oeste del Segre
    -El Eoceno al Este del Segre
    -El Plioceno de l'Empordá
    -Formaciones volcánicas de Olot
-Síntesis geomorfológica

GRUPO EBRO

-Síntesis de las formaciones detríticas de borde
-Depósitos lacustres

-Evaporitas
-Síntesis estratigráfico-paleontológica
-Geomorfologia y formaciones superficiales

11º.- Los trabajos de síntesis comprenderán un estudio bibliográfico,levantamiento de columnas estratigráficas, muestreo, estudio de preparaciones y en general deberán cumplir lo exigido como Documentación Complementaria prevista por el Proyecto MAGNA para cada Hoja.

12º.- El Servei Geològic de Catalunya se reservará la posibilidad de adjudicación directa de aquellas Hojas 1:50.000 que hayan sido objeto de recientes trabajos de Tesis Doctorales o, en su caso, a empresas que demuestren poseer una documentación reciente y exhaustiva sobre una zona determinada.

13º.- Cuando en los Grupos de trabajo se carezca de especialistas sobre un tema determinado, se contratará a otros especialistas nacionales o extranjeros,bien pertenezcan a empresas privadas u organismos oficiales.

14º.- Se propone el siguiente programa de siete años de duración:

1 Enero 1981, inicio de los trabajos del proyecto MAGNA por parte del Servei Geològic de Catalunya.
31 Diciembre 1982, entrega al Servei Geològic de Catalunya de todos los trabajos de sísntesis mencionados en los apartados 6º y 10º.
31 Diciembre 1983, entrega al IGME de las Hojas nº 221,258,259,294,295,327,328, 443,470,496,521.
31 Diciembre 1985, entrega al IGME de las Hojas nº 182,183,215,216,217,218,219, 220,254,255,256,257,292,293,358,359,387,415,416,388.
31 Diciembre 1987,entrega al IGME de las Hojas nº 118,148,149,150,180,181,213, 214,251,252,253,289,290,291,360,361,389,390.

Estas fechas de entrega se podrán modificar según las prioridades impuestas por los programas de investigación minera.

15º.- A partir de Enero de 1983, el Servei Geològic de Catalunya trabajará además en una síntesis geológica de Catalunya basada en los datos aportados por

las síntesis monográficas y que comprenderá:

1º Una cartografia 1:200.000 de Catalunya

2º Una memoria que dé una visión completa y de conjunto de la Geologia de Catalunya.

La terminación del trabajo preparado para la imprenta se estima para Diciembre de 1983. Se intentará dar una máxima difusión a esta Síntesis Geológica de Catalunya.

16º.- Del mismo modo se iniciarán, a partir de 1983, los trabajos para una Síntesis Geomorfológica de Catalunya, con las mismas características que la Síntesis Geológica.

17º.- Simultáneamente a la realización de las Hojas del Mapa Geológico 1:50.000 se elaborarán los Mapas Geomorfológicos a la misma escala siempre que se disponga de un presupuesto adicional al Proyecto MAGNA. En caso contrario, el Mapa Geomorfológico será realizado igualmente pero sin sujección a plazos de entrega.

18º.- Una vez terminado el Proyecto MAGNA se abordará la conveniencia de revisar la parte del Proyecto que fue realizada entre 1972 y 1980.

19º.- Costos del Proyecto, valorados de modo aproximado:

- Síntesis Monográficas
  (1981-82)

Elaboración de las Síntesis Monográficas:	40.000.000,-
Preparación y estudio de muestras	20.000.000,-
TOTAL	60.000.000,-

- Cartografia

1a Fase: Realización de 11 Hojas 1:50.000 (1981-83)	20.000.000,-
2a Fase: Realización de 20 Hojas 1:50.000 (1983-85)	35.000.000,-

3a Fase: Realización de 18 Hojas 1:50.000	35.000.000,-
TOTAL . . .	90.000.000,-
Dirección y Coordinación: 1 Jefe de Servicio más 1 Jefe de Sección más 2 geólogos durante 7 años	40.000.000,-
Dietas y desplazamientos	21.000.000,-
TOTAL . . .	61.000.000,-
Delineación, mecanografia y Servicios diversos	11.000.000,-
Elaboración de Síntesis Geológica escala 1:200.000	3.000.000,-
Elaboración de la Síntesis Geomorfológica escala 1:200.000	3.000.000,-
TOTAL	228.000.000,- Pts.

20º.- El Proyecto se llevará a cabo mediante convenio entre el Departament de Politica Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya y el Instituto Geológico y Minero de España. El Convenio deberá preveer la formación de una Comisión de seguimiento de los trabajos.

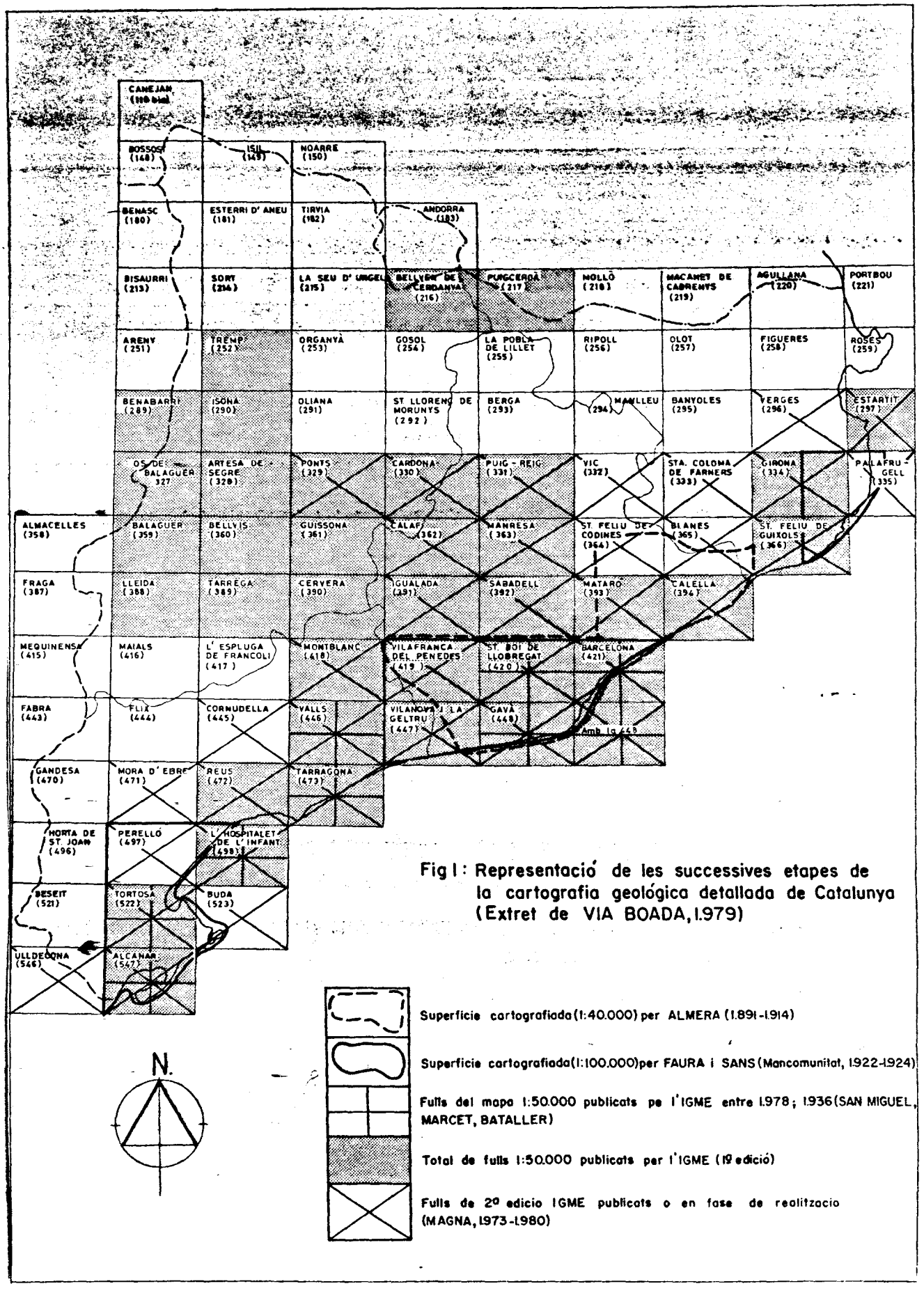


Fig I: Representació de les successives etapes de la cartografia geológica detallada de Catalunya (Extret de VIA BOADA, 1.979)

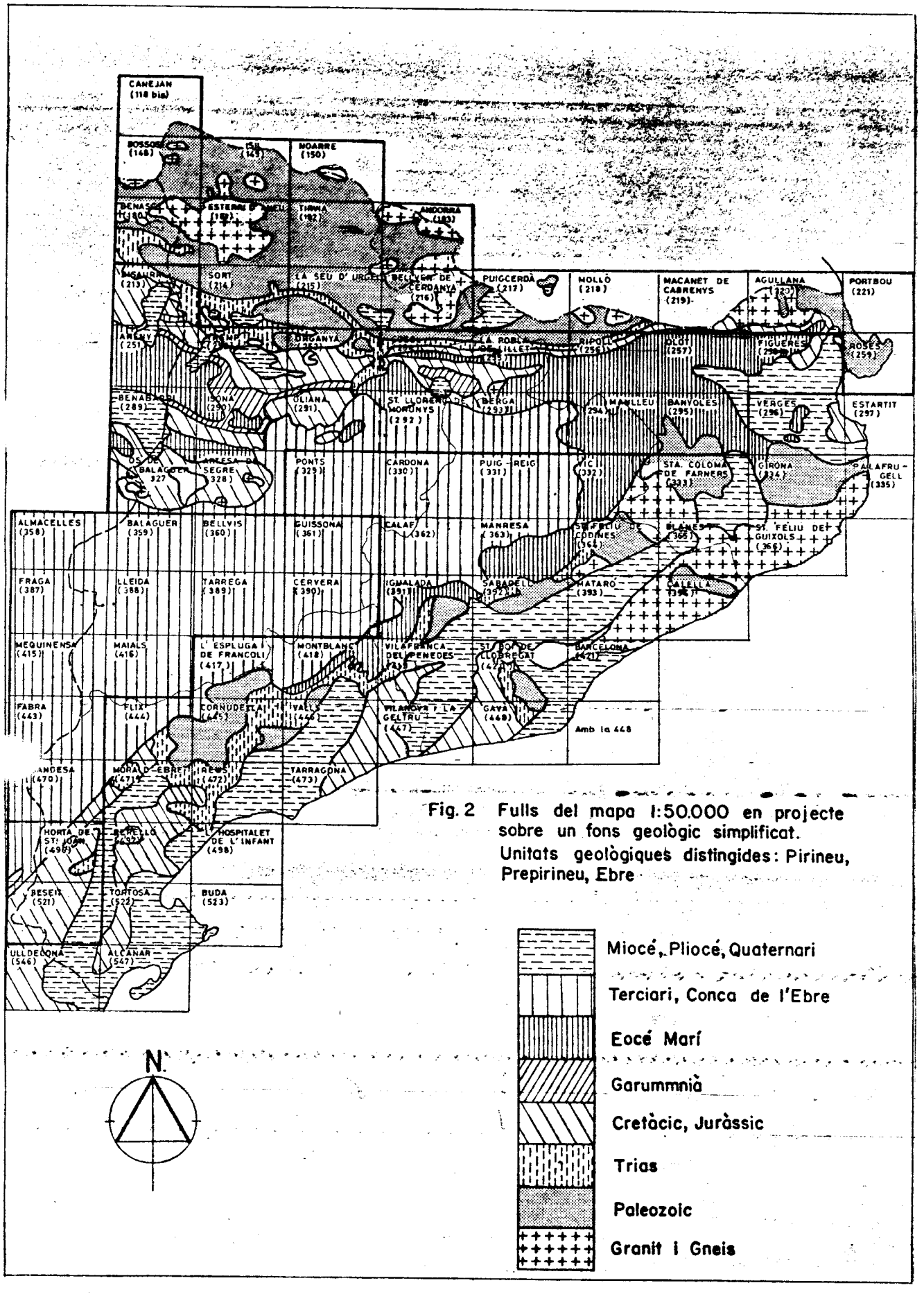


Fig. 2 Fulls del mapa 1:50.000 en projecte sobre un fons geològic simplificat. Unitats geològiques distingides: Pirineu, Prepirineu, Ebre

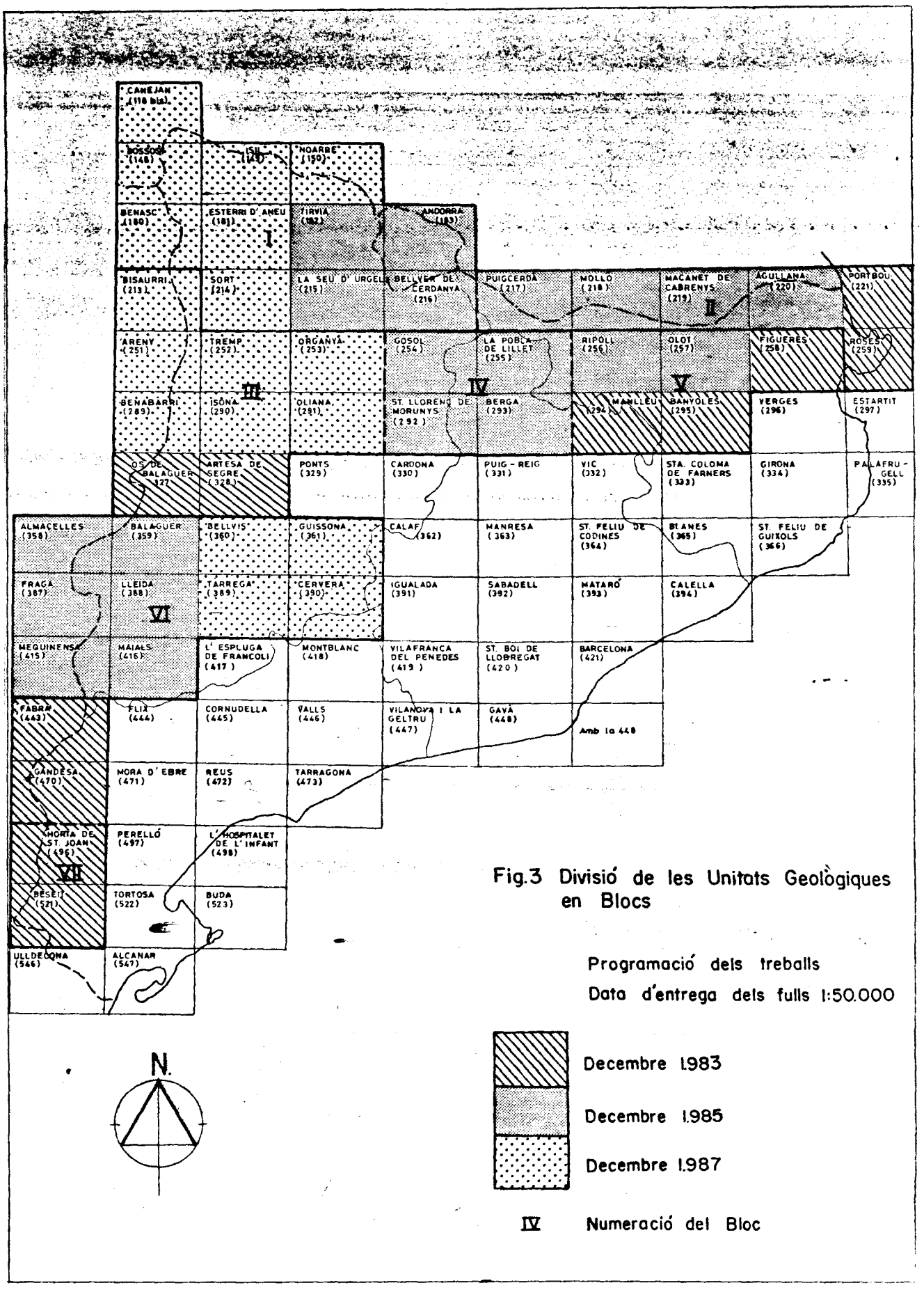


Fig.3 Divisió de les Unitats Geològiques en Blocs

PROYECTO DE CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

J. CALVET, F. GALLART, N. CLOTET y D. de MAS

(departamento de Geomorfologia y Tectónica,
Universidad Autónoma de Barcelona)

I N D I C E

A) Principios básicos de la actividad llevada a término y programada

1.- Análisis de la situación en 1970

2.- Objetivos que nos propusimos y método de trabajo

2.1.- Objetivos de tipo científico

2.2.- Método de trabajo

2.2.1.- Areas de trabajo

2.2.2.- Cartografia geomorfológica detallada

2.2.3.- Análisis de muestras

2.3.- Objetivos de tipo aplicable

2.4.- Método de trabajo

B) Trabajos realizados

C) Trabajos convenientes en el marco de un Servicio Geológico de la Generalitat

1.- Cartografia geomorfológica

1.- Bis. Normativa para una correcta utilización del medio

2.- Escalas cartográficas aconsejables

3.- Contenido de la cartografia geomorfológica

3.1.- Escala 1:200.000

3.1.1.- Datos topográficos

3.1.2.- Litologia

3.1.2.1.- Sustrato

3.1.2.2.- Formaciones superficiales

3.1.3.- Formas y procesos

3.1.4.- Características hidrológicas

3.2.- Escala 1:50.000

3.2.1.- Fondo topográfico

3.2.2.- Litologia y estructura

3.2.2.1.- Sustrato

3.2.2.2.- Formaciones superficiales

3.2.2.3.- Estructura

3.2.3.- Formas y procesos

4.- Presentación de la Información

4.1.- Representación cartográfica del 1: 200.000

4.2.- Representación cartográfica del 1: 50.000

5.- Zonas aconsejables de cartografiar con prioridad

5.1.- Prioridades para el 1:50.000

5.2.- Prioridades para el 1:200.000

D) Conclusiones

E) Presupuesto

A) Principios básicos de la actividad llevada a término y programada

1.- Análisis de la situación en 1970

Los principios que han regido la planificación de nuestro trabajo son fruto del análisis:

- del estado actual de los conocimientos sobre la geomorfologia de Catalunya.
- del estado actual de esta rama de la Geologia en los paises donde está más desarrollada.

A pesar de que la Geomorfologia llevada en todo el mundo un notable retraso en relación con otras ramas de la Geologia, se puede considerar que en los paises donde estaba más avanzada (Polonia,URSS,Francia,Alemania Oriental,Etc.) ha superado las primeras fases de normalización y actualización; y es equiparable, en lo que concierne a principio, métodos y técnicas que utiliza, asi como por los resultados que obtiene , a las otras ramas de la Geologia. Su atraso ha sido superado sobre todo por los paises del Este; en los de Occidente queda sólo retrasada en lo referente al volumen de datos acumulados, pero no en sus aspectos metodológicos.

En los años 60 aún no se habia producido en Catalunya el notable cambio que la Geomorfologia habia experimentado en otros paises. Aunque se estaba al corriente de las nuevas tendencias geomorfológicas, no existia la coyuntura adecuada para ponerlas en práctica, ya que ni habia personal suficientemente preparado, ni se disponia del apoyo económico necesario.

La situación real de los conocimientos geomorfológicos en Catalunya en el año 1970 se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los trabajos son relativamente poco numerosos y los más importantes bastante antiguos.
- Practicamente ninguno de los trabajos, aunque valiosos en su época, responde a las tendencias modernas de la geomorfologia A pesar de esto, algunos de ellos aportan datos de considerable interés.
- Se destaca una considerable falta de datos geomorfológicos integrados o integrables en una visión global de la geologia de Catalunya.
- Es notable la falta de un conocimiento detallado de los aspectos geomorfológicos de nuestro territorio. Este desconocimiento abarca incluso áreas de las que

se dispone de estudios, ya que en lo que concierne a estudios geomorfológicos, nunca se ha utilizado la cartografia como instrumento de trabajo , limitándose como máximo a traducir sobre un mapa, y en el despacho, observaciones generales afectuadas en el campo.
- Hay grandes extensiones de territorio en las que no se ha efectuado ningún estudio profundo.

