

Caracterització inorgànica i orgànica dels lignits garumnians del Pirineu Central Català

Maite Garcia Vallés

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

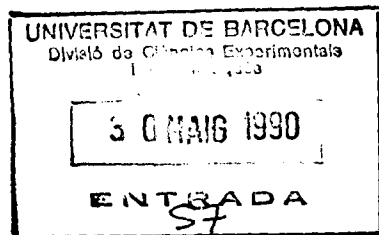
Universitat de Barcelona
Facultat de Geologia

Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i
Dipòsits minerals.

CARACTERITZACIO INORGANICA I
ORGANICA DELS LIGNITS GARUMNIANS
DEL PIRINEU CENTRAL CATALA.

M. Garcia Vallés
Juny 1990

Universitat de Barcelona
Facultat de Geologia



Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i
Dipòsits minerals.

CARACTERITZACIO INORGANICA I ORGANICA DELS LIGNITS GARUMNIANS DEL PIRINEU CENTRAL CATALA.

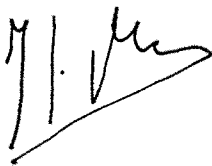
M. Garcia Vallés
Juny 1990

Tesi realitzada per Maite Garcia Vallés, al Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, per optar al grau de Doctor en Geologia.

Barcelona, juny de 1990

M. Garcia Vallés

Vist i plau



J. González Prado
Co-director



M. Vendrell Saz
Co-director

AGRAIMENTS

Tot treball investigador aplega un esforç individual i col·lectiu, la realització del qual ha d'estar presidida per una recerca objectiva, independentment del resultat al que s'arribi.

Aquesta tesi doctoral ha intentat seguir aquesta premisa i ha estat el fruit d'aquests dos esforços, sobre tot de l'esforç col·lectiu de persones de diferents àmbits, que no sols m'han ofert la seva col·laboració professional sinó també el seu recolzament, sobretot en els moments més dificultosos. A totes elles va dirigit el meu sincer agraïment.

Al Dr. J.G. Prado (C.S.I.C., Oviedo) en la direcció d'aquesta tesi doctoral, pels seus consells crítics i suggeriments en el treball d'investigació en el camp de la matèria orgànica i en la discussió dels resultats.

Al Dr. M. Vendrell (Facultat de Geologia) en la direcció d'aquesta tesi doctoral, pel seu ajut en l'apartat de mineralogia i tècniques, així com per la seva constant disponibilitat a la consulta com en la redacció de la memòria.

En A. Saez, J.L. Cuevas i Ll. Mercadé pel seu assessorament e indicacions en la recollida de mostres així com per la seva companyia en el treball de camp.

A T. Pradell per la realització de les anàlisis d'espectroscòpia Mössbauer, per la seva ajuda en els programes de quantificació i per l'amistat que es manté des de fa tant anys.

En J. Nogués per l'ajut que m'ha ofert en els moments de trontoll tècnic del microscopi i recolzament en tot moment.

En O. Riba per l'aclariment de la terminologia específica de la fracció orgànica al català.

En F. de la Cruz (Chevron Oil Company of Spain) per la seva col·laboració i experiència en l'àmbit de la geoquímica orgànica.

A N. Solé per la realització i l'interès demostrat en les anàlisis pal·linològiques.

En J. Illa, G. Mateu i A. Samper pel seu assessorament en l'elaboració i preparació de les mostres.

En D. Crespo pel tractament informàtic de tota mena de dades d'aquesta tesi doctoral.

A R. Utrilla, Mercedes, J. Ros i C. Cebrián en la rotulació gràfica.

En J. Rifà per l'interès evidenciat en el seu treball fotogràfic.

En J. Bosch que m'ha ajudat en tot moment en l'estructuració i correcció del manuscrit.

Al laboratori de Petrografia del INCAR d'Oviedo – Félix, Manolo, Rosa, M^a Angeles i Miriam – per la seva acollida i col·laboració en les meves estades a Oviedo.

Al Servei de Microscopia Electrònica – Ramón, M^a José, Carme i Anna – per la facilitació i disponibilitat dels aparells del seu servei.

Al Servei de Difracció de Raig-X – X. Alcover i Tomás – per l'interès que han

demonstrat en la realització de les meves anàlisis.

Al departament de Cristal·lografia i tots els seus membres, per la gran acollida personal que m'han dispensat, pel seu suport i recolzament en l'elaboració de la tesi doctoral.

A la Companyia Carbons de Berga per la facilitat de l'accès a sondejos, mines de cel obert i dades.