En resumen podemos decir, que en Catalunya existen muy pocas áreas estudiadas desde el punto de vista geomorfológico y que estos estudios, no están al nivel de los realizados en el resto de Europa. Esto ha hecho que:
- Fuese imposible establecer un esquema evolutivo del relieve de Catalunya durante el Cuaternario.
- No ha sido posible caracterizar y delimitar con detalle los diferentes dominios morfogenéticos que han actuado, y consecuentemente tampoco se ha podido dar su variación temporal y espacial.
- No existen estudios relativos a la dinámica actual, ni datos empíricos,susceptibles de aplicación inmediata.

2.- Objetivos que nos propusimos y método de trabajo.-

Fruto del análisis anterior consideramos que el objetivo primordial habia de ser el dirigir nuestros estudios geomorfológicos de Catalunya según la nueva concepción de la Geomorfologia, basada esencialmente en el conocimiento detallado del relieve.

Hay sin duda otras vías de investigación importantes, pero creemos que no se puede prescindir de una base minimamente sólida donde encuadrarlas; hemos creido por tanto conveniente dejarlas, en principio, de lado hasta más adelante, sin que esto implique menosprecio; se trata sólo de una planificación.

En esta planificación no podemos dejar de señalar sin embargo, los aspectos aplicables de la Geomorfologia, que la convierten en un utensilio de utilidad inmediata. Si habiamos considerado que se podia posponer momentáneamente el tratamiento de algunos aspectos, en lo concerniente a los aplicables estimamos que han de ser, por el contrario, inmediatamente desarrollados.

2.1.- Objetivos de tipo científico

Consideramos que es necesario conocer el relieve en sus aspectos morfográficos, genéticos y cronológicos para poder establecer la historia geomorfológica de Catalunya, especialmente durante el Cuaternario.

Esto significa: caracterizar los diferentes sistemas morfogenéticos responsables del relieve actualmente observable, datarlos y establecer sus variaciones e interrelaciones temporales y espaciales.

2.2.- Método de trabajo

2.2.1.- Areas de trabajo.-

Es evidente que un pequeño equipo no puede pretender, en un periodo de tiempo relativamente corto, llevar a buen término el estudio de la totalidad del territorio de Catalunya a una escala adecuada. De este modo, consideramos que se habia de trabajar mediante el estudio de una serie de áreas muestra en las que se encontrase el registro de la evolución durante el Cuaternario. Esto nos condujo a dar preferencia a las depresiones (en el sentido más amplio de la palabra).

2.2.2.- Cartografia geomorfológica detallada.-

El estudio de estas áreas se realiza mediante la cartografia morfológica detallada que permite :

- Una cuidada representación y ubicación de las formas y procesos observados.
- Indicar los aspectos genéticos y cronológicos
- Precisar los factores condicionantes
- Exponer claramente las interrelaciones entre las formas

Podriamos decir que a medida que cartografiamos vamos descubriendo y reconstruyendo la evolución del relieve a la vez que hacemos un documento donde todo esto queda plasmado.

2.2.3.- Análisis de muestras.-

Hay diferentes aspectos a considerar:

- Ensayos de comportamiento mecánico
- Análisis de tipos sedimentológicos y de arcillas
- Dataciones absolutas

Los dos primeros tipos de estudios requieren unos utensilios que o bien son relativamente sencillos y no excesivamente costosos o bien en caso contrario, existen servicios en Barcelona que pueden ser utilizados.

En lo referente a los análisis paleontológicos, el problema es totalmente distinto. En realidad, se hace evidente la falta de personal especializado en según que aspectos de la paleontologia cuaternaria y lo que es más grave, no se dispone de una escala de referencia que se pueda utilizar de manera fiable.

Por tanto más que contar con la paleontologia como auxiliar de la geomorfologia, es necesario prever un trabajo de investigación en colaboración.

Las dataciones absolutas han sido por su precio completamente prohibitivas para la geomorfologia catalana. Este panorama explica la pobre situación actual en Catalunya del estudio de muestras en el campo de la Geomorfologia, situación que requiere una rápida recomposición sobre todo en el aspecto cronológico, ya que las dataciones relativas disponibles tienen un bajo grado de precisión, y en las absolutas son inexistentes.

2.3.- Objetivos de tipo aplicable.-

Si tenemos en cuenta que la Geomorfologia estudia desde un punto de vista dinámico la superficie de contacto entre la litosfera y la atmósfera y que en esta superficie se asienta la vida y sobre todo el hombre, comprenderemos en seguida el gran interés que puede tener la Geomorfología.

Este interés es totalmente admitido en el momento actual, pero a menudo, se trata más bien de un acto intuitivo que de un verdadero conocimiento. Posiblemente, el problema estriba en la falta de colaboración interdisciplinaria o en una colaboración inadecuada, donde cada cual necesita del otro pero se desconoce lo que mutuamente se pueden aportar.

Creemos necesario el trabajo interdisciplinario y somos conscientes de las dificultades que ello comporta. Es por eso que pensamos que hace falta un mínimo de reflexión previa y el dar a conocer la problemática de cada una de las disciplinas que han de colaborar. El exceso de triunfalismo inicial se traduce a menudo, en resultados insuficientes que ahogan todas las esperanzas.

Delante de toda intervención del hombre en el medio, la Geomorfología posee, al igual que otras disciplinas, aportaciones a realizar. Diversos son los aspectos en los que los problemas que se presenten en la utilización del medio por el hombre:

- Emplazmiento de núcleos de población, de instalaciones industriales,de residencias secundarias, de instalaciones recreativas. En general los núcleos de población antiguos presentan, debido a la experiencia secular de sus pobladores una ubicación adecuada, fuera de zonas peligrosas o poco apropiadas. Por el contrario, las instalaciones recientes o en proyecto no siempre tienen en cuenta los aspectos restrictivos que ofrece la dinámica del relieve (deslizamientos, enbarrancamientos, inundaciones,etc) y a veces incluso la realización de éstas, tiende a desencadenar o a agravar una dinámica nociva o peligrosa para las instalaciones realizadas.
- Explotaciones agrarias,forestales y ganaderas.

El uso intensivo de maquinaria en las explotaciones agrícolas, además de otros factores socio-económicos, ha implicado una remodelación del espacio agrícola y el abandono de las áreas menos productivas. El campo catalán ha sufrido de este modo una notable transformación sin que se haya emprendido un estudio efectivo de sus repercusiones.

Sin duda el agricultor mantiene una vigilancia continua sobre las tierras que utiliza, pero a pesar de esto no es extraño que se le escape la evolución del terreno a largo plazo o la presencia de fenómenos erosivos contra los que el sólo por falta de medios no puede luchar y acaba admitiéndolos como un hecho irremediable. Un servicio agronómico habria de ocuparse de estos aspectos. La Geomorfologia puede aportar datos útiles a este tipo de servicio; la erosión de los suelos, la formación de barrancos por las aguas de lluvia, la realización de drenajes adecuados en zonas mal drenadas,etc. son aspectos en los que el geomorfólogo puede realizar aportaciones de interés.

Todas las áreas de cultivo abandonadas precisan una reconversión si queremos preservar el suelo. A menudo es necesaria una reforestación.

En lo referente a las explotaciones forestales, los ingenieros que se ocupan conocen bien la importancia que en este aspecto tiene la dinámica superficial, a pesar de que en algunos casos, las intervenciones no sean las más adecuadas. Las zonas de ganaderia extensiva pueden presentar una problemática específica de tipo geomorfológico.

- Vias de comunicación

La proliferación del automovil ha implicado la construcción de una densa red viaria. La ejecución de nuevas carreteras o su remodelación no presenta en general graves problemas de tipo geomorfológico en las zonas planas, pero sin embargo, suelen presentarse en áreas de montaña (carreteras y pistas).Un mapa de los procesos actuales puede resultar en este aspecto un instrumento valioso para la planificación del trazado de una carretera. El estudio detallado de los procesos puede aportar datos para la resolución de problemas concretos.

Incluso en la construcción de los grandes ejes viarios, donde parece que los grandes recursos económicos y tecnológicos prestados sean capaces de resolver todos los problemas, vemos que se hunden puentes, por ejemplo. Sin duda esto no es debido al cálculo erróneo de una estructura, sino al desconocimiento de un proceso dinámico, como puede ser el peculiar funcionamiento de un rio.

-Uso y encauzamiento de las aguas continentales y del espacio litoral

No consideramos necesario insistir sobre los aspectos de la dinámica litoral y la problemática que esta plantea, ya que de todos es conocida y todos somos conscientes de que requiere de una especial atención. En lo referente a las aguas continentales consideramos que su estudio en Catalunya se encuentra muy retrasado. En la mayor parte de nuestro territorio, incluso en aquellas zonas en donde las aguas causan grandes estragos, no se dispone de un conocimiento preciso de su régimen, ni de su acción sobre el relieve.

El estudio integrado de los factores (rocas, depósitos superficiales,procesos erosivos, transporte de materiales, régimen de lluvias, vegetación,cultivos, pendientes, densidad de drenaje, etc.) que rigen el régimen de una cuenca fluvial, ha de contar con un apoyo especial, ya que el conocimiento que actualmen-

te se tiene resulta del todo insuficiente.

-Explotación de materiales útiles

Además de los datos que la Geomorfologia puede ofrecer en la prospección de los materiales explotables que ella estudia directamente,es decir,los depósitos superficiales (si consideramos minas y canteras incluidas en el campo más amplio de la Geología), los estudios geomorfológicos tienen un gran interés para la explotación de formas funcionales (playas,lechos fluviales,etc) ya que se puede preveer las repercusiones dinámicas que comportará la extracción.

-Preservación de la Naturaleza

-Sin optar por un conservadurismo aferrado consideramos que la Naturaleza es un bien explotable, pero que se ha de utilizar racionalmente, sin maltratarlo.

Tanto en la planificación de espacios naturales a preservar, como en el establecimiento de medidas de regeneración de áreas degradadas, y sobre todo en este último caso, los datos geomorfológicos,con los de tipo botánico, climatológico, hidrológico, etc. constituyen el punto de partida para una correcta gestión de la Naturaleza.

Aunque muchos de los aspectos que hemos expuesto son puntuales y concretos, de su conjunto se desprende que la Geomorfologia es un instrumento más a utilizar en la planificación del territorio, donde todos estos aspectos se presentan interrelacionados e interdependientes en un espacio de terreno concreto.

2.4.- Método de trabajo

Son diversos los aspectos a considerar:

- De toda la información recopilada al efectuar la cartografia geomorfológica de un área determinada podemos extraer la que presenta un interés aplicable y presentarla en forma de mapa.
-Podemos dedicarnos especialmente a considerar los aspectos de dinámica actual de una área determinada confeccionando un mapa o una serie de mapas muy detallados (a escalas 1:1.000) donde se precisen todos los factores condicionantes.

Ciertos procesos por su importancia, pueden requerir un tratamiento especial, procediendo entonces a equipar una área con una serie de instrumentos de

medida que nos permitan estudiar de una manera cuantitativa precisa la variación y la influencia de los factores, asi como la dinámica del proceso mismo.

B) Trabajos realizados.-

Indicamos a continuación una lista de los trabajos cartográficos realizados, con un breve análisis de su contenido.

- "Mapa geomorfològic de Catalunya" SOLE,L., CALVET,J., SERRAT,D., GALLERT,F. (1973) Escala 1:500.000. Fondo topográfico con curvas de 400 m; unidades morfoestructurales, tipos de rocas, grandes formas y depósitos glaciales, formas litorales, macizos cársticos. Publicado integrado parcialmente en el "International Geomorphological Map of Europe" 1:2.500.000

- "Mapa geomorfològic de la meitat oriental del full de l'Espluga de Francolí" CALVET, (1973).Escala 1:25.000. Fondo topográfico con curvas de 20 m; litologia (tipos de rocas y alteración),formaciones superficiales (granulometria),tipos de formas y datación relativa, tipos de procesos. Tesis de licenciatura,inédito. Publicado en esquema en "Acta Geológica Hispánica" XI, 2,p. 25-32.

- "Mapa geomorfològic de la conca d'Odena " GALLART, (1976).Escala 1:25.000. Sin fondo topográfico;litologia,formaciones superficiales (granulometria y morfoscopia de los cantos rodados),tipos de formas y datación relativa, tipos de procesos (naturales y antrópicos). Tesis de licenciatura,inédito.

- "Mapa geomorfològic de Vic " CALVET,(1977).Escala 1:100.000. Fondo topográfico con curvas de 100 m; litología, formaciones superficiales (granulometria),tipos de formas. Tesis doctoral,inédito.

- "Mapa geomorfològic de Ponts-Guissona" CALVET, (1977). Escala 1:100.000.Fondo topográfico con curvas de 100 m; litología, formaciones superficiales (granulometria),tipos de formas. Tesis doctoral, inédito.

- 3 mapas (morfográficos, de procesos actuales y de unidades geotécnicas), escala 1:25.000 formando parte de los "Trabajos de normas subsidiarias y complementarias de ordenación de los términos municipales de l'Espluga de Francolí y Vimbodí". CALVET, CLOTET, GALLART, y de MAS (1977).

- "Mapa geomorfològic del Vallés Oriental entre les rieres de Cànoves i de Mosqueroles" de MAS, (1978). Escala aprox. 1:25.000. Sin fondo topográfico, litologia, formaciones superficiales, tipos de formas y datación relativa, tipo de procesos. Tesis de Licenciatura, publicado en una sola tinta "Acta Geológica Hispánica XIII 1, p. 14-19

- "Mapa geomorfològic de Saldes" CLOTET, (1979). Escala 1:25.000. Fondo topográfico con curvas de 100 m; litologia, formaciones superficiales (granulometria), tipos de formas y datación relativa, tipos de procesos. Tesis de Licenciatura. Inédito.

C) Trabajos aconsejables en el marco de un Servicio Geológico de la Generalitat.-

El breve análisis del estado actual de los estudios geomorfológicos de Catalunya, que realizamos en la primera parte de esta memoria, muestra que existe un notable atraso (sobre todo en lo que concierne a la Geomorfologia Aplicable) respecto a otras ramas de las Ciencias Naturales. Este atraso, además, es grave ya que se situa a un nivel básico: no poseemos una descripción detallada del relieve del territorio, realizada desde una óptica geomorfològica, y por lo tanto podriamos decir que incluso desconocemos la problemática que se nos plantea.

1.- Cartografia geomorfològica.-

Según nuestro criterio, el método que permite recopilar esta información básica obligándonos a plantearnos como mínimo las condiciones genéticas, una mínima cronologia, las relaciones entre las formas, etc., es decir una problemática inicial, es la Cartografia Geomorfològica.

Consecuentemente hemos de recomendar uno de los trabajos iniciales del Servicio Geológico de la Generalitat, este tipo de Cartografia.

En Geologia, Botánica, Pedologia, etc., la Cartografia es un punto de par-

tida reconocido por los servicios oficiales de todos los paises. En Geomorfologia todos los paises avanzados adoptan tambien esta posición y algunos la utilizan como base para la planificación del territorio.

La Geomorfologia, como ya hemos dicho, trata el relieve desde el punto de vista dinámico, estableciendo las interacciones existentes entre los diversos factores que producen los procesos dinámicos y por lo tanto, la cartografia geomorfológica de Catalunya que proponemos iniciar proporcionaria valiosos datos para cualquier intervención en el medio físico.

Según el tipo de problema planteado, los datos extraidos de la cartografia geomorfológica, pueden ser tratados en vista a:
- clasificación de una zona determinada, frente a cualquier intervención en proyecto.
- la prevención de aquellos procesos, que pueden desencadenarse en cualquier momento, ya sea por causas naturales y/o antrópicas.
- la regeneración de aquellas áreas afectadas por procesos dinámicos nocivos o incluso nefastos ya iniciados.

Por otro lado, una base geomorfológica adecuada, permite abordar más facilmente, es decir con menos tiempo y menos gastos, una serie de estudios como pueden ser entre otros, los botánicos, los edafológicos, los agronómicos, los hidrológicos,los geotécnicos, los urbanísticos, etc.

1.- bis .- Normativa para una correcta utilización del medio.-

Reconocido el interés aplicable de la Geomorfología consideramos que toda intervención que se tenga que efectuar en el medio ha de apoyarse en un estudio geomorfológico apropiado. Proponemos de este modo, que paralelamente a la realización de una cartografia sistemática y hasta una vez realizada esta, se establezca una normativa sobre el tipo de estudio mínimo necesario del medio, antes de proceder a remodelarlo. Planes municipales, comarcales, planes de áreas especiales (parques,etc) tendrian que ir acompañados de estudios de este tipo, rehuyendo sin embargo el informe preceptivo de estilo de los que han proliferado hasta ahora y que a menudo resultan totalmente inútiles. Existe aquí una labor de equipo entre los estudios del medio y los técnicos de la planificación .

Creemos que esta normativa ha de ser realizada recogiendo opiniones de los diversos especialistas y elaborada por un pequeño equipo; por lo tanto nos limitamos unicamente a proponerla.

2.- Escalas cartográficas aconsejables

Consideramos que lo más adecuado seria emprender, a la vez, dos tipos de cartografias bien diferenciadas en lo que respecta al método de trabajo utilizado.

- Una cartografia geomorfológica a pequeña escalas (1/200000), realizada principalmente a partir de los datos ya corregidos y de la fotointerpretación con las correspondientes comprobaciones sobre el terreno. Esta cartografia nos daria,por una lado, la visión sintética de los dominios morfoclimáticos responsables del relieve de Catalunya, y de su evolución, a la vez que ofreceria un marco útil para la posterior cartografia geomorfológica detallada de aquellos sectores completamente vírgenes desde el punto de vista de los conocimientos geomorfológicos, y por otro lado serviria de base para poder iniciar, ya, otros tipos de estudios en vistas al encauzamiento del territorio.

- Una cartografia geomorfológica detallada (1:50.000) elaborada esencialmente a partir del trabajo de campo, con el apoyo de la fotointerpretación.

Este tipo de mapa contiene, una exacta y completa representación del relieve, asi como la interpretación genética y cronológica de todas las formas existentes, poniendo especial atención al estudio de los procesos naturales y/o antrópicos, tanto si son funcionales actualmente como si no.

Al mismo tiempo, el hecho de representar las formas y procesos a escala, permite realizar una evaluación de las áreas afectadas por los diferentes fenómenos.

El elevado contenido analítico de los mapas, ha hecho que sean considerados por la guía de la UNESCO, que trata sobre la representación de mapas de ingenieria geológica, como parte esencial de los mapas geotécnicos.

Es necesario remarcar tambien, que este método cartográfico, permite en-

globar en un contexto más amplio, aquellas zonas que debido a su dinámica presentan graves problemas de conservación, como pueden ser zonas con tendencia a los deslizamientos, áreas de bad-lands, etc. y que por tanto han de ser tratadas a una escala aún más detallada (1/10.000, 1/5.000) si se pretende regenerarlas. La cartografia 1/50.000, facilita el estudio concreto de estos sectores, a la vez que permite poner en evidencia otras áreas que se comportarian de una forma similar, frente a una determinada concurrencia de factores.

La propuesta de estos dos tipos de cartografia, implica la adquisición de unos datos útiles siempre, pero cualitativa y cuantitativamente diferentes, que se obtendrán tambien a diferentes plazos, es decir, la cartografia geológica 1/200.000, comporta unos resultados nada despreciables a corto plazo, mientras que a la cartografia a escala 1/50.000 le corresponden unos resultados mucho más precisos pero a un largo plazo.

La elección de estas dos escalas, está en concordancia, además de considerarlas las más adecuadas, con las escogidas para efectuar la cartografia geológica del resto del Estado, hecho que suponemos facilitará, en su momento, el poder llevarlas a buen término.

3.- Contenido de la cartografia geomorfológica.-

3.1.- Escala 1/200.000

3.1.1.- Datos topográficos.-

Como ya hemos dicho, a esta escala la información que se da es más sintética que analítica; esto sin embargo, no excluye la necesidad de una información básica de buena calidad. Consideramos por lo tanto, que la información de tipo topográfico, ha de ser extraida de un mapa a escala 1:50.000 correcto, es decir, elaborado por restitución fotogramétrica, es probable que sea necesario reducir la información topográfica, pero esto se tendrá que hacer sin perder calidad, y sino seria más aconsejable como fondo de la cartografia Geomorfológica, un mapa de pendientes u otro tipo de base establecida en función de la influencia que éstos puedan tener en los diversos procesos activos del área a cartografiar.

3.1.2.- Litologia

Este apartado engloba por un lado las características de los materiales que constituyen el sustrato y por otro las de las formaciones superficiales.