A la Chevron Oil Company of Spain pel seu ajut econòmic en els desplaçaments, treball de camp i material d'aquesta tesi doctoral, així com en l'anàlisi de piròlisi de les mostres.

I N D E X

1. Introducció	5
1.1. Objectius.	8
1.2. Marc Geològic	9
1.2.1. Situació geogràfica i geològica.	9
1.2.2. Antecedents.	17
1.3. Mètode i tècniques emprades	24
1.3.1. Mètode.	24
1.3.1.1. Treball de camp.	25
1.3.1.2. Treball de laboratori.	30
1.3.2. Tècniques.	31
1.3.2.1. Tècniques de microscòpia òptica.	31
1.3.2.2. Microscòpia electrònica de rastreig.	40
1.3.2.3. Difracció de raig X.	40
1.3.2.4. Espectroscòpia Mössbauer.	43
1.3.2.5. Tècnica de piròlisi.	44
2. Fracció orgànica	49
2.1. Components orgànics identificats.	51
2.1.1. Grup de la Vitrinta	54
2.1.2. Grup de la Liptinita	60
2.1.3. Grup de la Inertinita	77
2.2. Distribució dels components orgànics.	93
2.2.1. Zona del Berguedà.	93
2.2.1.1. Formació margues de Perles.	94
2.2.1.2. Nivell "Cementos".	95
2.2.1.3. Membre Sant Corneli.	97
2.2.2. Zona de Tremp.	102
2.3. Anàlisi Maceràlica.	105

2.4. Maduresa i transformació de la matèria orgànica.	116
2.4.1. Mesura del rang.	118
2.4.1.1. Avaluació del poder reflector.	118
2.4.1.2. Caracterització del estadi diagenètic.	128
2.4.2. Transformació i evolució.	136
3. Fracció inorgànica	139
3.1. Components inorgànics identificats.	142
3.1.1. Generalitats	142
3.1.2. Minerals:	144
3.1.2.1. Silicats.	144
3.1.2.2. Sulfurs.	149
3.1.2.3. Carbonats.	151
3.1.2.4. Sulfats.	153
3.2. Distribució dels components inorgànics.	165
3.2.1. Zona del Berguedà.	165
3.2.1.1. Formació Perles.	166
3.2.1.2. Nivell "Cementos".	169
3.2.1.3. Membre Sant Corneli.	172
3.2.2. Zona de Tremp.	179
3.2.3. Zona d'Ager.	183
3.3. Transformacions diagenètiques minerals.	186
4. Relacions entre la matèria orgànica i l'inorgànica.	189
4.1. Fàcies.	191
4.1.1. Fàcies inorgàniques.	192
4.1.1.1. Litofàcies lutític-margoses.	192
4.1.1.2. Litofàcies carbonatades.	193
4.1.2. Fàcies mixtes.	194
4.1.2.1. F. Lutític-margoses organògenes.	194
4.1.2.2. F. Carbonàtiques amb partícules orgàniques.	195
4.1.2.3. F. de calcàries organògenes.	195
4.1.3. Fàcies Orgàniques.	196
4.1.3.1. Litotip de Vitré.	196

4.1.3.2. Litotip de Claré.	197
4.1.3.3. Litotip de Fusé.	197
4.2. Evolució diagenètica orgànica i inorgànica.	198
4.3. Aproximació al medi deposicional.	200
4.3.1. Formació Perles.	201
4.3.2. Nivell "Cementos".	201
4.3.3. Membre Sant Corneli i Formació Trepmp.	202
4.3.3.1. Gènesi de les vitrinites i inertinites.	203
4.3.3.2. Gènesi de les liptinítes.	204
4.3.3.3. Nivells inorgànics.	206
5. Conclusions.	209
6. Bibliografia.	217
ANEX I (Refectància).	239
ANEX II (Piròlisi).	265

INTRODUCCIO

1. INTRODUCCIO

El present treball és centra en l'estudi dels materials rics en matèria orgànica corresponents a les fàcies organògenes garumnianes del Pirineu Central Català. Els afloraments garumnians estudiats es localitzen bàsicament a les zones del Berguedà i Tremp, i de manera puntual a la zona d'Ager (figura 1.). En ell, es caracteritza i avalua el contingut orgànic i inorgànic d'aquests materials del Garumnià. Tanmateix s'estableixen relacions entre ambdós constituents. La seva correlació, anomenada associació organo-mineral, està poc desenvolupada i a la vegada és poc habitual en aquesta mena d'estudis, fet que incrementa més el seu interès, i a la vegada ens ha portat a utilitzar tècniques noves en aquest camp.

Quant a l'estructura d'aquesta memòria s'ha distribuït en els següents capítols:

El primer capítol, de caire introductori, és on: hi ha el plantejament dels objectius a assolir; s'explica i justifica el mètode de treball i s'emmarca geogràfica i geològicament l'àrea d'estudi.

En el segon capítol es tracta pròpiament de les fàcies orgàniques. En primer lloc s'expliquen cadascun dels components orgànics identificats microscòpicament, en segon lloc s'estableix la distribució i variabilitat dels còssos identificats en cada sèrie, en un tercer apartat es quantifiquen els còssos orgànics majoritaris i finalment s'avalua la maduresa i transformació de la matèria orgànica, tant des d'un punt de vista microscòpic com químic.

El tercer capítol fa referència al contingut inorgànic dels materials que ens ocupen, així com de la variabilitat i quantificació de les fàcies minerals diferenciades i de les seves transformacions diagenètiques.

En el quart capítol ens referirem a les relacions que es poden establir entre la matèria orgànica i la inorgànica i l'aproximació al medi deposicional on s'originaren.

Finalment, en el darrer capítol es fa una síntesis de les conclusions que ja han anat sortint al llarg de la memòria.

1.1. OBJECTIUS

Els objectius proposats en aquest treball, d'anàlisi dels materials del Garumnià al Pirineu-Central Català, són els següents:

En primer lloc, volem caracteritzar la fracció **orgànica** i la **inorgànica** de las fàcies garumnianes del sector central del Pirineu Català, concretament en les àrees de: Berga, Tremp i Ager.

En segon lloc, es pretén controlar la variació composicional orgànica i inorgànica, tant en la vertical com al llarg de la zona i establir correlacions entre els sectors estudiats.

En tercer lloc, establirem les associacions organo-minerals fonamentals en els materials d'edat garumniana analitzats.

En quart lloc valorarem les fàcies organògenes com a possibles roques mare d'hidrocarburs.

En darrer terme s'interpretarà l'origen de cada un dels elements que formen les fàcies garumnianes, establin el medi deposicional d'aquestes fàcies garumnianes.

1.2. MARC GEOLOGIC.

En el present capítol localitzarem geogràficament i introduïrem geològicament els materials de les fàcies garumnianes organògenes objecte d'aquest treball; així com farem una revisió dels treballs més significatius publicats amb anterioritat i que fan referència als materials o àrea geològica que ens ocupa.

1.2.1. SITUACIO GEOGRAFICA I CONTEXTE GEOLOGIC

Els materials estudiats es localitzen a les comarques de l'Alt Berguedà (província de Barcelona) i Pallars Llusà (província de Lleida), formen part de l'unitat estructural Pirineu Català.

Aquests materials organògenes corresponen al tram inferior de les seqüències garumnianes d'edat Maestrichtiana, compresa dins el tram organogènic de la Formació Trep, en les zones de l'Alt Berguedà, de Trep i localment en Ager.

Aquest tram a la zona de l'Alt Berguedà correspon al denominat, de manera informal, "Nivell Cementos" i el "Membre Margues de Sant Corneli".

Dés d'un punt de vista de la tectònica global, els Pirineus s'han originat en la zona de contacte entre la placa Ibèrica i l'Euroasiàtica. Durant el Mesozoic, coincidint amb els processos d'obertura atlàntica que tingueren lloc durant el Cretàcic Inferior i part del Superior, les dues plaques tendiren a separar-se -estaven sotmeses a una gran distensió- (Simó, 1985; Puigdefàbregas i Souquet, 1986; Verges i Martinez, 1988) donant lloc a una zona enfonsada o conca distensiva limitada per falles normals que cabussen cap el nord.