3.1.2.1.- Sustrato

-composición litológica
-grosor de los materiales
-disposición estructural
-coherencia
-grado de fracturación

3.1.2.2.- Formaciones superficiales

-composición, textura y estructura de los materiales
-grosor de la formación
-grado de consolidación

3.1.- Formas y procesos

Esta sección comprende, una descripción cuidada del relieve, a partir de la morfografia, que evidentemente implica el indicar las relaciones existentes entre formas, litologia y procesos.

El estudio de los procesos actuales, (tales como caida de bloques, deslizamientos, hundimientos de terrenos, formación de bad-lands,etc) adquirirá una importancia capital, ya que de ellos depende el grado de estabilidad de la zona cartografiada.

Haria falta preveer e incluir en este apartado el grado de sismicidad de las zonas estudiadas.

3.1.4.- Características hidrológicas

-permeabilidad de los materiales
-condiciones de drenaje
-hidrologia superficial
-hidrologia subterránea

3.2.- Escala 1/50.000

Además del contenido estrictamente geomorfológico, que seguidamente detallaremos, la cartografia 1/50.000 habria de disponer con una serie de datos que se escapan de nuestro campo de trabajo, pero que a la vez, se superponen y pueden resultarnos de gran utilidad como son : una caracterización hidrológica detallada, una cartografia de la ocupación del suelo y algunos datos de tipo geotécnico, como por ejemplo, la capacidad de los terrenos y asentamientos previsibles.

3.2.1.- Fondo topográfico

Los mapas 1:50.000 elaborados por restitución fotogramétrica son suficientes como fondo, a pesar de que en el momento de efectuar la cartografia de áreas complicadas pueda ser necesario el utilizar mapas más detallados (1:25.000 o 1: 10.000).

3.2.2.- Litologia y estructura

3.2.2.1.- Sustrato

-composición litológica
-potencia de los materiales y variabilidad
-alternancias
-coherencia
-grado de fracturación

3.2.2.2.- Formaciones superficiales

-origen del material y procesos de preparación
-granulometria
-proporción y composición de la matriz
-consolidación
-grosor de la formación
-naturaleza del cemento
-morfoscopia
-permeabilidad
-calcimetrias

3.2.2.3.- Estructura

-disposición de los materiales
-accidentes tectónicos

3.2.3.- Formas y procesos

Se trata de dar una descripción y una explicación, al máximo detallada, del relieve.

Generalmente la mayoria de las formas pueden ser cartografiadas de manera individual y a escala; al mismo tiempo, puede indicarse con precisión el área de acción de los diferentes procesos. Los nexos existentes entre litologia,estructura, formas y procesos aparecen claramente. Las dataciones de formas pueden ser expresadas facilmente. En resumen, existe un alto contenido analítico,facilmente sintetizable y que se puede presentar en un mapa secundario.

4.- Presentación de la información.-

Como que los datos sistemáticamente obtenidos a partir de la cartografia Geomorfológica, (1/200.000 y 1/50.000), han de ser utilizados por los diferentes especialistas y no tan sólo por los geólogos y geomorfólogos, los mapas han de tener esencialmente las siguientes características:

-proporcionar la información de una manera clara e inteligible que no requiera de una mayor profundización en el tema.
-sintetizar la información, de tal manera que tenga un interés directamente aplicable, sin perder en cambio las bases teóricas que han servido para determinarla.
-resaltar objetivamente los elementos más relevantes de cara a una posible ordenación territorial.

Teniendo en cuenta estas premisas, es evidente que la presentación de la información para la cartografia detallada (1/50.000),principalmente analítica, tendria que ser diferente del tratamiento que requiere la 1/200.000, ya de por si basicamente sintética.

4.1.- Representación cartográfica del 1/50.000

La cartografia geomorfológica detallada, contrariamente a la anterior,es un método de trabajo esencialmente analítico y en consecuencia la información tendrá que darse de forma desglosada, mediante una serie de mapas temáticos superponibles (mapa litológico, mapa de procesos, mapa hidrológico,etc.)

El conjunto de todos los datos obtenidos, se puede sintetizar finalmente en otro tipo de documento, con características similares al utilizado en la presentación de la cartografia a pequeña escala. En resumen, tendremos unos mapas con todos los datos obtenidos del análisis y un mapa derivado de los anteriores,de caracter sintético.

Es conveniente tener en cuenta, que la gran acumulación de datos que se desprende de la cartografia 1/50.000 pueden (han) de ser sistemáticamente archivados (ordenador), para poder ser modificados o utilizados en cualquier momento,y frente a cualquier situación.

Tanto en el caso de la cartografia 1/200.000 como en el de la 1/50.000,los documentos cartográficos han de completarse con una"memoria" (serie de fichas, cuadro sinóptico . . .) donde se exponga la información no cartografiable y se realice la interpretación de las relaciones entre los distintos factores.

5.- Zonas aconsejables de cartografiar con prioridad.-

Ya hemos dicho anteriormente, que el conocimiento geomorfológico que se tiene de Catalunya resulta muy precario y todavia concentrado en zonas determinadas. Este hecho dificulta enormemente la tarea que proponemos iniciar y pensamos que una manera de aminorar el problema seria empezar por cartografiar zonas situadas en las diferentes unidades estructurales de Catalunya que, además, corresponden a diversos tipos de implantación humana.

Una vez establecidos, los diferentes dominios morfoclimáticos responsables del relieve y los rasgos principales de la dinámica de cada una de las zonas - cartografiadas con prioridad, tendremos ya la base teórico-práctica necesaria para seguir, con mayor facilidad, toda la base cartográfica del Pais, ya que la problemática ambiental no está basada en planteamientos teóricos sino en expe-

riencias concretas, y esto se traduce en que a la hora de valorar impactos y determinar usos adecuados de una zona, la base de actuación esencial es la que se apoya en el estudio de otras zonas que posean características similares.

5.1.- Prioridades para el 1/50.000

Hoja nº
-Isona
-Reus
-Bellver
-Vic
-Lérida
-Rosas
-Espot
-Olot
-Mora
-Blanes

Sustituibles por áreas similares en el caso de que existan circunstancias que lo aconsejen.

5.2.- Prioridades para el 1/200.000

Dado que la distribución de las hojas correspondientes al 1/200.000 no permite (con la cartografia de una sola hoja) tener, este conocimiento básico, de todos los dominios morfoclimáticos que han modelado el relieve del territorio catalán, creemos que lo más adecuado seria el indicar la cartografia geomorfológica a esta escala, elaborando en primer lugar media Hoja 24 y media 34 (Berga-L'Hospitalet respectivamente) que corresponden al valle del Llobregat, y que cumpliria el objetivo propuesto..

D) Conclusiones.-

Del análisis de la situación de la Geomorfologia en Catalunya y de la utilidad que ésta puede tener en su aspecto aplicable proponemos:

- Establecer una normativa sobre el tipo de estudio del medio (en nuestro caso estudio geomorfológico) que se debe realizar antes de cualquier remodelación.

-Inicio de una cartografia geomorfológica del territorio

-Esta cartografia ha de ser el instrumento básico de un conocimiento del relieve.

-Esta cartografia ha de tener en cuenta las necesidades prácticas en las que puede aportar información, considerando especialmente los aspectos de: agronomia y silvicultura, geobotánica,pedologia, urbanismo, planificación del territorio,obras públicas, conservación de la Naturaleza,etc.

Esta información tiene que ser expuesta cartográficamente y con la máxima claridad.

E) Presupuesto.-

A. Calificación de las hojas propuestas del 1:50.000 Geomorfológico.-

Para poder elaborar un Presupuesto para cada una de las hojas del 1:50.000 geomorfológico, que hemos propuesto de cartografiar con prioridad, hemos optado por calificar estas zonas en función de su dificultad, de tipo científico (geologia, geomorfologia,procesos dinámicos . . .), como de tipo geográfico (situación, acceso . . .).En base a esta calificación de las áreas a cartografiar,hemos elaborado el presupuesto de una área de dificultad media, como es la hoja de Isona, para que pueda servir como punto de referencia en el momento de establecer un cálculo general para este tipo de cartografia.

En lo referente a las dificultades de tipo científico, se han considerado cuatro apartados:

A.- La existencia o no de una información geológica previa, válida para abordar la cartografia geomorfológica.
B.- El grado de dificultad estructural.
C.- El grado de dificultad geomorfológica, relativa a formas y depósitos.
D.- El grado de dificultad geomorfológica, relativa a los procesos actuales.

Obviamente, a más dificultades corresponden más dias de trabajo (campo y laboratorio) y más análisis/ ensayos a realizar.

En lo concerniente a las limitaciones de tipo geográfico, sólo hemos tenido en cuenta la distancia de las áreas; esto corresponde a la hora de establecer al presupuesto general, a más gastos de transporte y dietas. En función de la situación geográfica de las áreas en relación a Barcelona, se les ha de atribuir un baremo que va de 1 a 6, correspondiendo el 1 a la máxima proximidad y el 6 a la proximidad mínima.

A
a- mapa geomorfológico anterior al geológico - REUS,LERIDA, ROSAS,ESPOT,BLANES:
b- mapa geomorfológico posterior al geológico- BELLVER,VIC, OLOT,ISONA,MORA.

B
Alto = 3 - BELLVER,OLOT,ISONA,ROSAS,ESPOT,BLANES
Medio = 1 - VIC,REUS,MORA
Bajo = 2 - LERIDA

C
Alto = 3 - BELLVER,REUS,ROSAS,ESPOT,MORA,BLANES
Medio = 2 - ISONA,OLOT
Bajo = 1 - VIC,LERIDA

D
Alto = 3 - ISONA,BELLVER,ESPOT
Medio = 2 - REUS,VIC,ROSAS,OLOT,BLANES
Bajo = 1 - LERIDA, MORA

A-3.- Presupuesto para una hoja del 1/50.000 de dificultad media: ISONA

1.- Trabajo de Geólogos

- dias de trabajo de campo
150 dias x 9.000 pts/dia 1.350.000
- dias trabajo laboratorio
fotointerpretación 20 dias x 5.000 pts/dia
recogida información - x 5.000 pts/dia
preparación trabajo campo 30 dias x 5.000 pts/dia 250.000

2.- Dietas (Estancias de 5 dias : 150/5 = 30 estancias)

- dietas completas
4 d. c. x 30 estancias=120 dietas c. x 1.700 pts/d.c. 204.000
dietas medias
1/2 d x 30 estancias = 30 m.d. x 700 pts/m.d. 21.000

3.- Transportes

- distancia 170 Km. x 2 = 340 Km.
340 Km. x 30 estancias = 10.200 Km; 10.200 Km x 13 pts/Km. . .
- recorridos de zona 100 Km/dia
100 Km/dia x 150 dias = 15.000 Km; 15.000 Km x 13 pts/Km.. . . 327.600

4.- Análisis muestras y ensayos 3.500.000

	A	B	C	D			DISTANCIA	CALIFICACION
ISONA	b	3	2	3	8b		4	8b+4
REUS	a	2	3	2	7a		2	7a+2
BELLVER	b	3	3	3	9b		5	9b+5
VIC	b	2	1	2	5b		1	5b+1
LERIDA	a	1	1	1	3a		3	3a+3
ROSAS	a	3	3	2	8a		3	8a+3
ESPOT	a	3	3	3	9a		6	9a+6
OLOT	b	3	3	3	7b		3	7b+3
MORA	b	2	3	1	6b		4	6b+4
BLANES	a	3	3	2	8a		2	8a+2

ESPOT	9a+6
BELLVER	9b+5
ROSAS	8a+3
BLANES	8a+4
ISONA	8b+4
REUS	7a+2
OLOT	7b+3
MORA	6b+4
VIC	5b+1
LERIDA	3a+3

5.- Material

- fotografias aéreas

1 hoja fotogr. 1/33.000 x 2 juegos x 4.000 pts/juego	8.000
1 hoja fotogr. 1/18.000	40.000
- mapas topográficos	
hojas 1/10.000 x 2 juegos	10.000
hojas 1/50.000	1.000

6.- Compra información y consultas 300.000

7.- Confección memoria

- 10% del total . . . . . .
- + Delineación mapa . . . . . .
- + Mecanografia y encuadernado . . . . . .
- + Redacción memoria 100 dias/geólogo . . . . . .
- + Material fotográfico . . . . . .

TOTAL 6.612.760,-

Se debe tener en cuenta que este Presupuesto se puede reducir a la mitad si los análisis de muestras y ensayos geotécnicos se realizan en los laboratorios del Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat, quedando por lo tanto un Presupuesto medio de 3.000.000 de pts. por Hoja 1:50.000.

A-4.- Presupuesto de las dos medias hojas propuestas del 1:200.000.

1.- Trabajo de Geólogos

- dias de trabajo de campo

160 dias x 9.000 pts/dia	1.440.000
- dias trabajo laboratorio	
fotointerpretación 160 dias x 5.000 pts/dia	
recogida información 60 dias x 5.000 pts/dia	
preparación trabajo campo 20 dias x 5.000 pts/dia	1.200.000

2.- Dietas (Estancias de 5 dias:160/5 = 32 estancias)

- dietas completas

4 d.c. x 32 estancias=128 d.c. x 1.700 pts/d.c. . . . 217.600

- medias dietas

1/2 d. x 32 estancias=32 m.d. x 700 pts/m.d. 22.400

3.- Transporte

- distancia 100 Km x 2 = 200 Km.

200 Km x 32 estancias = 6.400 Km

- recorridos de zona 200 Km/dia

200 Km/dia x 160 dias = 32.000 Km

38.400 Km x 13 pts/Km 499.200

4.- Análisis muestras y ensayos 1.000.000

5.- Material

- fotografias aéreas

16 hojas fotogr. x 2 juegos x 4.000 pts/juego 128.000

- mapas topográficos

16 hojas 1/50.000 x 2 juegos 30.000

6.- Compra información y consultas 500.000

7.- Confección memoria

20% del total

+ Delineación del mapa

+ Mecanografia y encuadernado

+ Redacción memoria 120 dias

+ Material fotográfico

TOTAL 6.044.640

Se debe tener en cuenta que este Presupuesto puede quedar reducido a 400.000 si se considera que los análisis de muestras y ensayos se pueden realizar en los laboratorios del Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat.

BANCO DE DATOS

R, JULIA Y L. SOLE SUGRANYES

(Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.)

I N D I C E

Introducción y justificación

Posibles usuarios

Contenido informativo

- Bibliografia
- Prospecciones y estudios realizados por empresas
- Datos geológicos
  - Recursos naturales
  - 1.- Hídricos
  - 2.- Energéticos
  - 3.- Materiales para construcción
  - 4.- Primarios
  - Datos estructurales
  - 1.- Litologia
  - 2.- Mineralogia
  - 3.- Geotécnia
  - 4.- Sísmica
- Datos geológicos educacionales y puntos de interés a preservar

Equipo informático para el banco de datos

Estudio económico

- Gastos
- Ingresos

Conclusiones

Introducción y justificación.-

La especialización y el creciente número de técnicos y científicos existentes ha provocado un aumento tal de la información científica o técnica generada sobre cualquier tema que hoy en dia, los medios clásicos de almacenamiento y acceso de esta información no son suficientes para evitar que una gran parte sea inaccesible a un buen número de usuarios o que el coste de su localización resulte prohibitivo para muchos trabajos.

En el año 1970 sólo se publicaron unos 70 trabajos que hacian referencia a la geologia de Catalunya, pero en el año 1977 el número de trabajos publicados fue de 200 y para antes de 5 años se prevee que se publicarán más de 300 trabajos anuales sobre geologia de Catalunya. Aparte de los trabajos que se publican, cada año se produce un número aún mayor de datos geológicos sobre nuestro pais como resultado de trabajos de prospección,sondeos, registro de pozos y canteras, informes geotécnicos, etc. . . que generalmente se conservan en archivos públicos y privados, pero cuya existencia es desconocida por la mayor parte de los usuarios y su búsqueda seria en muchas ocasiones más lenta y costosa que repetir el estudio de nuevo, o obliga a trabajos más parciales y limitados del que habria podido ser de disponer de toda la información existente.

Las nuevas técnicas informáticas permiten el crear archivos automatizados en los que la búsqueda sobre la existencia de información es lo suficientemente rápida para que resulte rentable para la mayor parte de trabajos. En estos archivos la información ha de poder ser localizada por muchos conceptos diferentes (temáticos, temporales, espaciales) pero no como si se tratase de ficheros distintos sino que han de ser ficheros intercomunicables. El conjunto de la información referente a cada concepta ha de poder ser incluido o sustraido a los conjuntos de la información de los conceptos restantes.

Pero la potencia de cálculo y capacidad de memoria de los ordenadores modernos, permiten que en un banco de datos sea algo más que un gran archivo automatizado. Los datos en memoria han de poder ser utilizados como variables en complejos sistemas de cálculo, combinando siempre que sea necesario los datos de diferentes archivos a través de procesos de telecomunicación, para generar nuevos tipos de información más elaborada. Este aspecto del banco de datos es fundamental para todas aquellas tareas que tengan como fin principal la investigación,la

prospección y la ordenación del territorio.

Cuando el conocimiento es un fenómeno es suficiente, el banco de datos no sólo permite conocer el estado del fenómeno en el momento en que va a ser introducido en memoria, sino que ha de permitir el conocer su tendencia evolutiva y por lo tanto su previsión en un momento cualquiera del futuro.

La necesidad de los bancos de datos muy frecuentemente no ha sido apremiado por los profesionales de la propia materia, que a niveles de su especialidad suelen disponer de información suficiente, sino por profesionales de materias próximas o relacionadas a los que les es dificil estar al dia de la información de materias que se alejan de su especialidad, pero que les son imprescindibles para mejorar sus decisiones.

De este modo, la experiencia en los paises donde funcionan bancos de datos geológicos, muestra que los usuarios más frecuentes no son precisamente los - geológos, sino urbanistas y economistas que necesitan los datos geológicos para tomar decisiones adecuadas respecto a la ordenación del territorio, interpretación de ciertas distribuciones de fenómenos sociales a preveer el límite de las posibilidades de crecimiento en función de los recursos naturales existentes y de sus reservas.

En Catalunya la ordenación del territorio y la planificación económica han sido practicamente inexistentes. Ahora,cuando a nivel de autoridades y representantes municipales y regionales se plantean problemas de esta índole, se hace patente la falta de información existente sobre datos ambientales, bien sean biológicos,geológicos o climáticos. Es frecuente que diariamente aparezcan técnicos municipales,urbanistas y economistas por los centros oficiales preguntando dónde pueden encontrar información sobre la vegetación o geologia de tal o cual municipio, o si se pueden saber los recursos de agua de una comarca determinada o si en nuestro pais existen tal o cual tipo de materia natural. Un banco de datos geológicos tendria que responder a todos estos requisitos y de este modo, ayudar a la dificil tarea de una mejor ordenación y planificación de nuestro futuro.

Posibles Usuarios.-

Para poder definir los posibles usuarios de un banco de datos geológicos, hace falta analizar a qué diferentes niveles se produce y se emplea la información geológica. En principio, se pueden distinguir tres niveles claramente diferenciados:

1º.- Centros de investigación y docencia donde se produce información geológica, pero donde no se explota comercialmente. Corresponde normalmente a organismos oficiales, y en principio en Catalunya en este momento practicamente quedan reducidas a las Universidades, a los Institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, al Servicio Geológico de Obras Públicas y a las Comisarias de Aguas.

La escasez de los recursos económicos de estos centros y la no explotación económica de su trabajo, hace que dificilmente puedan ser considerados como buenos clientes de un banco de datos; además todos ellos podrian contribuir con sus aportaciones científicas a mantener el contenido informativo del banco.

2º.- Centros donde se produce y se explota comercialmente la información geológica. Corresponde a empresas de prospección de recursos, explotación y estudios geotécnicos y consultings de ingenieria. De acuerdo con su organización estructural se pueden distinguir dos tipos diferentes de empresas:

Unas son las pequeñas empresas, con un reducido número de técnicos superiores y que trabajan en una pequeña región. Casi nunca sobrepasan el ámbito catalán y si lo hacen es en una región donde este tipo de empresas no existen. La mayoria de este tipo de empresas residen en Barcelona GEOTEST,GEOLAB,GEOTECNIA, LOSAN,SONDESA,CARSI,AGUAS Y SONDEOS,etc. Algunas de ellas están especializadas en un campo concreto de la geologia aplicada.