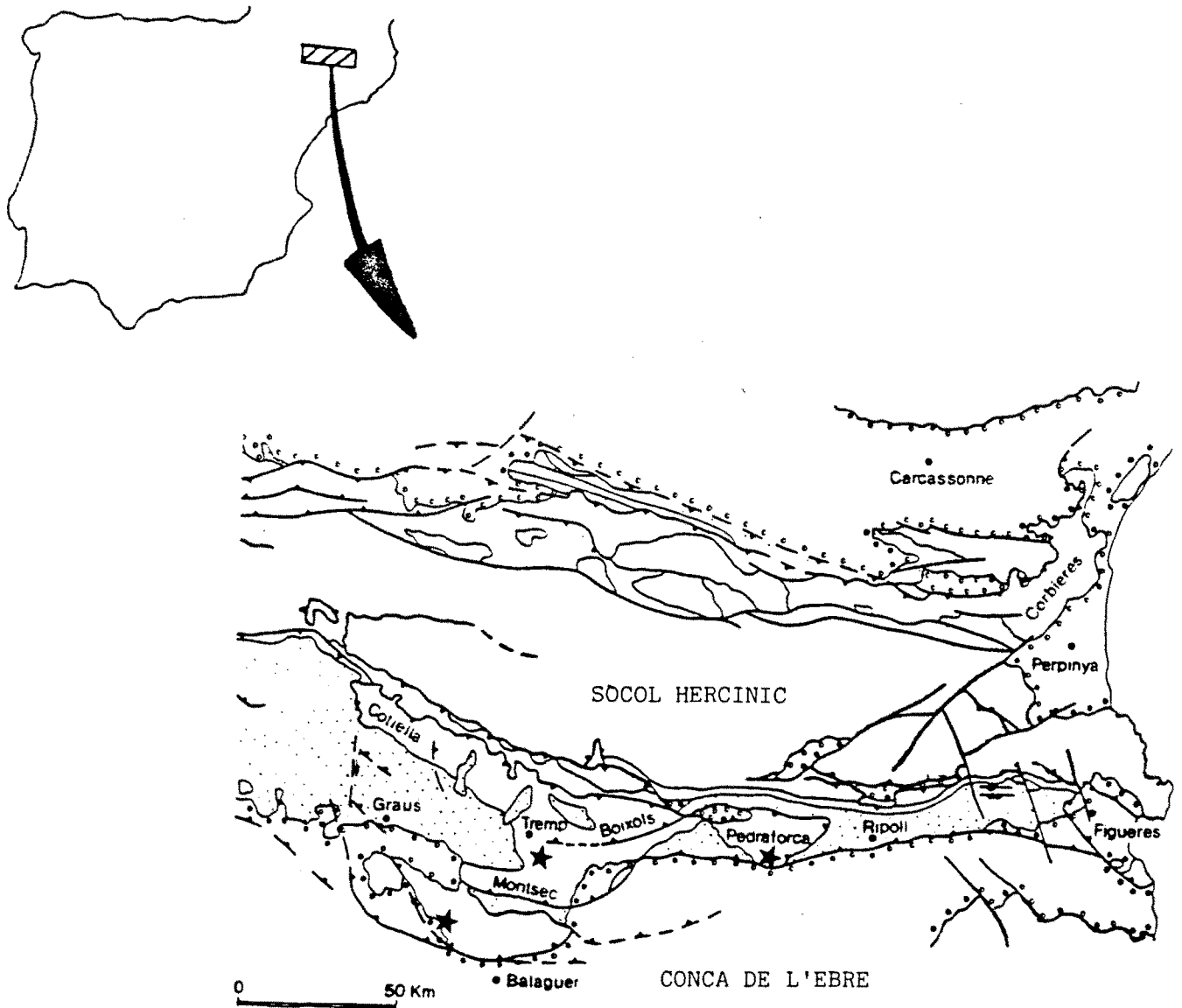


Figura 1. Marc tectònic de les tres zones analitzades. ★

En aquesta conca distensiva s'hi deposità una potent sèrie sedimentària que va del Garumnià fins l'Eocè Inferior; durant aquest període de temps no hi ha constància de que tinguessin lloc episodis tectònics importants. Així, doncs, les fàcies garumnianes objecte d'aquest estudi es depositaren en un moment de relativa calma tectònica. Fou a finals del Mesozic començaments del Cenozoic quan tingué lloc una aproximació entre les dues plaques, l'Ibèrica i l'Euroasiàtica, produint una compressió i deformació dels materials anteriorment depositats, i la deposició de potents sèries sinorogèniques, que corresponen a les unitats altes i mitjanes del Garumnià. Tots aquests materials, juntament amb d'altres d'edat anterior, per efecte de la tectònica alpina pirinenca van ser transportats de Nord a Sud en forma de mantells de corriment, fins arribar a la posició actual, que es troba varies decenes de quilòmetres del lloc on es depositaren realment els materials garumnians.

A continuació passem a emmarcar estratigràfica i estructuralment cadascun dels afloraments de les fàcies garumnianes, que ha estat objecte d'aquest estudi, dins del Pirineu Central Català (figura 1.):

- Zona de l'Alt Berguedà. La zona que hem denominat de l'Alt Berguedà queda emmarcada en els termes municipals de Figols, Sant Corneli, Vallcebre, Gossols, Maçaners i Saldes, localitzats a l'oest del riu Llobregat i al peu del pic del Pedraforca. El conjunt forma part de la unitat estructural dels Mantells del Pedraforca, concretament de la unitat al·lòctona anomenada del Mantell Inferior del Pedraforca. En les sèries del Mantell Inferior del Pedraforca estan representats materials del Keuper, Juràsic, Cretàcic Superior, Garumnià (Maestrichtià i Paleocè) i Eocè Inferior; l'edat del seu emplaçament és el Lutecià inferior (Clavell i al., 1988; Martínez i al., 1988; Vergés i Martínez, 1988).

En detall, la zona de l'Alt Berguedà forma una estructura de sinclinal asimètric amb l'eix orientat en direcció aproximada est-oest. El cabussament del flanc nord d'aquest sinclinal varia de vergència sub-vertical a invertida en direcció est-oest. Pel que respecte al flanc sud d'aquesta estructura, s'observa que cabussa suaument en la seva part oriental uns 10 a 15°, mentre que cap l'oest aquest cabussament augmenta fins a uns 50°.

El garumnià d'aquesta àrea s'atascona cap l'oest a partí del meridià de Gres-olet i cap al sud. A la vegada, que segueix la paleogeografia del Cretàcic Superior, presenten en aquesta àrea els majors gruixos de potència cap el nord (Vergés i Martínez, 1978).

En el àrea estudiada la potència dels materials garumnians varia de uns 60 a 600 metres, aquesta forta variació es deguda, a més de l'erosió diferencial al context tectònic durant la sedimentació del Maestrichtià superior. De tal manera que el depocentre -que coincideix amb el màxim desenvolupament de les fàcies organògenes- de la part al·lòctona de la conca garumniana se situà a la zona de Saldes, ocupant una posició frontal respecte al Mantell Superior del Pedraforca (Dominguez i Sáez, 1988).

Les unitats litoestratigràfiques que es diferencien en la Formació Tremp (Mey i al., 1968) de la zona de l'Alt Berguedà, segons Solé Sugrañes (1971), Vergés i Martínez (1978) i Dominguez i Sáez (1988), és de base a sostre la següent (figura 2.):

- Gressos de la Formació Bona. D'edat Campanià-Maestrichtià. Constituïda per dipòsits d'un medi marí de plataforma somera.
- Marques de la Formació Perles. Propia d'un ambient deposicional marí somer tipus "lagoon".
- "Nivell Cementos", considerat com a nivell guia en aquesta àrea. Està constituït per calcàries micrítiques i llims finalment estratificats, que contenen restes de: vegetals, ostràcods i oogonis de carofícies. Els materials del tram corresponen a un dipòsit de règim de trànsit marí-continental.
- Marques de Sant Corneli. En elles diferencien, de base a sostre, els següents trams:

* tram inferior (amb potència aproximada de 10-20 m.). Constituït per nivells de calcàries micrítiques i margoses bioclàstiques, amb intercalacions de lutites i capes de carbó.

* tram intermedi (amb potències de 55 m. en la part oriental i 340 m. en Saldes). Està format per lutites i margocalcàries amb intercalacions de calcàries margoses. Ocasionalment hi ha algun nivell de gres fi. Aquest tram, en el sector de Saldes, inclou varies capes de carbó.

* tram superior (amb potència de 200. m a Saldes disminuint ràpidament a ambdós costats). Aquest solament es desenvolupa en la part occidental de la conca i està constituït per lutites i margocalcàries amb intercalacions de calcàries margoses i gressoses sense cap nivell de carbó.

- Margues de Figols. De color vermell, són pròpies d'un ambient deposicional al·luvial, sense cap paquet de carbó.

- Calcàries de Vallcebre. Aquest tram s'inicia amb una alternança de gressos i conglomerats, que cap a sostre presenten un caràcter marcadament carbonàtic, constituït per calcàries massives a les que se les considera d'origen lacustre.

- Margues de Vallcebre. Nivell format per margues i argiles amb guix i alguna capa prima d'estromatolits.

- Calcàries de Sant Ramón. Nivell de calcàries amb alguna intercalació margosa.

- Margues de Sant Ramón. Nivell de margues tapades discordantment per conglomerats postectònics.

- **Zona de Tremp**. La zona de Tremp forma part de l'anomenada Conca de Tremp, que comença a definir-se durant l'illerdià, quedà separada del "Golf d'Ager" per l'alt del Montsec, anticlinal precursor de l'actual encabalcament, com a resposta dels primers impulsos tectònics relacionats amb l'aixecament del Pirineu (Mutti i al., 1985).