Las otras son empresas que tienen un campo de acción mucho más amplio, generalmente de todo el Estado español, y están domiciliadas en Madrid o dependen de organismos oficiales centrales. Son empresas que con presupuestos de determinados ministerios (Industria, Obras Públicas,Agricultura,etc) y por medio de un plan de inversiones determinado, pueden temporalmente trabajar en Catalunya en un aspecto concreto. Estas empresas estudian los recursos energéticos (carbón,

petróleo, uranio) o bien de explotación (aguas subterráneas,etc). Entre esas empresas se pueden citar : C.G.S., ADARO,VEGARADA, S.G.O.P., RIO TINTO, HISPANOIL, CIEPSA,FINA IBERICA,etc.

Un caso muy especial es el de las pequeñas empresas que se crean para optar a la realización de las hojas geológicas del Plan Magna. Son en su totalidad empresas domiciliadas en Madrid.

Tal como estas empresas están estrcturadas actualmente se puede concluir que en principio las de ámbito regional son muy contrarias a la creación de un banco de datos, ya que:

1) tienen un conocimiento bastante profundo de la geologia regional.

2) tienen su propio "stock de datos" a través de los estudios realizados,

3) frecuentemente la resolución de problemas muy locales escapa a sus posibilidades de un banco de datos, ya que la densidad y nivel de información dificilmente seria adecuado.

4) favoreceria a las "grandes" empresas que, con un abaratamiento sustancial de la información básica, podrian competir a nivel regional,

5) el reducido número de empleados de estas empresas, permite un facil mantenimiento en una situación aconómica dificil como la actual. Si las grandes - empresas tienen problemas económicos muy probablemente tambien les interesaria el mercado regional, sobre todo si la información básica fuese facilmente accesible.

El volumen económico que estas pequeñas giran es muy variable. En años llamados "buenos" era del orden de los 15 a 20 millones brutos que representan unos beneficios netos del orden de los 4-5 millones. Actualmente han descendido alrededor de los 7-10 millones y muchas empresas han reducido personal mientras que otras han cerrado.

Las grandes empresas tienen unos volúmenes muy superiores y variables que a veces sobrepasan los 100 millones en el capítulo de la geologia aplicada, de los cuales una buena parte corresponden a la obtención de la información básica. Esta puede considerarse del orden de un 10%.

Como aspecto geológico especial hace falta citar el caso de las hojas del -

Plan Magna de Catalunya. Catalunya queda cubierta aproximadamente con 66 hojas 1:50.000. De estan han sido publicadas 17. Quedan aún unas 49 hojas 1:50.000, que a razón de unos tres millones por hoja como promedio, representarán una inversión próxima a los 150 millones. Con una perioricidad de unas 3 hojas/ año representa unos 10 millones de presupuesto anual de los cuales un 10% corresponden a información básica, es decir, 1 millón/año.

3º.- Quedan finalmente todos aquellos usuarios que no producen información geológica, pero si que la emplean en sus trabajos. Este es el caso típico en el que se encuentran actualmente la mayor parte de los municipios de Catalunya,que necesitan unos mínimos de información geológica para la ordenación y planificación de su territorio.

Este tipo de información, también es necesaria e imprescindible a la hora de intentar planificar áreas más extensas vegueria,comarca,región,provincia,hasta incluso toda Catalunya, ya que una correcta planificación de la infraestructura zonal tiene que tener en cuenta las variables geológicas.

Para que este consejo quede lo suficientemente claro,podemos dar como ejemplo el proyecto del eje transversal de Catalunya.

Es evidente, que un eje transversal de comunicaciones (entre Lérida y Gerona) tiene que tener, entre otros parámetros, un amplio conjunto de factores geológicos tales como:

1) litologia del trazado
2) morfologia del trazado
3) zonas de demanda de recursos naturales
4) zonas de producción de recursos naturales
5) parámetros geotécnicos de las áreas atravesadas
6) zonas de aprovechamiento de áridos
7) procesos geomorfológicos de cada área
8) zonas de interés geológico, etc.

Por lo tanto el banco de datos puede suministrar la información básica para un trazado geologicamente idóneo, que evidentemente ni tiene porque coincidir con un trazado social o politicamente idóneo. Es precisamente la yuxtaposición de los trazados temáticos óptimos que puede, en principio, establecer el más lógico.

Contenido informativo.-

El conjunto informativo de un banco de datos geológicos, ha de contemplar una doble vertiente; por una parte ha de servir para almacenar de forma facilmente identificable las piezas en donde se puede encontrar información geológica sobre una zona o un aspecto determinado. Estas piezas de información,son logicamente libros, artículos publicados en revistas, estudios inéditos pero abiertos a consulta pública (tesis universitarias, informes de la administración pública),estudios inéditos de carácter privado como pueden ser los informes realizados por empresas, y que aún que no sean documentos públicos,puede ser útil el conocer su existencia para evitar duplicaciones de trabajos.

La otra vertiente informática que ha de contemplar un banco de datos geológicos, consiste en datos concretos, a poder ser conmesurables, que han de poder ser identificados tanto desde el punto de vista temático como desde su localización territorial. Forman parte de este tipo de información los recursos minerales, hídricos y energéticos, o los riesgos de tipo geológico, como pueden ser los riesgos sísmicos, deslizamientos, aludes, inundaciones,etc. . . Parte de este tipo de información debido a su naturaleza, puede ser tratada desde un punto de vista estático como dinámico.

Un tratamiento estático se limita a localizar la existencia de un determinado fenómeno (por ejem. una cantera, un pozo de agua, un terremoto)calificándolo en un momento preciso de su historia. No obstante, la mayoria de estos fenómenos varian con el tiempo (las reservas explotables en una cantera,el nivel freático o capital que se puede extraer de un pozo, la posibilidad de que se produzca un nuevo terremoto en un área determinada, etc . . .) y el banco de datos habria de contemplar esta dinámica de los fenómenos geológicos,ya sea incorporando a la información la función de variación en el tiempo, o introduciendo periodicamente en el sistema todas las variaciones que se produzcan.

Un pequeño equipo de mantenimiento del banco de datos se puede cuidar de que la información estática esté al dia, limitándose a entrar en el sistema todos los nuevos fenómenos que se produzcan (apertura de nuevas canteras o minas, nuevos puntos de agua, catástrofes de tipo geológico,etc...) pero por el contrario, un sistema dinámico requiere el que el banco de datos esté en conexión permanente con los organismos en donde se registran todas las variaciones sobre un determinado fenómeno y donde basicamente se elabora la información. Sólo a tra-

vés de esta permanente interacción entre el banco de datos y los organismos que elaboran la información se puede conseguir que un sistema dinámico sea operante y que está permanente al dia.

Quizás en un principio no sea posible un sistema dinámico operante en su totalidad, pero al iniciar cualquier tipo de banco no se puede olvidar que este es el objetivo que se ha de alcanzar y que este es el objetivo hacia donde se encaminan las actuales tendencias de la informática moderna.

De una manera muy simplificada, el contenido de un banco de datos geológicos, útil y posibilista para Catalunya se podria reducir en el siguiente esquema:

- Información del banco de datos de Geologia
  - Bibliografia
  - Prospecciones y estudios realizados
  - Datos Geológicos
    - Recursos
      - Hídricos
      - Energéticos
      - Materiales para construcción
      - Primarios
    - Estructurales
      - Litologia
      - Mineralogia
      - Geotécnia
      - Sísmica
      - Procesos externos dominantes
      - Accidentes externos significativos
      - Dinámica litoral
    - Educacionales
      - Paisajes geológicos significativos
      - Elementos didácticos puntuales
    - Catálogo de puntos de interés geológico a preservar

La forma como se habria de tratar esta información, así como los términos en los que seria posible introducirla en un banco de datos, son muy variables de unas materias a otras. Algunas materias sólo necesitan un tratamiento informático adecuado para poder ser directamente utilizadas en un banco de datos automatizado, pero otros aún necsitan ser largamente elaborados y escogidos antes de ser utilizados. Por ello se tratará a continuación más detalladamente estos aspectos para cada una de las materias que forman el cuerpo informático del banco de datos.

Bibliografia.-

Durante el año 1977 se publicaron unos 200 trabajos sobre diferentes aspectos de la Geologia de Catalunya. El 50% de estos trabajos fueron publicados en revistas extranjeras especializadas, a menudo de dificil acceso, ya que no es suficiente con que las revistas se puedan consultar en las bibliotecas de Geología, sino que hace falta saber que un determinado artículo está publicado en una determinada revista, y esto sólo es posible a través de sistemas de información bibliográfica.

Sin embargo, el número de trabajos publicados en un año determinado no es muy significativo por si mismo, sino que hace falta ver que significa dentro de su tendencia evolutiva. En el añ0 1967 sólo se publicaron 50 trabajos,en el año 1969, 64 trabajos, en el año 1972, 81, en el año 1973, 120, y así hasta llegar a los 200 del año 1977. Si se mantiene la tendencia evolutiva de estos 10 años se puede preveer que en el año 1985 se publicarán unos 300 trabajos sobre datos y aspectos geológicos de Catalunya, cerca de la mitad de los cuales se publicarán en revistas extranjeras. La mayor parte de esta información se pierde para un gran número de usuarios de geologia, ya que sólo en los centros dedicados a la investigación se tiene conocimiento de la existencia de estos trabajos.

Muchos de estos trabajos, se encuentran ingresados en sistemas extranjeros de información bibliográfica, tanto clásicos como automatizados, no obstante, estos sistemas resultan de poca utilidad para el usuario que los necesita para iniciar un trabajo en un punto determinado del territorio catalán, ya sea un trabajo de prospección o de planificación territorial. Ya que, en los sistemas de información bibliográfica actualmente existentes, desde el punto de vista

territorial aparecen como correspondientes a Catalunya o bien a alguna de sus cuatro provincias, pero sin precisar más en la localización.

Para evitar esta pérdida de información y conseguir que los trabajos de investigación que sobre la Geologia de Catalunya se llevan a término sean útiles para todos sus potenciales usuarios, es necesario instrumentar un catálogo automatizado de todos los trabajos publicados (libros,revistas,monografias,)e inéditos (tesis y tesinas universitarias) que existen sobre la geologia de nuestro pais. Este catálogo habria de estructurarse en un sistema Thesaurus, que podria ser el tipo PASCAL-GEODE, puesto a punto por el BRGM y CNRS franceses,que se podria simplificar en los aspectos generales más teóricos, pero que se habrian de ampliar y adaptar a la realidad regional de Catalunya. De este modo, cada comarca (por ej. Empordá,Penedés,Vallés oriental,etc...) con cada unidad estructural mayor (por ej. Pirineo,Prepirineo,Depresión Prelitoral,etc...)habrian de tener entrada propia para su localización posterior.

Un sistema Thesaurus implica que cada trabajo en la memoria del sistema de información bibliográfica puede ser identificado por el nombre o nombres de los autores, por el año de publicación, por el título o por una serie de nombres clave ordenados jerárquicamente y del área a la que hace referencia.

Como base para este catálogo podria utilizarse el material de la biblioteca del Instituto de Investigaciones Geológicas Jaume Almera (C.S.I.C.) y de la Facultad de Geologia de la Universidad de Barcelona. En esta biblioteca,personal especializado ha recogido y fichado por autores más del 95% de los artículos y trabajos publicados que hacen referencia a la geologia de España. Desde al año 1950 todos estos trabajos han sido clasificados desde el punto de vista temático y regional, utilizando una CDU ampliada en los aspectos geológicos y regionales de España, teniendo en cuenta las unidades estructurales mayores de significación geológica.

El volumen de trabajos que desde el año 1950 hacen referencia a Catalunya es del orden de 2.300 y de antes de 1950 puede ser como máximo de 500.

Por una parte se trataria de adaptar al nuevo Thesaurus que se defina la clasificación existente de los trabajos posteriores al año 1950 que hacen referencia a Catalunya. Por otro lado, se habria de escoger cúales son los trabajos

anteriores a 1950 que hacen referencia a Catalunya y hacer la clasificación completa.

En la fase de puesta a punto, esta tarea podrá conseguirse por el trabajo durante el año de dos clasificadores y un operador de ordenador. Se podrá contar con la ayuda y orientación de los servicios de biblioteca del Instituo Jaume Almera (CSIC) donde se llevan a cabo trabajos de clasificación de bibliografia geológica española con la colaboración de IGME,BRGM y CNRS. En la fase de explotación seria suficiente el trabajo de una persona especializada como clasificador y explotador del sistema, siempre que pudiese contar con los servicios técnicos del banco para la introducción de nuevos datos.

Datos geológicos.-

Entendemos como tales, toda la información de carácter geológico tanto cuantitativa como cualitativa, que puede ser localizada en un punto determinado del territorio y que el conocimiento de su ubicación y distribución territorial puede ser de utilidad a posibles usuarios en el campo de la investigación,prospección, geotécnia, ordenación del territorio o educación. Por su naturaleza, estos datos se pueden incluir en tres grupos principales: recursos, datos estructurales y datos educacionales.

En una primera aproximación, los datos referentes a recursos pueden ser utilizados por si mismos, ya que puede ser de interés para el usuario el conocer en un área determinada con qué recursos naturales cuenta, o en la planificación de una obra o industria saber cual es la distribución dentro del pais de un recurso determinado. Pero en un trabajo serió de prospección, esta información es incompleta si no puede combinarse con otra serie de datos complementarios, que agrupados bajo el término genérico de datos estructurales, definen la estructura y composición del subsuelo. La combinación de los dos tipos de datos, puede facilitar la visualización rápida y eficaz de la relación de que tipo de recursos puede tener con la naturaleza litológica del subsuelo o con determinados accidentes geológicos. Con el tipo de información que actualmente se dispone estas relaciones muchas veces sólo pueden alcanzarse despues de un trabajo pesado de superposición de diferentes mapas y localización del fenómeno estudiado sobre los mapas. Estos mapas no siempre resultan de fácil acceso o de fácil in-

terpretación para los usuarios no especialistas.

También dentro de los datos estructurales se incluye información referente a fenómenos geológicos que pueden comportar ciertos riesgos para la ocupación del suelo, como pueden ser los movimientos sísmicos, los procesos geomorfológicos susceptibles de dar lugar a aludes y deslizamientos, o que pueden permitir el identificar las zonas de inundación periódica o esporádica, zonas de la costa con situaciones de progradación o regresión, etc.

Por último se cree que tambien puede existir un cierto número de datos geológicos útiles a los profesores de ciencias naturales y en particular a la geologia. Este grupo de datos permitiria al usuario identificar de forma fácil y rápida cuáles son los paisajes de nuestro pais que muestran un interés didáctico especial o en qué puntos determinados del territorio hay ejemplos útiles para la enseñanza práctica de la Geologia.

También como complemento de todos estos datos geológicos de interés múltiple, se habria de incluir un catálogo de puntos y lugares de interés geológigo a preservar, con información de su estatuto legal. Así, al planificar una nueva exploración o una obra pública de gran envergadura se podria, al mismo tiempo que se obtiene el resto de información geológica, saber si se afectan puntos de interés público o lugares declarados de interés geológico a preservar.

Recursos naturales.-

Comprenden todos aquellos materiales naturales que se aprovechan en un proceso industrial. Dada la gran diversidad de recursos naturales que hoy en dia se utilizan los hemos agrupado según su importancia,en:

1.- Hídricos. Las aguas subterráneas y superficiales, intimamente relacionadas entre sí, constituyen uno de los elementos más importantes para el desarrollo y al mismo tiempo, uno de los más susceptibles a los impactos de la ocupación del suelo.

2.- Energéticos. Todos aquellos que son utilizados para producir energia (carbón, petróleo,uranio,geotermia,etc)

3.- Materiales para la construcción. Abarcan todos los materiales utilizados en el campo de la construcción, ya sea directamente en el mortero,piedras ornamentales, etc., como transformados industrialmente (cemento,cerámica,etc.)

4.- Primarios. Serian todos aquellos minerales y rocas que intervienen en un proceso industrial y que no estan contemplados en los tres apartados anteriores (arenas para la industria del vidrio,baritina,etc)

La información referente a los recursos naturales se puede catalogar en cuatro apartados que corresponden al proceso lógico de su aprovechamiento.:

a).- Exploración. Abarca la investigación sobre el emplazamiento,cualidad y cantidad.
b).- Avaluación. Es la estima económica y social del recurso.
c).- Explotación. Abarca toda la información referente al tipo de explotación, cantidad explotada,etc.
d).- Campo industrial relacionado con el recurso explotado.

En principio, el fichero habria de incorporar toda esta información y además, un control temporal, entonces algunos de los recursos pueden evolucionar rápidamente en el tiempo. Como ejemplo ilustrativo de cómo podria organizarse el fichero planteamos dos posibilidades:

A.- Dividir Catalunya en cuadrículas (UTM por ejemplo) que seria la unidad básica, dentro de cada una se puede hacer constar la presencia o ausencia de todas aquellas variables que se consideren.

B.- Incorporar la información de los recursos según sus características comunes; los hídricos por un lado, los energéticos por otro,etc., y a medida que se produce la información se va añadiendo al final del fichero.

Ambos tipos tienen sus ventajas e inconvenientes; para obtener más rapidamente mapas temáticos sobre emplazamiento, tipos de recursos,etc., puede resultar más ventajoso el primer tipo, pero de cara a un control y a la búsqueda de alternativas a largo plazo, es mejor el segundo tipo.

Los dos tipos son son exclusivos, pero el tiempo máquina utilizado por el

segundo tipo para elaborar mapas tamáticos es mucho mayor y por lo tanto más costoso economicamente.

1.- Recursos hídricos.-

La información hídrica comprende una parte dinámica relacionada con la evolución del balance hidrológico a través del tiempo, y una parte estática, relacionada con las variables físicas de cada cuenca. Así, mientras los levantamientos, niveles freáticos,caudales,etc. varian en el tiempo, otros con infiltración, áreas de alimentación natural, niveles impermeables,etc. no varian o varian muy poco a lo largo del tiempo.

Un banco de datos completo de recursos hídricos, habria de incluir ambos aspectos, pero dado el coste económico que representaria la puesta al dia de las variables temporales, creemos que en una primera fase,tan sólo haria falta catalogar todos los acuíferos de Catalunya. Como ejemplo de una posible catalogación:

Nombre acuífero: Maresme
Superficie: 000 km^2; cuadriculas 00oo,00oo,00oo,
Tipo: libre, aluvial
Area de alimentación: Arenisco de los granitoides de la cordillera litoral, cuadriculas 00oo,00oo,00oo,
Situación balance: Deficitario (1976)
Demanda: 000 Hm^3 (1976)
Caudal extraido: 000 Hm^3/año
Principal tipo de contaminación: Nitratos,cloruros
Tendencia evolutiva: salinización progresiva
Vulnerabilidad: Alta
Utilización:doméstica y riego
Referencias bibliográficas: 000000000000000,000000000000,00000000000000,

Este tipo de catalogación permite conocer el emplazamiento,situación del balance, etc. y disponer de cartografias temáticas imprescindibles para la ordenación territorial.

Como fuente de información para generar el banco de datos hídricos se pue-

de utilizar el inventario de los recursos hídricos totales de la cuenca hidrográfica del Pirieno Oriental, elaborado bajo la dirección de la C.A.P.O. y el S.G.O.P. detallando y poniendo al dia algunas de las características. En lo concerniente a las regiones de la cuenca del Ebro, seria necesario contar con la colaboración de la Confederación Hidrográfica del Ebro (Zaragoza) o bien enviar una encuesta a los municipios,comunidad de regadios,etc.

En una segunda etapa y contando con la colaboración de las entidades estatales que ahora dependen del gobierno central (C.H.P.O. - C.A.P.O. - S.G.O.P.) y que llevan actualmente el control de las aguas, es posible completar el banco de datos con las variables temporales que se crean convenientes (niveles piezométricos y salinidad principalmente). De esta manera será posible determinar las lineas avolutivas generales de los acuíferos catalanes.

2.- Recursos energéticos.-

Actualmente se explotan cuatro tipos diferentes de recursos energéticos: aprovechamiento hidraúlico, carbón,petróleo y uranio.

En fase exploratoria se estan llevando a término estudios de geotermia en el límite N del Vallés y en la región volcánica de Olot.

La información sobre recursos energéticos que tendria que incluirse en un banco de datos habria que incluir:

1).- Tipor de recursos
2).- Emplazamiento
3).- Cantidad expresada en Tm o Kw
4).- Estado actual del aprovechamiento: exploración,abandonado,en explotación (Tm/año), etc.
5).- Empresa concesionaria
6).- Referencias bibliográficas (estudios realizados sobre el tema).

Como fuente informativa para generar el banco de datos de recursos energéticos se debe de tener en cuenta los trabajos realizados por organismos oficiales (Ministerio de Industria, Instituto Geológico y Minero) y empresas privadas o semiprivadas (Petroleras, estudios realizados por la banca, ADARO,CGS, etc).

3.- Recursos naturales utilizados en la construcción.-

Son recursos naturales no recuperables, pero la mayor parte de ellos se encuentran en gran cantidad y volumétricamente son los más importantes. No es entonces extraño, que su explotación produzca fuertes impactos en el medio natural (son los que generan los desequilibrios más importantes).

La información sobre estos tipos de recursos puede archivarse en la unidad de memoria por direcciones,según:

a) tipo de material explotado (yeso,calcárea, arcilla,travertino,gredas, etc.)
b) emplazamiento geográfico
c) reservas en TM
d) ramo industrial destinatario (cemento,cerámica,construcción,etc)

En las zonas explotadas próximas a las ciudades o que pueden ser posteriormente edificadas, seria conveniente añadir datos que hiciesen referencia a la profundidad de la explotación y tipo de vertido utilizado posteriormente para taparlas.

Como fuente de información para generar el banco de datos se puede utilizar la colaboración de O.P. y delegaciones de minas,estudios privados y los realizados por esta consejeria.

4.- Primarios.-

Los recursos naturales primarios en el sentido en que los hemos definido, corresponden a yacimientos minerales y rocas que forman parte de un proceso industrial no incluido en los otros apartados.Por lo tanto incluyen desde yacimientos minerales metálicos (sulfuros,sulfatos,óxidos y silicatos principalmente) hasta rocas (diatomitas, bentonitas,zeolitas,talquitas,etc.)

Como que la información de que se dispone es muy dispersa creemos que la mejor manera de integrarla dentro de un banco de datos es a través de su naturaleza, emplazamiento y evaluación de las reservas.Por ejemplo:

Baritina
Emplazamiento:cuadrícula 00,00
Reservas estimadas: 00 TM
Producción: 00 tm/año, o abandonada
Empresa . . . . . Fecha de concesión . . . . . .
Utilización: carga blanca
Bibliografia . . . . . .

Para incorporar este cuerpo informativo en el banco de datos, es imprescindible contar con la colaboración del Instituto Geológico y Minero que publica mapas temáticos de yacimientos minerales del Estado Español, de las delegaciones de minas provinciales y de los catálogos de especies minerales elaborados recientemente mediante trabajos de investigación.

Datos estructurales.-

Como ya se ha dicho, dentro de este título general se incluye información sobre la estructura de los niveles más superiores de la corteza terrestre necesaria para una correcta evaluación y prospección de recursos o para la planificación de la ordenación del territorio. Estos datos estructurales,comprenden - aspectos petrológicos y mineralógicos,geotécnicos,dinámica litoral y distintos riesgos relacionados con fenómenos de origen geológico como son los riesgos - sísmicos, de corrimientos de tierras, inundaciones y aludes.

1.- Litologia.-

La litologia o naturaleza petrológica del subsuelo, infiere muy directamente en ciertos recursos de origen geológico (canteras y minas),otros recursos - naturales (vegetación) y de fenómenos geológicos que pueden comportar determinados riesgos para la población (sísmicos,deslizamientos de tierras,etc).Por ello es necesario que la información litológica figure en el banco de datos de forma que se pueda combinar con el resto de la información existente.

La base para la información litológica del banco podria ser la del mapa geológico de España a escala 1:200.000 combinado con el mapa litológico de España a escala 1:1,000.000. Los distintos aspectos podrian entrarse en la memoria a

través de una cuadrícula de un kilómetro de lado. Esta cuadrícula necesariamente comportaria la pérdida de información en algunos sectores en donde los afloramientos son más pequeños, pero en principio una cuadrícula de este tamaño es suficiente para la mayoria de las necesidades de un banco de datos, donde no se trata de reproducir un mapa geológico o litológico,sino de relacionar la distribución de determinados fenómenos con la naturaleza litológica del subsuelo.

Los datos litológicos podrian introducirse en el banco desde el principio, ya que existe toda la documentación necesaria y su variación durante la fase de explotación del banco se puede preveer casi insignificante.

2.- Mineralogia.-

La información mineralógica es en parte similar a la litológica y complementaria de la de recursos mineros. Se trataria de entrar en el banco de datos todos los minerales que han sido encontrados en Catalunya, localizados por las coordenadas geográficas de la localidad donde han sido citadas.

Como base para esta información puede servir el catálogo de Minerales de Catalunya que Mata Perelló y Montoriol Pous han publicado en Acta Geológica Hispánica. Documentación complementaria podria obtenerse en la tesis doctoral de Mata Perelló, a punto de ser acabada.Durante la explotación del sistema se habria de tener en cuenta el ir introduciendo las nuevas citas que apareciesen.

3.- Geotécnia.-

Los datos geotécnicos son los que aportan información sobre la calidad del suelo y subsuelo desde el punto de vista de la edificación y construcción de obras públicas.

Este tipo de datos son muy escasos para el conjunto del territorio catalán, pero por el contrario son extraordinariamente abundantes en las grandes concentraciones urbanas y las diferentes empresas geotécnicas anualmente duplican y triplican la información existente sobre un mismo sector.

El tratamiento de este tipo de información es dificil ya que la mayor parte de los estudios realizados son de caracter privado,pero hay un buen número de da-

tos que son públicos puesto que los estudios han sido hechos a instancias de organismos públicos.

En un principio,en el banco de datos, los datos geotécnicos se habrian de limitar a las aglomeraciones urbanas en las que existiese información suficiente, sobre todo en el ámbito del Area Metropolitana de Barcelona, pero sin descuidar Tarragona,Lérida,Granollers,Mataró y otras ciudades donde el número de construcciones recientes es muy grande y por lo tanto la información tambien puede serlo.

La información habria de estar bastante diversificada. Por un lado, tal como se ha propuesto en el capítulo correspondiente a "Prospecciones y estudios realizados" se podria contar con la localización de las zonas donde las diferentes empresas han hecho estudios,aunque los resultados de estos estudios no se incorporasen al banco de datos. Esto posiblemente evitaria gran número de duplicaciones de trabajos idénticos sobre un mismo sector.

Por otro lado datos concretos sobre compactación, espesor de los derrumbes que se conociesen de puntos concretos de la ciudad, podrian incluirse ya en el banco de datos y por último se trataria de ir elaborando progresivamente mapas geotécnicos lo más detallados posibles,de las diferentes áreas urbanas del pais.Podria ser uno de los aspectos más importantes de todo el proceso de explotación del banco de datos.

4.- Sísmica.-

Catalunya está considerada como una zona de sismicidad media, donde por lo tanto son posibles los terremotos destructores. El único mapa de riesgos sísmicos que existe sobre Catalunya determina que hay una probabilidad del 70% de que terremotos de octavo grado (escala Mercali) se produzcan cada 75 años en Barcelona.Un movimiento de esta magnitud no solamente causaria pánico en los barceloneses como los últimos que ha habido, sino que produciria un elevado número de víctimas y destrucciones, sobre todo si no se preveen las más mínimas medidas en cuanto contrucciones antisísmicas adecuadas. Pero no sólo es la posibilidad de terremoto de gran magnitud lo que modernamente preocupa a los responsables de la ordenación del territorio, si no conocemos con preci-

sión las zonas donde son frecuentes los pequeños terremotos que pueden afectar gravemente a cierto tipo de obras hidraúlicas y construcciones como las grandes naves indutriales o las centrales nucleares.

En el banco de datos la información sísmica se habria de tratar desde dos puntos de vista:

1º)Se tendria que introducir en el banco todos aquellos terremotos históricos ocurridos, con su localización geográfica y su magnitud aproximada, e ir introduciendo todos los movimientos sísmicos que se produzcan a lo largo del año y que son publicados por el Instituto Geográfico Nacional.

2º) A base de esta información se habria de elaborar un mapa, lo más detallado posible, de las zonas sismotectónicas de Catalunya y el riesgo sísmico de cada una de ellas.

Datos geológicos educacionales y puntos de interés a preservar.-

Las características propias de la ciencia geológica obliga por una parte a mantener y potenciar los ejemplos didácticos que ofrece Catalunya y por otra parte a proteger determinados lugares o parajes por su interés para la comunidad. Ambos aspectos pueden o no coincidir.

Dentro del ámbito educacional seria necesario crear un fichero de elementos didácticos con su emplazamiento, tipo de elemento según criterios Thesaurus,y bibliografia de referencia. La elaboración de la información se podria financiar a través de ayudas económicas del I.C.E. o de los Seminarios permanentes de las universidades catalanas.

El catálogo de puntos de interés geológico a preservar tendria que abarcar todos los elementos didácticos, o al menos los ejemplos de más categoria, y los únicos. Además, tendria que incluir otros elementos de interés general para la investigación, esparcimiento,submarinismo,coleccionismo,etc.

Equipo informático para el banco de datos.-

El equipo informático tendria que contar con una unidad central de procesamiento (C.P.U.) de unos 100 Kb, con entrada para consola y para lectora de fichas perforadas. Las unidades de salida tendrian que ser a través de una impresora rápida y graficamente, ya sea rapidamente en una pantalla, ya sea lentamente a través de un plotter. En el primer caso seria muy conveniente incorporar un "hard copy" para reproducir los resultados de la pantalla.

El archivo de datos tiene que tener unidades de cintas y discos, ordenados en ficheros para cada aspecto geológico del banco. Así, se puede disponer en el caso de datos que crecerán indefinidamente (como por ejemplo la bibliografia), de cintas magnéticas, mucho más baratas, mientras que los datos correspondientes a áreas fijas, tal como recursos, litologia,etc. puede ser más útil el manejo de discos magnéticos que permiten un acceso a la información más rápido.

El presupuesto global de un equipo de estas características puede estimarse en unos 10 millones de pesetas, pero precisando que su capacidad permite trabajar en otras áreas informativas con lo que el costo real es mucho más bajo.

Estudio económico.-

Es dificil hacer un estudio económico minimamente realista para el funcionamiento de un servicio de este tipo, ya que por el momento se desconoce la infraestructura con la que se podria contar, tanto desde el punto de vista informático como en los aspectos administrativos. De todas formas se ha intentado hacer un esbozo del orden de magnitud económica dentro de la que se podria mover un banco de datos del tipo que se propone, siempre teniendo en cuenta las limitaciones que comporta una aproximación como esta.

La puesta a punto del banco de datos habria de constar de 2 etapas:

-Una primera etapa, que se estima de una duración de dos años, consistiria en la intriducción en el banco, de datos básicos para la Geologia

de Catalunya y que constituirian el cuerpo informativo central del banco..Para esta primera etapa seria necesario el trabajo de cuatro técnicos superiores (un técnico en informática y tres geológos) y tres auxiliares a técnicos medios.

-La segunda etapa,de duración limitada, corresponde a la fase de mantenimiento al dia de la información y explotación del banco de datos. En principio para esta fase seria suficiente el trabajo de dos técnicos superiores (un técnico en informática y un geólogo) y dos auxiliares. Seria necesario también un técnico especialista para la parte de bibliografia,que requiere un tratamiento bastante diferente al resto.

Gastos

a) Coste del equipo de informática

El equipo de informática necesario para el banco de datos puede obtenerse aproximadamente por unos 10,000.000 de pesetas. Este precio se puede reducir muy sensiblemente (más de un 50%)si se dispone de un ordenador grande que se pueda utilizar como unidad central y sólo se haya de añadir los periféricos propios para el funcionamiento del banco de datos (terminal gráfica inteligente,plotter,2 unidades de disco y dos lectores de cintas magnéticas).

b) Coste anual de la primera etapa

Personal		
4 técnicos superiores	7,000.000	
2 clasificadores	3,000.000	
3 auxiliares	3,500.000	
Total		13,500.000
Conservación del equipo	2,000.000	
Gastos generales	2,500.000	
Total mantenimiento y funcionamiento		4,500.000
TOTAL POR AÑO		18,000.000

c) Coste anual de la segunda etapa

Personal		
2 técnicos superiores	3,500.000	
1 clasificador	1,500.000	
2 auxiliares	2,200.000	
Total		7,200.000

Conservación equipo	2,000.000	
Gastos generales e inversiones	3,000.000	
Total mantenimiento y funcionamiento		5,200.000
TOTAL POR AÑO		12,200.000

Ingresos.-

Tal como se desprende del estudio de posibles usuarios, los ingresos como consecuencia de la explotación del banco de datos podrá ser del orden:

Pequeñas empresas	2,000.000
Grandes empresas	20,000.000
Plan Magna	1,000.000
Otros organismos	1,000.000
Total	24,000.000

Estimando que esta evaluación puede comportar un 50% de error, se puede considerar que unos ingresos anuales del orden de unos 12,000.000 de pesetas son relativamente posibles.

Nota.- Todos los costos se han evaluado en función de los precios y salarios del año 1980, por lo que resulta necesario realizar las correcciones necesarias en función de los incrementos del coste de la vida y de los años que se tarde en iniciar la puesta en a punto del banco de datos.

Conclusiones.-

La creación de un banco de datos geológicos es más que una simple catalogación de la información, permite por una parte disponer rapidamente de la información necesaria e imprescindible para una buena gestión de ordenación territorial y por otra, es un medio para abaratar muchas investigaciones, (desde la realización de mapas geológicos hasta la exploración de recursos naturales). También permite investigar entonces la intersección de diferentes conjuntos pudiendo aportar nuevas concepciones en la distribución espacial de determinadas variables (yacimientos minerales, por ejemplo).

No disponiendo la Generalitat, por el momento, de un equipo informático completo ni una terminal que se pueda utilizar para la creación del banco de datos geológicos, creemos indispensable:

A) Conseguir el equipo informático necesario, que como es lógico se puede compartir con otras Consellerias.
B) En una primera etapa encaminada a generar el banco de datos se han de abordar temas prioritarios, tales como recursos y la información irrecuperable.
C) En una segunda etapa hace falta completar el banco, así como mantenerlo.

La autofinanciación del banco de datos geológicos,tal como se desprende del estudio económico, es posible a largo plazo (mínimo tres años) a partir del momento en que se disponga del 75% de la información geológica o de la totalidad de la información referente a recursos naturales.

Finalmente, se tiene que insistir en que la demora de la creación del banco de datos comporta la pérdida de información y el encarecimiento de su puesta a punto.

EMPRESAS E INSTITUCIONES CATALANAS RELACIONADAS CON LA GEOLOGIA

1.- RELACION DE EMPRESAS.-

Con respecto a las empresas cuyas actividades, de algún modo, se relacionan con la Geologia, se ha llevado a cabo una encuesta destinada a la cumplimentación de un fichero.

Adjuntamos a continuación fotocopias de las fichas recibidas.

Existen además unas 26 empresas que no han dado respuesta a la encuesta.

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 1

NOMBRE: ANGEL PRATS VIDAL (AGUA GAR)		
DOMICILIO SOCIAL	Sepúlveda 84-86 Entlo.6ª BARCELONA	TEL.224-75-63
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
3 jefes de equipo	3 sondas a rotopercusión con aire (prof.máx. 300/350 m. Ø máx. 180 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.974

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña, preferentemente provincia de Barcelona y Tarragona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

2.000 mts.

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 2

NOMBRE : AQUA/PLAN S.A. (Sr.Riberola)		
DOMICILIO SOCIAL	Diputación 353 BARCELONA - 9	TEL. 245.57.06
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos

Su actividad fundamentalmente es la Ingenieria civil relacionada con el agua.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
20 técnicos 10 subalternos	Aparatos topográficos 2 Ordenadores

EXPERIENCIA

Fundada en 1.968.Unos 300 trabajos realizados

AMBITO DE ACTUACION

Internacional.Principalmente en España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

Unos 30 trabajos al año (70 millones ptas/año)

OBSERVACIONES

Filial de la Sociedad General de Aguas de Barcelona

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 3

NOMBRE	:ARENAS Y GRAVAS CASTELLOT S.L.	
DOMICILIO SOCIAL	Esperanto s/nº MANLLEU (Barcelona)	TEL.851.04.50
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 3 Jefes de equipo	SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión(Prof.máx. 300 m Ø máx. 350 mm) SCHOTT-DUBBON SP-800 a percusión(Prof.máx. 400 m Ø máx. 350 mm) MAVILPER M-003 (Prof.máx. 300 m Ø máx.300mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.968

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña y País Valenciano

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

3.600 mts.

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 4

NOMBRE: BUREAU D'ETUDES GEOPHYSIQUES MENARD		
DOMICILIO SOCIAL	Central: TOULON (Francia)	TEL.
	Delegación: Monterols 6-8 2º BARCELONA	TEL. 203.14.63

ACTIVIDADES

Estudios geofísicos (Sistema MENARD de resistividades reales)

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director técnico 2 Operarios	1 Milivoltímetro de corriente contínua GEO 300 1 Unidad amperimétrica GEOTRON 1 Unidad conmutadora para 10 s.e.v.múltiples

EXPERIENCIA

Fundada en 1.947. Delegación en Cataluña desde 1.970

AMBITO DE ACTUACION

Toda España, preferentemente Cataluña.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 5

NOMBRE: CATALANA DE SONDEOS Y PERFORACIONES		
DOMICILIO SOCIAL	Ctra.Tarragona s/nº Pobla de Mafumet(Tarragona)	TEL 977212345 977840303
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
3 Técnicos comerciales 2 Jefes de equipo	2 sondas SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión (Prof.máx. 250 mts, diámetro máximo 350 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.965

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente en la provincia de Tarragona.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

2.500 mts.

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 6

NOMBRE : CIMENTACIONES ESPECIALES, procedimientos RODIO		
DOMICILIO SOCIAL	Avda. Generalísimo ,20 MADRID (Central)	TEL 262.46.10
	Villarróel 200 BARCELONA (Delegación)	TEL. 250.79.83

ACTIVIDADES

Construcción de pozos
Construcción de sondeos
Estudios geotécnicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
900 personas (150 titulados)	Sondas a rotación directa con agua para construcción de sondeos. Sondas a rotación, con circulación inversa para construcción de pozos.

EXPERIENCIA

Fundada en 1.936

AMBITO DE ACTUACION

España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

100.000 metros

OBSERVACIONES

Su labor principal, está dedicada a la ingeniería civil

FECHA: Marzo de 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 7

NOMBRE :CITEC S.L.		
DOMICILIO SOCIAL	Aribau 324 6º BARCELONA	TEL.209.75.22
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de sondeos

Construcción de Penetrómetros

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 2 Ingenieros industriales 1 Econocmista 1 Ingeniero Técnico 55 Operarios	2 sondas a rotación directa con agua.(Prof. máx. 150 m Ø máx. 180 mm). 1 Penetrómetro. "GOUDA"

EXPERIENCIA

Fundada en 1.945

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña y Aragón

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

15.000 m

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 8

NOMBRE	:COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS (C.G.S.)	
DOMICILIO SOCIAL	Central:Corazón de Maria 15 MADRID	TEL. 416.85.50
	Delegación:Diagonal 376-78 1ºA BARCELONA-37	TEL. 258.04.94

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos
Estudios geotécnicos
COnstrucción de sondeos
Construcción de pozos
Estudios geofísicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
24 Geólogos 12 Ingenieros de minas 2 Químicos 13 Ingenieros técnicos	(Ver Intercalar nº 1)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.967

AMBITO DE ACTUACION

España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

420.000.000 de pesetas

OBSERVACIONES

Se dedican también a la construcción de sondeos para minería y petroleo

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 9

NOMBRE	:DURET & REBER ESPAÑA S.A.	
DOMICILIO SOCIAL	Central:CH-1211-GRANGE-CANAL GENEVE (SUIZA)	TEL.022356815
	Delegación:Diagonal 376-8 1º BARCELONA	TEL.258.04.94

ACTIVIDADES

Estudios geofísicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
2 Geólogos 1 Ingeniero técnico de Minas 5 Auxiliares	(Ver Intercalar nº 1)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.970

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

80 estudios

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 10

NOMBRE: E.A.C.A.I.		
DOMICILIO SOCIAL	Raset 21-23, BARCELONA - 21	TEL: 211.95.91
		TEL.

ACTIVIDADES

Análisis químicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
2 químicos	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.968

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente Cataluña y Levante.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

> 1.000 análisis.