La potència de les fàcies garumnianes en aquest sector augmenta cap l'oest, aquest fet fa pensar en una major subsidència associada amb l'enlairament relatiu dels anticlinals de Sant Corneli i Montsec influenciats per la tectònica pirinenca (Garrido-Megias i Rios, 1972)

La Conca de Tremp està formada per un ampli sinclinal constituït per materials d'edat mesozoica i terciària. El flanc sud d'aquest sinclinal el constitueix la Serra del Montsec. Els trams més inferiors de les fàcies garumnianes que ens ocupen és desenvoluparen en el sector més oriental de la Conca de Tremp (figura 1.).

En aquesta zona les fàcies garumnianes (Formació Tremp) tenen una potència aproximada d'un 1.000 m. La sèrie tipus que fa Rosell (1965) en aquesta àrea diferencia tres unitats fonamentals (figura 2.):

- Nivell inferior o carbonos (amb potència aproximada de 65 m). Es tracta d'una alternança de nivells de lignits i margues.
- Nivell intermedi o carbonàtic (poc desenvolupat). Està constituït per margues-carbonoses negres i fétides. Aquest nivell s'ha considerat com propi d'un ambient sedimentari lacustre. I està ben desenvolupat en la part central de la conca.
- Nivell superior margo-quixos (amb potència de 270 m). Es tracta d'una alternança de trams margosos azoics amb nivells de gres. El conjunt està travessat per guixos.

L'àrea analitzada dins d'aquesta zona es situa en el Barranc d'en Llordà, al sud-est de la població d'Isona, dins d'una antiga concessió minera de cel obert, avui dia abandonada, i inclou els nivells basals de la Formació Tremp, els quals presenten discordàncies intraformacionals amb els Gressos d'Aren (Mey i al., 1968).

- **Zona d'Ager.** Aquesta zona està situada a l'oest del riu Segre constituïnt l'anomenada Vall d'Ager. Dés d'un punt de vista estructural pertany, també, a

l'unitat Sudpirinenca. En ella s'analitza de manera puntual una única sèrie, localitzada entre les poblacions de Camarasa i Fontllonga, prop de l'inici de l'envasament de Camarasa.

Estructuralment, la zona d'Ager és un sinclinal asimètric que té el flanc nord cabalгат pel Mesozoic de la Serra del Montsec (Garcia Veigas, 1988).

Colombo i al. (1986) diferencien alhora de fer la sèrie tipus d'aquest sector de la Vall d'Ager les següents unitats (figura 2.):

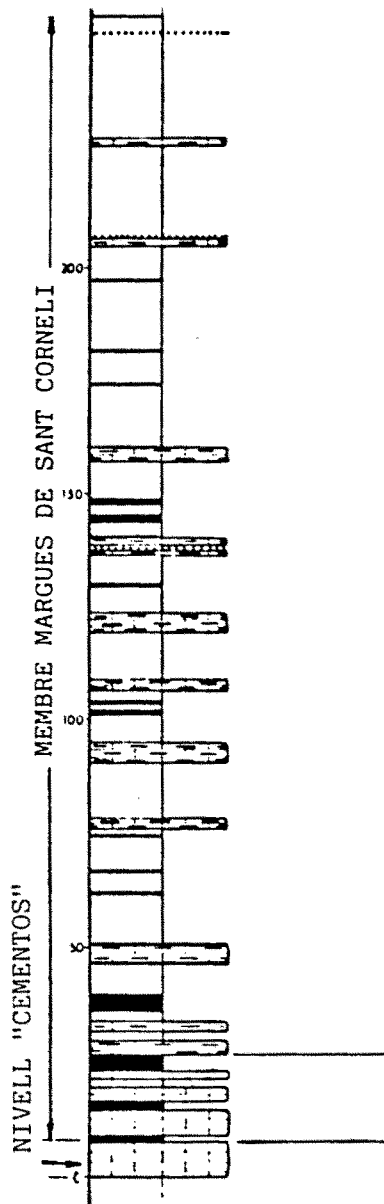
- Calcàries basales (potència aproximada de 90 m.). Tram carbonàtic amb intercalacions de nivells de lutites riques en restes vegetals i algun lilit de carbó ric en pirita. A aquest nivell es propi d'un ambient lacustre somer.

- Tram detrític inferior (180 m. de potència). Constituït per lutites vermelles amb intercalacions de gres formant còssos lobulars, de canal, etc.