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 11

NOMBRE : EDAFOS (Sr.Danés)		
DOMICILIO SOCIAL	Pallars 65-75 bajos 2ª BARCELONA -18	TEL. 300.22.57
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
2 técnicos: 1 Ing.Caminos; 1 técnico sin título 3 Administrativas 1 Encargado laboratorio 1 Encargado de taller 3 Sondistas/2 Ayudantes	"Cibeles" C-60 (Hidráulica).Con helicoidal hasta 30 m de profundidad y con bateria hasta 250 m "STENVICK"(neumática con martillo).Hasta 40 m profundidad. Máquina de sondeos horizontal hasta 600 m Ø y 40 m de longitud Penetrómetro Borro (marca Edafos)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.977. 250 estudios realizados

AMBITO DE ACTUACION

Toda España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

10.000 m/año

OBSERVACIONES

FECHA : Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 12

NOMBRE: FACOVESA S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	Lauria 155 1º1ª BARCELONA	TEL. 217.64.97 75.89
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director Comercial 1 Geólogo	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.974

AMBITO DE ACTUACION

Fundamentalmente provincia de Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

10 estudios

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 13

NOMBRE : FONDEDILE S.A.E. (Sr.Pla Drack)		
DOMICILIO SOCIAL	Central en Madrid:Núñez de Balboa 120 5º D	TEL. 262.29.92
	Delegación Cataluña:Consejo de Ciento 83 5º (Barcelona)	TEL. 325.47.95

ACTIVIDADES

- Captación de aguas,prospección geofísica,sistemas de reconocimiento y análisis del terreno.
- Tratamiento del terreno.
- Pilotes y Encepados.
- Pantallas

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
4 Ingenieros graduados	34 Sondas rotativas
6 Ingenieros técnicos	1 Equipo perforación I-3
11 Técnicos especializados de obras	1 Equipo perforación Herculino
62 Obreros	3 Equipos Kelly
6 Administrativos	8 Kynos,1 Hidromag,1 Nordest,1 Poclain, 1 Lima,1 Manitowoc,3 Priestman,30 bombas etc.

EXPERIENCIA

Fundada en 1.972.

AMBITO DE ACTUACION

En toda España,

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

180 millones de pesetas.

OBSERVACIONES

Delegación en Levante.Oficinas en Italia (5),Londres,París y Atenas

FECHA:Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 14

NOMBRE : GEOS S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	Avda.de Burgos 14 MADRID (Central)	TEL.202.05.46/7
	Gral.Mitre 3, 1º4ª. Barcelona (Delegación)	TEL.203.51.78

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos.

Ensayos de laboratorio.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
3 Ingenieros de Caminos 1 Ingeniero Industrial 2 Geólogos 4 Ingenieros técnicos	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.970

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

200 estudios

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 15

NOMBRE	:GEOTECNIA,Geólogos Consultores - GEOCONSULTING S.A.	
DOMICILIO SOCIAL	Diagonal 376-78 1º E - 3º A BARCELONA-37	TEL. 258.04.94 258.04.89
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos.
Estudios hidrogeológicos.
Estudios geofísicos (eléctrica)
Sondeos para geotecnia.
Penetros.
Ensayos de laboratorio.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
6 Geólogos 1 Ingeniero técnico de minas 1 Técnico en sondeos	(Ver Intercalar nº 1)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.964

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente en Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

100 Estudios hidrogeológicos.150 Estudios geotécnicos. 300 m de sondeo. 6.000 m de penetros.150 sondeos eléctricos.

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 16

NOMBRE: GEOTECNIA STUMP			
DOMICILIO SOCIAL	Arturo Soria 102 MADRID -27 (Central)		TEL 408.15.18
	Gral.Mitre 3 1º4ª BARCELONA (Delegación)		TEL. 203.51.78

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos.

Construcción de sondeos.

Construcción de penetros.

EQUIPOS

PERSONAL Técnico:	MAQUINARIA
1 Ingeniero de Caminos 1 Geólogo 3 Ingenieros técnicos 1 Jefe de compras	15 sondas XF 90H CRAELIUS a rotación directa con agua y bentonita. 2 sondas Esina a rotación directa con agua y bentonita. 2 sondas MOBIL-DRILL a rotación directa con agua. 1 Penetrómetro Borro I.S.S.A.

EXPERIENCIA

Fundada en 1.968

AMBITO DE ACTUACION

Baleares y Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

140.000.000 de pesetas.

OBSERVACIONES

Su labor principal está dedicada a la Ingeniería Civil

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 17

NOMBRE: ILME Ingenieria		
DOMICILIO SOCIAL	Travesera de Gracia, 3 BARCELONA.	TEL. 200.63.41
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero Industrial	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.973

AMBITO DE ACTUACION

Especialmente Barcelona capital

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

10 estudios

OBSERVACIONES

Su labor principal está dedicada a proyectos de industrias

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 18

NOMBRE : INSTITUO DE QUIMICA BIO-ORGANICA (C.S.I.C.)		
DOMICILIO SOCIAL	Jordi Girona Salgado s/nº . Barcelona - 34	TEL.204.06.00
		TEL.

ACTIVIDADES

Análisis químicos (Orgánica)

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
5 Químicos 1 Laborante	

EXPERIENCIA

Realizan análisis desde 1.973

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

100 análisis.

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 19

NOMBRE	:INTECSA	
DOMICILIO SOCIAL	Central:Condesa de Venadito 1 MADRID -27	TEL. 404.40.00
	Delegación:Compositor Beethoven 15 BARCELONA	TEL. 322.09.11

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeolólicos

Estudios geotécnicos (ensayos de laboratorio)

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
200 técnicos	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.965

AMBITO DE ACTUACION

En toda España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

1.889.000.000 de Ptas.

OBSERVACIONES

Se dedican preferentemente a la ingenieria civil

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 20

NOMBRE: INTEMAC S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	Monte Esquinza 30 4ºD MADRID -4 (Central)	TEL.
	Pasaje Busquets,37 CORNELLA (BARCELONA)(Delegación)	TEL 377.43.58. 377.43.62

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos.

Ensayos de laboratorio (Geotecnia)

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
8 INgenieros de Caminos 1 Abogado 1 Economista 7 Ingenieros técnicos caminos. 2 Ingenieros técnicos industriales 1 Arquitecto técnico.	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.967

AMBITO DE ACTUACION

España.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

30 obras de cierta importancia

OBSERVACIONES

Es laboratorio oficialmente homologado por el M.O.P.U.

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 21

NOMBRE: KRONSA		
DOMICILIO SOCIAL	Central: Comandante Zorita 2, 4º MADRID	TEL. 254.94.00
	Delegación: Balmes, 152 3º5ª BARCELONA	TEL. 218.05.00

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos
Estudios geotécnicos.
Ensayos de laboratorio
Construcción de sondeos
Construcción de pozos
Construcción de pozos radiales

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
19 Ingenieros 38 Ingenieros técnicos 22 Jefes especialistas 324 Especialistas de diferentes categorias	31 sondas ligeras (Prof.máx. 150 mts Ø máx. 150 mm) 48 sondas medias (Prof.máx. 750 mts Ø máx. 300 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.927

AMBITO DE ACTUACION

España

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

Su labor principal está dedicada a la ingenieria civil.

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 22

NOMBRE: LABORATORIO DE ANALISIS DR.OLIVER RODES		
DOMICILIO SOCIAL	Consejo de Ciento 306. BARCELONA	TEL. 317.14.43
		TEL.

ACTIVIDADES

Análisis químicos.

Análisis bacteriológicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Farmacéutico 1 Químico 1 Bacteriologo 4 Operarios laborantes	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.902

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña preferentemente y resto de España.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

Más de 1.000

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo de 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 23

NOMBRE : LICENCIAS E INGENIERIA S.A. (LINSA)		
DOMICILIO SOCIAL	Central:Pso.Castellana 82 MADRID	TEL.
	Delegación:Ciudad de la Asunción 26 H (Barna)	TEL.345.67.41

ACTIVIDADES

Alquiler de bombas FLYGT, para aforos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
80 personas (técnicos,mecánicos, administrativos)	Equipos de bombeo completos de 1 a 122 Cv de potencia

EXPERIENCIA

Fundada en 1.969

AMBITO DE ACTUACION

En toda Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

También venden equipos de bombeo

FECHA:Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 24

NOMBRE : MIGUEL XARTO S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	Rubio y Ors 146 CORNELLA (BARCELONA)	TEL. 377.00.29
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos (Especialidad en Cuaternarios detríticos)
Construcción de pozos radiales
Aforos y desarrollos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director técnico 2 Jefes de equipo	(Ver Intercalar nº 1)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.920

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincias de Barcelona y Gerona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

1.500 mts/año

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 25

NOMBRE : NIÑEROLA RECONOCIMIENTOS GEOFISICOS (Sr.Niñerola)		
DOMICILIO SOCIAL	Escorial, 36 1º 8ª	TEL. 219.77.89
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios geofísicos para agua, ingeniería de obras públicas y canteras.

Estudios Hidrogeológicos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
3 Técnicos 5 Colaboradores	Equipos corriente eléctrica.2 geotrón Sísmica.Bisón 1570 - B

EXPERIENCIA

Año fundación : 1.969 1.000 estudios realizados

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña fundamentalmente.Resto de España.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

100 estudios año

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 26

NOMBRE : OFINA DE GESTION MINERA (Sr. Viñals)		
DOMICILIO SOCIAL	Ginesta 19, 1º GERONA	TEL. 972.21.3864
		TEL.

ACTIVIDADES

Hidrogeología

Análisis de aguas

Estudios mineros y permisos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero técnico de Minas 1 Químico.	Ninguna (Subcontratan)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.976. Realizados 150 estudios y 400 proyectos y legalizaciones.

AMBITO DE ACTUACION

Gerona principalmente y resto de Cataluña.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

Unos 50 estudios año.

OBSERVACIONES

Delegación en Ripoll:Ctra.Ribas 58 bajos (Gerona).Telf.701768

FECHA:Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 27

NOMBRE: OFITEC (OFICINA TECNICA DE GEOLOGIA)		
DOMICILIO SOCIAL	Lasauca 8 ático FIGUERAS (GERONA)	TEL. 972.505126
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos

Estudios geotécnicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Geólogo	Sonda para construir sondeos para geotecnia Equipo de bombeo

EXPERIENCIA

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincia de Gerona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 28

NOMBRE :OSONA S.L.		
DOMICILIO SOCIAL	Virgen del Pont,23 RODA DE TER (Barcelona)	TEL. 854.07.51
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de sondeos

Construcción de pozos

Desarrollos de pozos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 2 Jefes de equipo	- INGERSOLL-RAND rotopercusión P4W(Prof.máx. 400 m Ø máx.200 mm) para sondeos. - SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión(Prof.máx. 350 m Ø máx. 300 mm).

EXPERIENCIA

Fundada en 1.972

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincias de Gerona y Barcelona.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

En sondeos: 13.000 m/año

En pozos: 1.000 m/año

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 29

NOMBRE :	PAYMA (Sr. Gómez)	
DOMICILIO SOCIAL	Poblet, 58. Sta.Maria de Montcada. (Barcelona)	TEL. 564.31.57
		TEL.

ACTIVIDADES

Control de calidad de hormigones,pavimentos, hierros etc..
Ensayos de laboratorio, mecánica de suelos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
3 Técnicos. 4 Laborantes. 1 Administrativo	Edómetro. Triaxial. Máquinas de ensayos a compresión

EXPERIENCIA

Fundada en 1.971

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 30

NOMBRE : PERFORACIONES BATLLE		
DOMICILIO SOCIAL	Conde Vallellano,125 4º4ª TARRAGONA	TEL. 21.88.34
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director Comercial 2 Jefes de equipo	Sonda SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión (Prof.máx.300 m Ø máx.350 mm) Sonda SCHOTT-DUBBON SP-200 a percusión (Prof.máx. 150 m Ø máx. 350 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.973

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincia de Tarragona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

2.600 mts.

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 31

NOMBRE : PERFORACIONES DURAN		
DOMICILIO SOCIAL	Mas Guemol 14,Calle Remei BAÑOLAS (GERONA)	TEL. 57.07.71
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
2 Directores Comerciales 2 Jefes de equipo	1 Sonda SPEED-STAR 71 a percusión(Prof,máx. 250 m Ø máx. 400 mm). 1 Sonda MOVILE-DRILL a rotopercusión con aire (Prof.máx.150 m Ø máx. 200 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.975

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincia de Gerona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

1.200 mts (SPEED-STAR)

3.600 mts (MOVILE-DRILL)

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 32

NOMBRE	:PERFORACIONES LUJAN	
DOMICILIO SOCIAL	Rambla de la Pau 109 5º2ª VILANOVA I LA GELTRU (Barcelona)	TEL. 893.29.26
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director comercial 1 Jefe de equipo	SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión (Prof.máx. 300 m Ø máx. 350 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.977

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña, preferentemente provincia de Barcelona y Tarragona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

1.500 mts

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 33

NOMBRE : PERFORACIONES URGELL S.L.		
DOMICILIO SOCIAL	Balmes 34 1º LERIDA	TEL. 24.48.00
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
	Sonda SCHOTT-DUBON SP-400 a percusión (Prof.máx. 300 mts Ø máx. 350 mm)

EXPERIENCIA

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente Lerida y Tarragona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 34

NOMBRE : PICA BASAN S.L.		
DOMICILIO SOCIAL	Casa "Gotsens".S.Pere Salavinera BARCELONA	TEL.869.85.07
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 1 Técnico comercial 3 Jefes de equipo	3 sondas MAVILPER a percusión (Prof.máx. 300 mts. Ø máx. 350 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.970

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña, preferentemente provincias de Lerida y Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

5.000 mts.

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 35

NOMBRE : PROAGUA		
DOMICILIO SOCIAL	Balmes 278 Pral. 1ª BARCELONA	TEL.228.52.86
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero Industrial 1 Geólogo	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.978

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña, preferentemente provincia de Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

20 estudios

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 36

NOMBRE : S.A. ABASTAGUA		
DOMICILIO SOCIAL	Via Augusta 143 3º1ª BARCELONA	TEL. 209.67.66
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Director comercial Como colaboradores: 1 Geólogo 1 Ingeniero de Caminos	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.977

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente Cataluña

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

10 estudios

OBSERVACIONES

Su labor principal, está dedicada a los abastecimientos de agua.

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 37

NOMBRE : SALSENCH MUNTE		
DOMICILIO SOCIAL	Sol, 8 MONT-ROIG (TARRAGONA)	TEL. 83.71.26
		TEL.

ACTIVIDADES

Ensayos de bombeo

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
2 Operarios	5 Equipos de bombeo con potencias entre 10 y 50 CV.

EXPERIENCIA

Fundada en 1.980

AMBITO DE ACTUACION

Provincia de Tarragona.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 38

NOMBRE: SERHID S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	Avda. Meridiana 278 BARCELONA	TEL. 340.41.04
		TEL.

ACTIVIDADES

Aforos de captaciones

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 1 Encargado 7 Operarios	10 Equipos de bombeo de 10 a 90 CV de potencia (PLEUGER)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.969

AMBITO DE ACTUACION

Provincia de Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

75 aforos

OBSERVACIONES

Su labor principal es la venta de equipos de bombeo

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 39

NOMBRE	:SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS	
DOMICILIO SOCIAL	Central:Avda.Portugal 81 MADRID-11	TEL.464.08.08
	Delegación:Beethoven 15 BARCELONA	TEL.250.58.60

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos

Estudios de cimentaciones y correcciones de terrenos

Construcción de sondeos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero Caminos (Director) 3 Geólogos 1 Ingeniero Industrial 1 Ingeniero técnico Obras Públicas	4 Zaragozas a rotación e hinca (Prof.100 m) 3 Long-Year a rotación (Prof. 300 m) 3 Equipos de hinca

EXPERIENCIA

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña principalmente

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA : Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 40

NOMBRE : SIPSA (Sr.Fornells)		
DOMICILIO SOCIAL	Avda.Puerta del Angel 24. Barcelona	TEL. 318.38.82
		TEL.

ACTIVIDADES

Investigaciones de geotermia y petrolíferas.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
4 Técnicos	Ninguna (Subcontratan)

EXPERIENCIA

Fundación 1.946.En Cataluña han construído 11.000 m de sondeo.

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña,principalmente en Gerona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 41

NOMBRE	:SONDESA S.A.	
DOMICILIO SOCIAL	Muntaner 428, 5º1ª BARCELONA	TEL. 211.66.85
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

COnstrucción de sondeos para geotecnia

Estudios geotécnicos

Ensayos de laboratorio

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero Industrial 1 Geólogo 1 Aparejador 2 Jefes de equipo	Sonda "FORACO" a percusión con aire(Prof.máx. 130 m Ø máx. 180 mm) Sonda MOBILE-DRILL B-40 a rotación con barrena helicoidal (Prof.máx. 60 m Ø máx.90mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.967

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincia de Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

500 mts en pozos. 5.000 mts en sondeos

OBSERVACIONES

FECHA :Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 42

NOMBRE : TOAM -ATIL S.A.		
DOMICILIO SOCIAL	San Ildefonso 33 bis,bajos BARCELONA	TEL.311.17.06
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios hidrogeológicos

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Ingeniero Caminos 1 Ingeniero Técnico	

EXPERIENCIA

Fundada en 1.928

AMBITO DE ACTUACION

Preferentemente provincia de Barcelona

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

25 estudios

OBSERVACIONES

Se dedican también a topografía

FECHA : Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 43

NOMBRE: TRANSO S.L.		
DOMICILIO SOCIAL	Rambla Pirncipal 59 VILANOVA I LA GELTRU(Barna)	TEL. 893.02.12
		TEL.

ACTIVIDADES

Construcción de pozos.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
1 Gerente 1 Técnico comercial 4 Jefes de equipo	2 sondas SCHOTT-DUBBON SP-400 a percusión (Prof.máx.300 m Ø máx. 400 mm) 2 MAVILPER M-003 a percusión (Prof.máx. 300 m Ø máx. 400 mm)

EXPERIENCIA

Fundada en 1.966

AMBITO DE ACTUACION

Cataluña y Levante. Preferentemente provincia de Barcelona y Tarragona.

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

3.000 mts.

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 44

NOMBRE: UNIVERSIDAD DE BARCELONA		
DOMICILIO SOCIAL	Facultad de Físicas. Departamento Física del Cosmos (Sr. Correig)	TEL. TEL. 330.73.11

ACTIVIDADES

Investigación de métodos para la interpretación de las medidas geofísicas (principalmente eléctrica)

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
	3 equipos de sísmica de refracción para estudios a gran escala (no de detalle)

EXPERIENCIA

De gabinete

AMBITO DE ACTUACION

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS FICHA Nº 45

NOMBRE : UNIVERSIDAD DE BARCELONA		
DOMICILIO SOCIAL	Facultad de Geología. Departamento Petrología	TEL. 302.66.33
	(Geoquímica) (Sr. Vaguer)	TEL.

ACTIVIDADES

Análisis químicos normales y de elementos trazas.

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
	Los aparatos ordinarios de todo laboratorio y además un colorímetro, un aparato de absorción atómica (para cationes y sílice) y un aparato de electródos específicos (para aniones)

EXPERIENCIA

En determinaciones de aniones y cationes normales y además SiO_2, NH_3, F, Li, Rb, Sr, Ba, Zn, DBQ, DQO etc...

AMBITO DE ACTUACION

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

Escaso

OBSERVACIONES

Los análisis los efectua el Servicio de Análisis químicos de la Facultad de Geología y el personal pertenece al departamento de Petrología

FECHA : Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

DATOS ADMINISTRATIVOS

FICHA Nº 46

NOMBRE: UNIVERSIDAD DE BARCELONA (Sr.Valenciano y Sr. Casas)		
DOMICILIO SOCIAL	Facultad de Geología.Departamento Prospección	TEL. 302.66.33
		TEL.

ACTIVIDADES

Estudios geotécnicos

Prospección geofísica

EQUIPOS

PERSONAL	MAQUINARIA
	1 Penetrómetro Aparatos para ensayos de laboratorio (suelos) 1 aparato de geofísica eléctrica 1 aparato de sísmica de refracción 1 aparato de gravimetría 1 magnetómetro de protones

EXPERIENCIA

AMBITO DE ACTUACION

VOLUMEN ANUAL DE TRABAJO

Escaso

OBSERVACIONES

FECHA: Marzo 1.980 PUESTO AL DIA

RELACION DE INSTITUCIONES.-

Se ha mandado un cuestionario a las instituciones y organismos oficiales relacionados con la Geologia en Catalunya. Adjuntamos a continuación un resumen de las respuestas a este cuestionario. Existen además cuatro Departamentos Universitarios que todavia no han dado respuesta.