- Tramo carbonàtic intermedi (potència de 70 m.). Es tracta d'un tram fonamentalment carbonàtic on s'observen processos de dolomitització, silicificació i carstificació; amb la formació de calixes laminats. Aquest nivell es considera originat en un ambient lacustre-palustre.

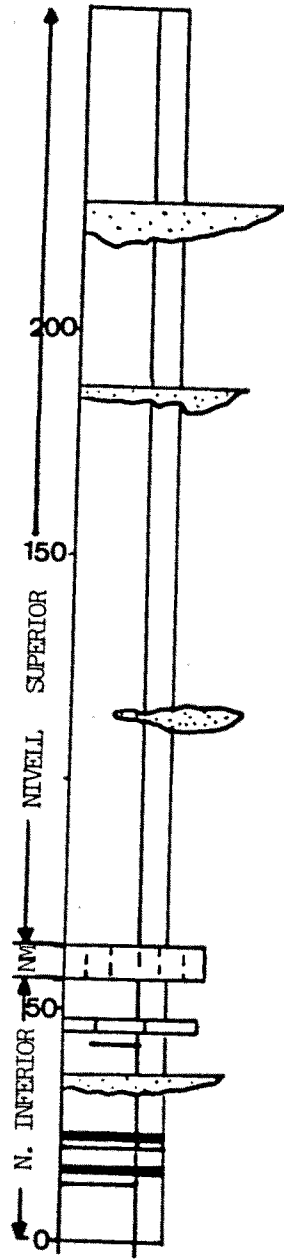
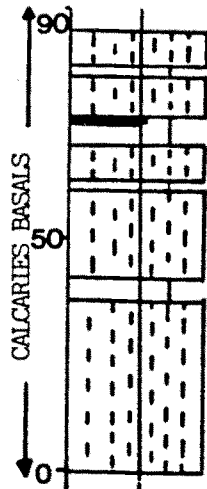
- Complexe superior (500 m). Aquest està constituït per una seqüència transgressiva que evoluciona des d'un ambient àrid de "mud flat" fins a zones de "lagoon" evaporític costaner.

Les fàcies garumnianes estudiades en aquesta zona pertanyen al flanc sud del sinclinal d'Ager i corresponen al tram de calcàries basals descrites per Colombo i al. (1986) (figura 2.).



Zona de l'Alt Berguedà
(Dominguez i Saez, 1988)

Zona d'Ager



Zona de Tremp

Figura 2. Sèries tipus de les tres àreas estudiades.

1.2.2. ANTECEDENTS

Han estat molt nombrosos els autors que sota diferents aspectes han estudiat les tectonofàcies garumnianes del Pirineu Central Català, però cap sota el punt de vista que s'ha realitzat en aquest treball. Esmentem en el present apartat els que considerem més representatius en cada matèria.

Leymerie és el primer autor que utilitza el terme Garumnià (1862) per a definir-lo com a pis estratigràfic. Aquest terme deriva del mot Garumna; que és l'antic nom amb el que s'anomenava el riu Garona. Leymerie fa servir terme Garumnià, al sudoest de França i en els Pirineus, per a designar els materials lacustres i continentals localitzats entre el final del Cretàcic i l'Eocè marí.

Vidal (1871/73/75/93 en Solé Sugrañes, 1971) és el primer autor que parla del Garumnià, com a pis del Cretàcic, ho fa des d'un punt de vista paleontològic i estratigràfic, amb una descripció detallada de les capes de lignit de Figols, Vallcebre, Coll de Nargó i la Conca de Tremp.

Closas Miralles (1948), en la seva recopilació d'explotacions de carbó a Catalunya, parla de la Zona de l'Alt Berguedà com la més important des del punt de vista lignítifer de Catalunya i també parla dels lignits de la Conca de Tremp localitzats al voltant d'Isona i Coll de Nargó. Descriu aquestes fàcies garumnianes i les considera com de d'edat Daniana, encara que apunta que alguns autors opinen que poden ser del Maestrichtià.

Saavedra (1964) descriu i estableix les microfàcies garumnianes en el seu estudi del secundari i terciari en el Pirineu Català.

Mey i al. (1968) defineixen formalment el Garumnià com una unitat litostratigràfica anomenant-la Formació Tremp, i deixen de banda el valor cronostatigràfic que fins el moment se li atribuïa.

Rosell Sanuy (1969) en un ampli estudi de la zona, veu la necessitat de tractar com unitat litoestratigràfica a les fàcies garumnianes en la Conca de Tremp,

definint-les en conjunt com a Formació Tremp, de marcat caràcter heterolític. En ella diferència tres sub-unitats: un nivell inferior o carbonos; un nivell intermig o calcàri i un nivell superior margo-guixos.