1.- Centro.- Departamento de Cristalografia y de Mineralogia, Granvia,585,Barcelona.

2.- Personal científico.-

- Manuel Font Altaba, catedrático
- Joaquin Montoriaol Pous, agregado
- Carlos de la Fuente Cullell, Prof. adjunto
- Salvador Galí Medina, Prof. adjunto
- Joaquin Nogues Carulla, Prof. adjunto
- Javier Solans Huguet, Prof. adjunto
- Miguel Angel Cuevas Diarte, Prof. adjunto
- Eugenia Estop Graeels, Prof. ayudante
- Marius Vendrell Saz, Prof. adjunto
- Carlos Ayora Ibañez, Prof. ayudante
- Esperanza Tauler Ferre, Prof. ayudante
- Salvador Martinez Manent, ayudante
- Magdalena Aguilo Diaz, Prof. ayudante
- Lluis Artus Surroca, Prof. Ayudante.

3.- Personal técnico.-

- técnico diplomado en gemologia
- mozo de laboratorio

4.- Equipo.-

- Difracción de Rayos X-Identificación de materiales i minerales,gran capacidad.
- Equipo de alto vacio y alta temperatura acoplado al difractómetro.
- Difractómetro de rayos X de cristal sencillo-estructuras moleculares cristalinas.
- Equipo de análisis térmico diferencial (A.T.D.),identificación de fases y material.

- Equipo de microcalorimetria, cálculo de calores de reacción.
- Equipo de análisis de tierras, identificación de tierras.
- Fotomicroscopio y equipo completo de accesorios,estudio óptico y fotomicrografia de materiales.
- Microscopio fotométrico M.P.M., estudio cuantitativo de las reflectancias i transmitencias.
- Microvideomat, estereometria para estudio de depósitos minerales, cuantitativa de fases.
- Equipo completo para la obtención de secciones pulidas, estudio de minerales.
- Equipo de fluorescencia de rayos X, determinación de la composición química.
- Equipo de mineralogia de campo, estudio de depósitos minerales.

5.- Lineas de investigación.-

-Estudio de las estructuras molecular y cristalina de materiales.
- Estudio de los depósitos minerales de Catalunya (Bellmunt de Ciurana, Pont de Suert, Cardona y Suria, Ossor, Papiol, Vall de Ribes, etc).
- Estudio óptico de materiales absorbentes.
- Estudio del color de los materiales.
- Identificación de fases minerales y estudio de reacciones en estado sólido.
- Estudio térmico de aleaciones y minerales.
- Estudio de gemas.
- Estudio de óxidos dobles de metales en transición.
- Estudio de las mineralizaciones de la Vall de Ribes
- Análisis térmico y calorimétrico de aleaciones orgánicas
- Estudio de las tierras cerámicas de Catalunya.
- Estudio de las propiedades de las vermiculitas
- Estructura molecular y cristalina de complejos de metales de transición.
- Optica de semiconductores
- Color de minerales y gemas
- Identificación de fases minerales y de materiales para Rayos X y óptica A.T.D.
- Recopilación de todas las localidades minerales y depósitos minerales conocidos en Catalunya (Puesta al dia del libro de Thomas).

1.- Centro.- Departamento de Prospección Geológica y Geofísica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Barcelona. Gran Vía, 585, Barcelona-7,

2.- Personal científico.-

- Manuel Viladevall Solé, Prof. agregado y Director del Departamento.
- Alberto Casas Ponsati, Prof. adjunto.
- Antonio Valenciano Horta, Prof. adjunto.
- José Luís Roca Juarez, Prof. ayudante
- Javier Font Cisteró, Prof. ayudante.

3.- Personal técnico.-

- Administrativo
- Elaborante

4.- Equipo.-

- Equipo Geoeléctrico GEOTRON.Mod. 5 alimentado con 2 baterias, para Prospección eléctrica del subsuelo aplicable a Hidrogeologia, Mineria Geotécnica.
- Potenciómetro de Prospección Eléctrica Mod. CAGNIARD.
- Magnetómetro de campo Total GEOMETRIX, para Prospección Minera,Geologia Estructural.
- Magnetómetro de campo Vertical JALANDER.
- Gravímetro SCINTREX CG-2, para Prospección Gravimétrica (Minera,Geotecnia, Hidrogeologia, Arqueologia.
- Sismógrafo de Refracción 12 canales y registro fotográfico,para Prospección sísmica (Estructural, Mineria,Hidrogeologia,Geotecnia).
- Sismógrafo de Refracción SOILTEST INC. Mod-5, para prospección sísmica de poca profundidad.
- Scintilómetro de Rayos Gamma SCINTREX GAD -1,multicanal, para Prospección de materiales radioactivos y cartografia geológica.
- Platina Calentable para estudio de inclusiones fluidas Mod. CHAIXMECA, para Prospección y estudio de menos de F,Ba,Pb,Zn,Cu,W,etc.

5.- Lineas de investigación.-

- Prospección Geológica y Geofísica.
- Mapa Metalogenético 1:200.000 de Catalunya y Mapas a escala similar Gravimétrico y Magnético.
- A medio y largo plazo, Confección de Mapas Metalogenéticos 1:50.000 y delimitación para una futura explotación minera.

1.- Centro.- Departamento de Estratigrafia y Geologia histórica,Facultad de Geologia, Universidad Central de Barcelona, Gran Vía,585, Barcelona.

2.- Personal científico.-

- Oriol Riba i Arderiu, catedrático.
- Salvador Reguant Serra, prof. agregado
- Jordi Serra Raventós, prof. adjunto.
- Miguel Vilaplana Abadal, prof. adjunto.
- Pedro Anadon Mozon, prof. adjunto
- Maria Marzo Carpio, prof. adjunto
- Fernando Colombo Pinyol, Prof. ayudante.
- Pedro Busquets Buezo, prof. ayudante
- Lluis Cabrera Perez, prof. ayudante

3.- Personal técnico.-

- Auxiliar
- mozo de laboratorio

4.- Equipo.-

- Laboratorio fotográfico
- Laboratorio de sedimentologia
- Equipo de microscopia, binoculares

5.- Lineas de investigación.-

- Estudio estratigráfico y sedimentológico del Terciario de la Depresión del Ebro.
- Idem de la Depresión Central Catalana.
- Idem en Mallorca.
- Series detríticas del Triásico
- Biostratigrafia del Terciario y Cuaternario.
- Geologia Marina.
- Colaboración con el IGME, en el Plan MAGNA.
- Trabajos básicos para el estudio sedimentológico de esquistos bituminosos de Catalunya.
- Trabajos de sedimentologia para un estudio de uranio sedimentario en Catalunya.
- Trabajos de sedimentologia costera, para Obras Públicas, Obras de los Puertos de Catalunya. Defensa contra la erosión.

1.- Centro.- Departamento de Petrologia,Univesidad Autónoma de Barcelona,Facultad de Ciencias, Bellaterra (Barcelona).

2.- Personal científico.-

- Francisco J. Martinez, Prof. agregado.
- Ignacio Gil Ibarguchi, prof. adjunto.

4.- Equipo.-

- 2 microscopios ORTHOLUX (leitz) de investigación aquipados con luz transmisible y todos los accesorios necesarios para el estudio de minerales y rocas.
- 19 microscopios STANDARD KL-14 (zeiss)
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perking-Elmer modelo 703 (será operativo en febrero 1980).

5.- Lineas de investigación.-

- Estudio petrológico del macizo de las Guillerias y de otros macizos metamórficos de Catalunya.
- Metamorfismo y evolución geológica del macizo de Cabo Ortegal y áreas relacionadas (Coruña-Galicia).
- Equilibrios minerales y su significado geológico.
- Mapas geológicos 1:50.000 (MAGNA) de Gerona (39-13).

1.- Centro.- Departamento de Geotectónica,Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.

2.- Personal científico.-

- M. Julivert, catedrático
- Mº L. Arboleya, prof. adjunto
- H. Durán, becario

3.- Personal técnico.-

- un laborante

4.- Equipo.-

- Un microscopio de investigación
- Microscopios para los alumnos (en común Cristalografia y Petrologia)
- Archivo de fotografias aéreas (en común con el resto del Departamento).
- Archivo cartográfico.

5.- Lineas de investigación.-

- Estudios sobre la estructura de la cadena Herciniana.
- Estudios teóricos sobre sobreimposición de estructuras.

1.- Centro.- Museo municipal de Geologia (Museu Martorell), Parque de la Ciudadela, s/n, Barcelona.

2.- Personal científico.-

- Dr. Alfredo San Miguel Arribas, director del Museo
- Dr. Alicia Masriera Gonzalez, Conservador técnico,Director de la Sección (mineralogia,Petrologia) del Museo.
- D. Carlos Curto Mila, conservador técnico.
- D. Julio Gomez-Alba Ruiz, conservador técnico.

4.-Equipo.-

- Microscopios (1 fotomicroscopio Zeiss, 1 Aristophot Leitz, 2 microscopios polarizantes normales, 1 lupa binocular).
- Equipamiento mínimo para hacer estudios de sedimentologia de arenas.
- Máquina de cortar rocas.
- Algunos aparejos de proyección audiovisual.
- Equipamiento para macrofotografia.

5.- Lineas de investigación.-

- Mejora del Museo en sus aspectos didácticos.

1.- Centro.- Instituto Provincial de Paleontologia dependiente de la Excma. Diputación Provincial de Barcelona, c/Escuela Industrial,23, Sabadell.

2.- Personal científico.-

- Miguel Crusafont, Director
- José Vicente Santafé, Subdirector
- Jose´Gibert Clols, colaborador
- Lourdes Casanovas Cladellas,colaborador
- Abelardo Sainz de Siria, colaborador
- J.Mª Golpe Posse, colaborador
- Jorge Agustí, colaborador
- Salvador Moya, colaborador

3.- Personal técnico.-

- un obrero especializado
- un preparador

4.- Equipo.-

- 3 lupas
- 1 Land-Rower
- 3 tamices para prospección micromamíferos
- 2 motobombas para prospección micromamíferos
- Los equipos para la prospección de micromamíferos estan completos. Para el estudio de micromamíferos falta una cámara clara, disponiéndose del resto.

5.- Lineas de investigación.-

- Macromamíferos
- Mecánica funcional
- Micromamíferos
- Reptiles e icnitas
- Paleobotánica

Por lo que se refiere a micromamíferos las directrices de trabajo abarcan los siguientes ámbitos:

- Bioestratigrafia de las cuencas Neogenas.
- Correlaciones marino-continentales.
- Estudio taxonómico de varios grupos de micromamíferos.
- Paleobiogeografia del Neogeno y Cuaternario
- Situación de las zonas de Mein (MN) en la escala cronológica absoluta.

1.- Centro.- Departamento de Geodinámica Externa i Hidrogeologia, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.

2.- Personal científico.-

- José Trilla, Jefe del Departamento
- Luís Palli, Prof. adjunto
- Mario Zarroca, Prof. adjunto
- Miguel Sanz, becario
- Juan Bach, Encargado de curso
- Juan Estalrich, colaborador.

3.- Personal técnico.-

- una persona para preparación de muestras de trtio 14C; contaje y cálculos de contenidos.

4.- Equipo.-

- Análisis químicos de iones disueltos en agua, mediante espectrofotómetro y absorción atómica.
- Detección isótopos radioactivos de emisión de partículas beta de baja energia. Isocap 300 (nuclear Chicago) 300 muestras de medida programable. Equipo de geofísica sondeos eléctricos verticales. Fabricación propia 1 Km de linea de emisión.

5.- Lineas de investigación.-

- Geologia aplicada en franja externa: Mecánica de suelos, procesos activos en superficie hidrogeológica (cantidad de agua, calidad de agua). Cartografia temática.
- Nivel conceptual: leyes del ciclo de agua utilizando trazadores naturales (isótopos). Observaciones sistemáticas, ensayos y aplicación de modelos.

1.- Centro.- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. C/ Gorge Girona Salgado, 31, Barcelona.

2.- Personal científico.-

- Eduardo Alonso Perez de Agreda, Dr. Ingeniero de Caminos, Director de la Escuela, catedrático de Geotecnia.
- Jaime Santos Miñon, Ingeniero Caminos, catedrático Geotecnia.
- Juan Casanovas Rodriguez,Ingeniero Caminos, Prof. adjunto
- Jorge Corominas Dulcet, Geológo, prof. adjunto
- Lucila Candela Lledo, Geólogo, Prof. de curso
- Antonio Lloret Morancho, Ingeniero Caminos,Prof. ayudante
- José Mº Arias,Ingeniero Caminos,Prof. de curso.

3.- Personal técnico.-

- Maestro de Taller
- Mozo de laboratorio
- Maestro de Taller

4.- Equipo.-

- Unidad ensayos de Identificación de Suelos.
- Unidad de ensayos de consolidación.
- Unidad ensayos de compresión Prensas.
- Unidad ensayos de corte.
- Unidad de ensayos triaxiales.
- Unidad de Instrumentación y registro.
- Servicios generales Laboratorio.

5.- Lineas de investigación.-

- Comportamiento del suelo no saturado- Estudio teórico y experimental. Part. 1,6
- Interacción suelo-estructura-obras superficiales y subterráneas. Participan 1,2.
- Velocidades óptimas de aplicación de cargas sobre suelos saturados- Análisis teórico y experimental. Participan 1,3.
- Cartografia geológica (ambiental) y Geotécnica-Vallés Occidental y llano de Barcelona. Participan 1,4 y 5.
- Diseño probabilista en Geotecnia. Participan 1.
- Alteración inducida por la toma de muestras - Estudio teórico y experimental. Participan 1,3.
- Análisis retrospectivo de casos reales (basadas en medidas in "situ", cuando se dispone de ellas). Participan 1,2,3,5 y 7.
- Túneles-Redacción Norma Española (en colaboración con Asociación Española de Túneles y Obras subterráneas). Participan 1.
- Fricción negativa en pilotes - Análisis teórico experimental.
- Estabilización suelos con cenizas- Estudio experimental.

1.- Centro.- Museo Geológico del Seminario (diocesano) de Barcelona, C/ Diputación, 231, Barcelona.

2.- Personal científico.-

- Dr. Luís Via Boada, Director,prof. de investigación del C.S.I.C.
- Dr. Sebastián Calzada y Badia, subdirector
- Dr. Valentín Masachs Alavedra, catedrático de Instituto.

3.- Personal técnico.-

- bibliotecari.
- auxiliar de laboratorio
- Preparador del Museo y técnico fotográfico
- laborante

4.- Equipo.-

- microscopio petrográfico y lupa binocular Leitz
- lupa binocular Reichert, con iluminación acoplada
- 2 aparatos, Tauni-Roder y Diamant-Boart, para seccionar y pulir muestras de rocas.
- un juego manual y otro mecánico de cedazos.
- un aparato de ultrasonidos Metason- 1500
- un aparato Rotalim
- 2 aparatos de percusión Ideal
- 3 cámaras fotográficas
- 2 ampliadores
- Una doble esmaltadora.

5.- Lineas de investigación.-

Además de las colecciones, el Museo del Seminario cuenta con una biblioteca especializada y con un laboratorio donde se trabaja desde 1874.

Por otro lado tanto los trabajos geológicos de campo como los estudios de datación y correlación estratigráficas reclaman ineludiblemente la posibilidad de una rápida consulta bibliográfica y el facil acceso a un material paleontológico abundante, variado y de procedencia bien precisada y a la vez diversa. Este doble servicio es el que, aparte de otras actividades de divulgación y búsqueda, ofrece el Museo del Seminario con su biblioteca abierta siempre al público y con las nuevas colecciones paleontológicas, en el registro y articulación .En lo perteneciente al segundo servicio podemos decir que se cuenta hoy con un rico Banco de Datos paleontológicos utilizado con un notable rendimiento.

1.- Centro.- Instituto Jaime Almera de Investigaciones geológicas (C.S.I.C.) C/ Egipcíacas, Barcelona.

2.- Personal científico.-

- A. López, director del instituto

- Difractometria y estructura cristalina: 2 investigadores científicos
  1 colaborador
- Mineralogia: 2 investigadores
- Bioestratigrafia: 2 investigadores
- Geologia Marina y Regional: 5 colaboradores

3.- Personal técnico.-

El Instituto cuenta con 10 personas a nivel técnico-administrativo.

4.- Equipo.-

- Difractómetro de rayos X
- Unidad de fluorescencia rayos X
- Estereóscopos Ovde Delft (8 unidades)
- Fotomicroscopio
- Calorímetro
- Videomat Zeiss
- Equipo análisis térmico diferencial
- Equipo para automatización de las medidas cuantitativas por reflectancia
- Difracción rayos X a alta temperatura
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Difractómetro de Lang
- Axiomat Zeiss
- Calculador Hewllett Packard de 64 K bytes.
- Equipo de posicionamiento de navegación
- Equipo Microscopia (2 unidades)
- Equipo Estereoscopia (30 unidades)

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

CONCLUSIONES Y PRESPECTIVAS.-

El conjunto de temas tratados en este informe nos permite conocer los trazos principales de la problemática de la Geologia en Catalunya y nos ayuda a plantear las lineas de actuación que la Administración debe emprender. Vemos como esta misma Administración - Generalitat de Catalunya en este caso - consciente de la importancia del tema, creó en 1979 el Servicio Geológico de Catalunya, destinado a afrontar las necesidades que el pais tiene planteadas en el campo de la Geologia, en un intento de unificar la acción de la Administración hasta ahora caracterizada por una diversificación de organismos,respondiendo más a una cuestión de competencias entre cuerpos profesionales, que a una acción eficaz.

En principio, las funciones propias de un Servicio Geológico en un pais de las características de Catalunya podrian desglosarse del modo siguiente:

1º.- Creación de una infraestructura geológica

a.- Mapa Geológico
b.- Geologia marina
c.- Banco de Datos

2º.- Investigación de recursos

a.- Mineria
b.- Rocas industriales
c.- Recursos energéticos
d.- Agua subterránea

3º.- Geologia Aplicada. Creación de una estructura de Servicio ágil y eficaz.

a.- Geologia aplicada a la ingenieria
b.- Control de explotaciones
c.- Geologia ambiental
d.- Abastecimientos de aguas subterráneas
e.- Prevención de riesgo sísmico

4º.- Investigación. Potenciar las lineas de investigación que puedan ser de interés para el Servicio Geológico por medio de Convenios con la Universidad o el C.S.I.C.

5º.- Divulgación. Edición de Guias Geológicas Comarcales, Guía de Museos de Geologia de Catalunya, series de publicaciones monográficas, distribución agilizada del Mapa Geológico.

Para responder adecuadamente a estas funciones, el Servicio Geológico de Catalunya deberia estructurarse preferentemente como organismo autónomo,interdepartamental, dentro de la Generalitat, organizándose en tres Secciones:

- Sección de Geologia y Recursos, cuyas funciones principales serian el Mapa - Geológico y la investigación de recursos.

- Sección de Geologia Aplicada, concebida fundamentalmente como servicio al público en temas como geologia aplicada a la ingenieria, geotecnia, control de explotaciones, geologia ambiental y aguas subterráneas.

- Sección de Documentación y Divulgación, encargada de la puesta en marcha y funcionamiento del banco de datos, de las publicaciones y de su adecuada distribución.

RELACION CON OTROS ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACION.-

Para hacer efectiva una estructura como la que proponemos y para que las funciones propias del Servicio Geológico sean eficaces, se hace indispensable una buena coordinación con los demás organismos de la Administración relacionados con la geologia en Catalunya. Los principales son tres: Instituo Geológico y Minero de España (IGME), Servicio de Obras Públicas (SGOP), y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Instituto Jaime Almera).

Instituto Geológico y Minero de España.-

El Servicio Geológico de Catalunya debe coordinar sus actividades con las del IGME a fin de que no resulten desconexas de las que en general se realicen en España.

Por otra parte, el Servicio Geológico de Catalunya en las actuales circunstancias necesita el apoyo del IGME tanto en lo que se refiere a cuestiones técnicas como a los recursos económicos necesarios para su normal funcionamiento. Este apoyo del IGME resulta fundamental en lo que se refiere a infraestructura geológica e investigación de recursos, y más concretamente en los temas siguientes:

- Mapa Geológico
- Banco de Datos
- Mineria
- Rocas industriales
- Recursos energéticos
- Agua subterránea
- Prevención del riesgo sísmico

Para el adecuado desarrollo de estos temas deberia establecerse un programa de Convenios entre el IGME y el Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat, o bien un Convenio -Marco que exprese una voluntad de cooperación entre los dos organismos y desarrolle un programa de actuación que cubra los temas antes mencionados.

Servicio Geológico de Obras Públicas.-

La delegación en Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas ha venido desarrollando desde hace tiempo una labor muy importante en lo que se refiere especialmente a investigación de aguas subterráneas y Geologia Aplicada en general, de modo que su equipo actual posee una amplia experiencia en el tema. Parece, pues, lógico que sus actividades se integren coordinadamente en las directrices que pueda marcar la Generalitat en este campo. Con esta finalidad se está actualmente ultimando un Convenio SGOP - Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas, mediante el cual se pretende cubrir las necesidades en cuanto a Geologia Aplicada e Hidrogeologia siempre desde el punto de vista de prestación de un Servicio rápido y eficaz a las entidades que lo soliciten (Municipios, comarcas, etc).

Instituto Jaime Almera.-

La estructura actual del Instituto Jaime Almera (C.S.I.C.) hace de este

organismo un excelente complemento para el desarrollo de las funciones del Servivio Geológico de Catalunya. Está constituido por cinco unidades, con un total de seis Investigadores Científicos y seis Colaboradores Científicos. Estas unidades son: Difractometria y estructura cristalina, Mineralogia, Bioestratigrafia, Geologia Marina y Regional, Publicaciones y Biblioteca.

En conjunto, el Instituto Jaime Almera está suficientemente dotado para:

a) Cubrir todas las necesidades que puedan surgir en el campo de las determinaciones mineralógicas.
b) Desarrollar un programa de investigación y cartografia de la zona litoral, plataforma y talud continental. Este programa se encuentra actualmente ya en curso de realización.
c) Colaborar en la puesta en funcionamiento y posterior mantenimiento de un Banco de Datos. Para ello cuenta con un ordenador de capacidad suficiente (Digital PDP - 11/34).
d) Centralizar y coordinar todas las actividades en el campo de la Bioestratigrafia, punto fundamental en lo que al Mapa Geológico se refiere. La Sección de Bioestratigrafia está localizada fisicamente en el Museo de Paleontologia del Seminario de Barcelona, entidad que merece especial atención puesto que por una parte constituye la herencia directa de la escuela fundada por Almera, y por otra su colección de ejemplares es de lo más completa, perfectamente sistematizada y a punto para ser incorporada en el Banco de Datos.
e) La sección de Publicaciones, debidamente potenciada, podria ser utilizada como vehículo de divulgación (Publicación de Guias Comarcales, Síntesis Geológicas, Series Monográficas,etc).
f) A parte de las actividades propias de cada sección, no se debe olvidar el interés de algunas especialidades que se han desarrollado individualmente como el caso de la Sedimentologia de rocas carbonatadas y determinados campos de la Geomorfologia y de la Geologia estructural.

Conviene considerar que el próximo traspaso del Instituto Jaime Almera a la Generalitat resultará en una fusión operativa entre este Instituto y el Servicio Geológico de Catalunya.

PROYECTOS A CORTO PLAZO.-

Una vez analizadas las funciones que en el caso ideal son propias del Servicio Geológico de Catalunya, podemos pasar a estudiar una serie de proyectos que, dadas las disponibilidades actuales y el interés propio del proyecto, podemos considerar como prioritarios y de posible realización a corto plazo.

Mapa Geológico.-

1.- Continuación del Proyecto MAGNA según las bases planteadas en el apartado 9 de este informe, mediante Convenio entre el Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat y el IGME.
2.- Síntesis Geológica de Catalunya a escala 1:200.000 con su memoria explicativa, destinada a la máxima difusión.

Mapa Geomorfológico.-

1.- Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000. En caso de contar con presupuesto adecuado, equivalente al del Proyecto MAGNA se puede pensar en una edición aparte realizada según las bases planteadas en el apartado 10 de este informe. En caso contrario, se realizará como anexo al Mapa Geológico 1:50.000.
2.- Síntesis Geomorfológica de Catalunya a escala 1:200.000 con su memoria explicativa, destinada a la máxima difusión.

Mapa Geotécnico.-

1.- Mapa Geotécnico a escala 1:50.000 realizado simultáneamente al Proyecto MAGNA y concebido como una "traducción" del Mapa Geológico a términos geotécnicos.
2.- Mapa Geotécnico detallado de las zonas con mayor actividad en el campo de la construcción. Como zona prioritaria se propone el Area Metropolitana de Barcelona, a una escala comprendida entre 1:10.000 y 1:25.000. Otras zonas a considerar serán por ejemplo l'Empordà, Girona -La Selva, el Maresme, el Penedés, Camp de Tarragona, así como zonas turísticas de montaña, como pueden ser el Valle de Arán y la Cerdaña.

Banco de Datos.-

La puesta en funcionamiento de un Banco de Datos geológicos y su posterior mantenimiento y explotación puede llevarse a cabo según lo propuesto en el apartado 11 de este informe. Se puede contar con la colaboración del Instituto Jaime Almera que cubrirá parte del personal necesario y pondria a disposición el ordenador Digital PDP - 11/34 de 256 Kb con dos unidades de discos de 10 Mbyts cada una.

Conviene destacar el carácter prioritario de este Proyecto tanto por la importancia del banco de datos desde el punto de vista de infraestructura geológica, como por el hecho evidente de que cuanto más se retrase, mayores serán los costos de su puesta en funcionamiento.

Investigación de recursos mineros.-

Aunque como se ha visto en el Apartado 1, los temas de investigación minera que podrian abordarse en Catalunya son muy variados, se podrian seleccionar tres que por sus posibilidades e interés económico tendrian carácter prioritario.

1.- Plomo-Cinc (Bario,Fluor) estratoligado en los materiales carbonatados del Trias (Muschelkalk inferior), y Bario en los materiales conglomeráticos de la base del Permotrias del sector costero catalán. La investigación abarcaria dos subsectores: a) Vallés Oriental y Occidental, Baix Llobregat, Anoia y Alt Penedés, con una extensión aproximada de 380 Km2, y b) Conca de Barberá, Baix Camp, y Priorat, con una extensión aproximada de 400 Km2.

2.- Plomo-Cinc-Tungsteno (Cobre,Plata,Arsénico, Antimonio,Oro) estratoligado o en amas escarnoides alrededor de pequeños stoks graníticos en el Paleozoico de los Pirineos. Los niveles portadores están relacionados con las formaciones carbonatadas del Cámbrico inferior, vulcano-sedimentarios del Caradoc, esquistos negros y calizas del Silúrico y Devónico inferior, asi como en las aureolas de contacto que les afectan. Se pueden considerar seis subsectores: 1) Arán-Isil, 2) Llavorsí-Tor, 3) Noguera Ribagorzana-Segre, 4) Cerdanya, 5) Ripollés y 6) Alt Empordá. Esta campaña deberia plantearse a la vista de los resultados obtenidos por la investigación que actualmente el IGME está realizando en el

Pirineo Central.

3.- Bauxitas, ligadas a distintos niveles de paleokarst cretácico en las comarcas de la Noguera, Alt Urgell y Anoia. La exploración pasaria por un análisis del control litoestratigráfico, estructural y paleogeográfico. Las posibilidades de esta exploración son algo inciertas por la falta de estudios sistemáticos.Es interesante emprender estos estudios cuyos resultados podrian ser alentadores.

Investigación de recursos energéticos.-

El carácter mismo y la complejidad de la investigación de recursos energéticos hace que no pueda pensarse en una participación del Servicio Geológico en las campañas de exploración. Esto es especialmente cierto para hidrocarburos y minerales radioactivos. En estos casos el papel del Servicio Geológico está en ofrecer infraestructura geológica a las empresas explotadoras, asi como en ofrecer la colaboración de especialistas en temas determinados (paleontologia,sedimentologia, etc.)

Por otra parte, se deberá establecer una normativa que oblige a dichas empresas a depositar los datos de subsuelo que se obtengan, sujetos o no a periodos de confidencialidad, puesto que, evidentemente, el subsuelo es patrimonio del pais.

Algo parecido ocurre con la energia geotérmica aunque en este caso es el Estado el que invierte en la exploración (IGME,INI). En Catalunya, la fase de investigación está a punto de concluir de modo que se podrá pasar a la fase de sondeos tanto en la zona del Vallés (ENHER) como en la de Olot-La selva (IGME). En caso de que el Convenio-marco IGME-Generalitat llegue a ser una realidad, la programación de las actividades en el campo de la investigación de energia geotérmica deberia hacerse en común.

1.- Programa de investigación del carbón.-

Si en el resto de los recursos energéticos, el papel del Servicio Geológico es más bien secundario, ocurre exactamente lo contrario en el caso del carbón. Podemos asegurar que el Servicio Geológico de Catalunya en si mismo y con

la colaboración de los distintos centros y entidades con las que se relaciona, dispone de capacidad para llevar a cabo un programa de investigación de Carbón.

Este programa, abarcaria una investigación exhaustiva de todas las cuencas de Catalunya (Ver apartado 3). Teniendo en cuenta que todas ellas, con la excepción de Calaf y Sta Coloma de Queralt, se encuentran en zonas a las que todavia no ha alcanzado el Proyecto MAGNA, es evidente que la parte de investigación sedimentológica y paleográfica podria facilmente simultanearse con la realización del Proyecto de Cartografia (Apartado 9 de este informe) y muy escialmente con su fase incial de Síntesis Monográficas. Terminada esta primera fase, de unos dos años de duración, se pasaria a la de sondeos de reconocimiento.

Se considera este programa, aquí sólo esbozado, como absolutamente prioritario y de muy fácil coordinación con los programas de investigación de carbón que la Administración (IGME) está realizando en España.

Rocas industriales.-

Por lo que a rocas industriales se refiere, parece lógico iniciar un programa de actuaciones, que en este caso tendrian carácter prioritario debido por una parte a la importancia económica que este tema tiene en Catalunya, y por otra el evidente deterioro del medio ambiente que representa una intensa actividad extractiva a cielo abierto. Estas actuaciones prioritarias serian las siguientes:

1.- Inventario de explotaciones, con datos obtenidos en el campo referentes a reservas, calidades y condiciones de explotación.
2.- Inventario de recursos con indicación de zonas de interés extractivo de acuerdo con la realidad,reservas, demandas y distancia de transporte. Este estudio deberá emprenderse por comarcas pensando en establecer un balance intercomarcal oferta-demanda (producción-consumo).
3.- Estudio especial sobre los materiales de primera calidad (en áridos y rocas ornamentales) y de su adecuada comercialización.
4.- Estudio especial sobre los materiales cerámicos realizado por convenio con el Departamento de Cartografia y Mineralogia de la Universidad de Barcelona que comprenderia: a) inventario total de yacimientos, y b)estudio de la

optimización del uso de las arcillas según sus posibilidades cerámicas.

5.- Estudio de una normativa legal que regule la extracción de áridos en las zonas aluviales.

Aguas subterráneas.-

El abastecimiento de aguas es sin duda alguna el problema más grave que tiene planteado Catalunya en lo que a recursos se refiere. En el apartado 5 de este informe, E. Custodio y A. Galofrá proponen una serie de actuaciones que abarcan practicamente todos los temas tanto de aguas subterráneas como superficiales. Entre todas las actuaciones propuestas cabe destacar las siguientes por su carácter prioritario y por su relación más directa con las competencias de un Servicio Geológico:

1.- Establecimiento de una red de observación de aguas subterráneas y superficiales (niveles, caudales,calidad,utilización,extracciones),que complete a las ya existentes hidrográficas (Pirineo Oriental y Ebro) y de aguas subterráneas (Pirineo Oriental).

2.- Redactar un plan director de los recursos hídricos de Catalunya, actualizable periodicamente, con aceptación pública.

3.- Actualizar el Estudio de los Recursos Hídricos del Pirineo Oriental y ampliación en el detalle del estudio de los recursos de la cuenca del Ebro (Segre) que en este momento está desarrollando el IGME.

4.- Estudiar las actuaciones de evacuación y deposición de residuos sólidos y líquidos en relación con la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

5.- Estudiar el modo de gestión óptima de acuíferos costeros.

6.- Identificar aquellos puntos de contaminación cuya eliminación o corrección produce los resultados principales, y proceder a las obras y actuaciones para esa eliminación o corrección.

7.- Demostrar la viabilidad y oportunidad de la recarga artificial de acuíferos para una mejor gestión de los recursos de agua, extendiendo la experiencia existente. Aplicación concreta en el Baix Llobregat,área de Sitges-Vilanova, Baix Francolí y Reus.

8.- Concienciar a la opinión pública sobre el importante papel regulador de los acuíferos, la necesidad de su conservación como elemento de seguridad de a-

bastecimiento de la población, y sobre el peligro que supone su contaminación. Estas campañas de concienciación podrian incluir cortometrajes televisivos.

9.- Disponer de un presupuesto del orden de los 50.000.000 de pesetas para la contratación de sondeos en planes de actuación directa en municipios o comarcas cuyas necesidades lo justifica.

En la actualidad se está elaborando un Plan hidrológico bajo la coordinación del MOPU (Comisión interdepartamental de Planificación hidrológica) que se prevé esté terminado para fines de 1981. Asimismo, la Generalitat está elaborando el "Esquema y directrices del Plan de aguas de Catalunya" que quedará terminado en Enero de 1981. Logicamente, las actuaciones del Servicio Geológico de Catalunya en materia de aguas subterráneas, serán aquellas que se indiquen en los planes hidrológicos actualmente en curso.

Prevención del riesgo sísmico.-

De la lectura del apartado 8, dedicado a la valoración del riesgo sísmico, se deduce inmediatamente el interés prioritario de un proyecto que contemple:

a) La puesta al dia de la red de observación que comprenderia la modernización de las estaciones sismológicas de los observatorios Fabra y del Ebro, asi como el establecimiento de una red móvil de observación microsísmica.
b) Dotación de personal suficiente para el mantenimiento de esta red de observación.
c) Establecer convenios con el Instituto Jaime Almera y con la Universidad de Barcelona que contempla la financiación de los proyectos de investigación sismológica que estas dos institutciones tienen elaborados. El presupuesto es del orden de los 3.000.000 de pesetas al año. El objetivo es llegar al conocimiento sismológico suficiente para posibilitar la creación de una normativa para la construcción en las zonas de mayor riesgo, asi como de una red de alarma símica. De iniciarse estos estudios actualmente, se podria pensar en alcanzar estos objetivos en un plazo de cinco o seis años.

Geologia ambiental.-

No se ha tratado especificamente en este informe de la problematica de geologia ambiental, aunque en Catalunya constituya un tema de gran interés,con un elevado grado de sensibilización popular, sin duda fruto de las cotas alcanzadas en lo que a deterioro del medio se refiere. La razón de este deliberado olvido está en que la Administración en Catalunya dispone ya de las instituciones con amplia experiencia en problemas medio-ambientes: el Servicio de Medio Ambiente del Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat y el Servicio de Medio Ambiente de la Diputación de Barcelona. Recientemente, además, la Generalitat de Catalunya creó la Comisión Interdepartamental del Medio Ambiente (Decreto 218/1980, Diari Oficial de la Generalitat, núm 93 del 12 de Noviembre de 1980). Esta estructuración hace que los temas medio-ambientales sean tratados en los Servicios que para ello fueron creados. Si bien es cierto que los distintos problemas prácticos que han sido tratados por estos Servicios, al menos en un 80% tienen una elevada componente geológica, ello no significa que el Servicio Geológico deba abordarlo por su cuenta, sino que será oportunamente consultado por los Servicios de Medio Ambiente.

Dadas estas circunstancias no entendemos que sea justificable el crear, por ejemplo, una Sección de geologia ambiental dentro del Servicio Geológico. Seria en principio suficiente con la sección propuesta de geologia aplicada, aunque las necesidades futuras podrian modificar esta estructura.

Conviene señalar, sin embargo, que existen algunos temas que no suelen tratarse con la debida profundidad. Tales son, por ejemplo, la contaminación de acuíferos (ver apartado 5 de este informe), la ubicación de vertederos y la denudación, ya sea por actividades extractivas o por obras públicas en zonas montañosas.

Las actuaciones prioritarias que el Servicio Geológico deberia emprender son las siguientes:

1.- Inventario de vertederos con estudio de las condiciones geológicas de su ubicación.
2.- Inventario de zonas denudadas, con estudio de sus condiciones geológicas.
3.- Inventario de puntos de vertido en acuíferos.
4.- Realización del Mapa Geotécnico (Ver proyecto antes mencionado).

Divulgación.-

Una de las tareas más importantes que debe emprender el Servicio Geológico de Catalunya es la divulgación de la Geologia en todos sus aspectos y muy especialmente aquellos que pueden tener una aplicación útil y de aquellos cuyo desconocimiento puede acarrear consecuencias lamentables.

Un programa de actuación en el área de la divulgación puede plantearse de modo muy extenso y ambicioso, pero teniendo en cuenta que los recursos en este campo van a ser siempre escasos puesto que la Administración lo considerará inevitablemente como una inversión no rentable (aunque sea todo lo contrario), conviene ceñirse a un programa posibilista.

Podria pensarse en tres lineas de divulgación: Una destinada al usuario profesional de la Geologia, otra destinada a las escuelas y una tercera al gran público. Los proyectos que se proponen son los siguientes:

1º.- Edición de una Guia Geológica de Catalunya acompañada de Mapa 1:200.000, asi como de una Guia Geomorfológica de las mismas características. Seria publicable en 1983, cuando se dispusiera ya de las Síntesis Geológica y Geomorfológica prevista en el Proyecto de Cartografia Geológica (Apartado 9).

2º.- Edición de Guias Geológicas Comarcales con destino a la E.G.B. y utilizando recursos de varios Departamentos de la Generalitat. Su difusión deberia ser lo más amplia posible (Bibliotecas municipales, oficinas de turismo,etc.). Estas Guias deberian incluir itinerarios geológicos bien detallados.

3º.- Serie de Publicaciones monográficas con temas de interés general (La Historia de la Geologia en Catalunya, los recursos no renovables,el agua subterránea), o bien con temas regionales cuya popularidad así lo aconseje (la zona volcánica de Olot, el macizo del Pedraforca, Montserrat,el Montseny, Garraf, Ports de Beceit, el Montsec, etc).

4º.- Elaboración de una Guia de los Museos de Geologia de Catalunya.

5º.- Regulación y protección de áreas de interés pedagógico.

6º.- Llevar a cabo una adecuada distribución del Mapa Geológico a escala 1:50.000 y facilitar el acceso a su documentación complementaria.

7º.- Dar a conocer la existencia del Banco de Datos geológicos, con las instrucciones necesarias para su explotación.

8º.- Preparar cortometrajes televisivos para temas de conciencia pública, como es el caso de la contaminación de acuíferos.

9º.- Edición de una revista que recoja los resultados de los distintos proyectos y actuaciones del Servicio Geológico de Catalunya en forma de monografias sobre temas específicos. Esta revista podria estar también abierta a la publicación de tesis doctorales o trabajos similares que por su volumen son dificilmente aceptados en las revistas científicas que actualmente existen.

10º.- Organización de ciclos de conferencias.

PROYECTOS A INICIAR EN 1981.-

Entre todos los proyectos antes mencionados, se considera que los siguientes son abordables en 1.981:

- Mapa Geológico y Geomorfológico 1:50.000
- Síntesis Geologíca y Geomorfológica 1:200.000
- Mapa Geotécnico del Area Metropolitana de Barcelona
- Banco de Datos
- Investigación de Plomo- Cinc en el sector del Vallés-Penedés
- Programa de investigación de carbón en Catalunya
- Programa de investigación de rocas industriales
- Estudio para el establecimiento de una red de observación de aguas subterráneas.
- Estudio de la viabilidad de la recarga artificial de acuíferos y su aplicación al caso del Baix Llobregat.
- Estudio para la valoración del riesgo sísmico en Catalunya
- Elaboración de una guía de los Museos de Geologia de Catalunya.

Para la realización de estos proyectos se requieren dos condiciones básicas: por una parte, una adecuada estructuración del Servicio Geológico de Catalunya en los términos que anteriormente hemos expuesto y, por otra, coordinación de las actividades entre el Departamento de Politica Territorial y Obras Públicas de la Generalitat y el Instituto Geológico y Minero de España.