Solé Sugrañes (1971 a i b) en la memòria de la seva tesi doctoral fa una detallada descripció litològica i estratigràfica de les fàcies garumnianes de la zona del Berguedà, a les que denomina Formació Tremp definida prèviament per Mey i al. (1968). Divideix, aquesta formació en membres: al nivell lignítifer l'anomena Membre Saldes; les intercalacions de calcàries lacustres les defineix com a Membre Calcàries de Vallcebre; els nivells vermells del sostre en el sector oriental del Cadí els denomina com a Membre Calcàries del Riutort; i el nivell de margues amb intercalacions de conglomerats i calcàries lacustres com a Membre Figols. A la vegada data el conjunt inferior fins la base de les Calcàries de Vallcebre com a Maestrichtianes i el superior com a Dano-Montenià (Paleocè).

Seguret (1972) en el seu estudi dels mantells de la part central de la vessant sud dels Pirineus inclou les fàcies que ens ocupen en el Mantell del Pedraforca, al que divideix en dues unitats. Indica, també, que aquest mantell s'ha desplaçat amb vergència sud per liscament sobre els fons del mar Eocè. L'impuls del lliscament suposa que és al menys parcialment per gravetat degut a l'aixecament de la zona axial Pirinenca.

Garrido-Megias (1970) i Garrido-Megias i Rios (1972) en la seva síntesi del secundari i terciari del Pirineu Central refereixen aquestes fàcies des d'un punt de vista estructural; doncs les inclouen dins de l'unitat cabalçant del Mantell del Montsec i amb ell en tot el procés de la tectònica pirenenca.

Garrido-Megias (1972) descriu l'emplaçament del Mantell del pedraforca durant el Cuisià sincrònicament al desenvolupament del Mantell de Cotiella i als primers moviments del flanc sud del Montsec. Defineix, també, la relació espai-temps entre els mantells de Gavarnie i Montsec.

Garrido-Megias (1973) proposa varies hipòtesis sobre la gènesi del Mantell de Montsec: a) la distensió provoca la creació d'un solc en la plataforma sudpirenenca a la qual va associat l'aixecament de la zona axial, lo qual és causa

suficient per provocar el lliscament gravitacional del Mantell del Montsec. b) el mecanisme de distensió-compressió pot ser la causa del Mantell del Montsec, en aquest cas postula dues solucions diferents: 1. la distensió hauria afectat la zona sudpirinenca que quedaria compensada per la compressió nordpirinenca, això provocaria l'aixecament de la zona darrera del mantell i l'expulsió de la depressió creada pel solc; 2. elevació de la zona axial en una fase fini-cretàcica i creació d'una depressió del solc amb moviment del mantell en una fase cuisiana.

Liebau (1973) fa una breu interpretació de les fàcies garumnianes en el sector d'Isona (Zona de Tresp) a les que els hi atribueix un caràcter salobre amb alguna influència marina, i descriu detalladament la litologia i taxonomia dels grups fòssils que localitza en afloraments puntuals de la Zona de Tresp.

Moeri (1977) va estudiar de manera detallada els materials del Cretàcic superior al est del riu Segre i comparà les seqüències de l'unitat Sudpirinenca (zona de Coll de Nargó), la del mantell del Pedraforca i l'al.lòcton de la Serra del cadí. I va reconeixen en elles les formacions Adraén, Bona, arén i Tresp ja definides.

Pons (1977) assegura que la fauna associada als nivells de lutites i lutites carbonoses garumnianes de la secció del Barranc de la Posa caracteritza Maestrichtià inferior.

Vergés i Martinez (1978) en un informe geològic inèdit del sector de les mines de Fígols fan una cartografia de les unitats litostratigràfica exhaustiva de l'àrea i remarquen l'importància que té la tectònica alhora de coneixer l'emplaçament de les capes de lignit. Estableixen que els afloraments de carbó es troben tots situats en la par al.lòctona del mantell de corriment, mentre que en l'autòcton, situat més al sud durant la deposició de carbó, no conté aquestes capes organògenes.

De Porta i al. (1985) en analitzar pal.linològicament els materials garumnians de la sèrie del Barranc de la Posa, Conca de Tresp, interpreten aquests materials com sedimentats en un ambient marí en la part basal que mica en mica evolucionen cap a condicions lacustres i finalment a dipòsits al.luvials. Atri-

bueixen aquests materials al Maastrichtià inferior. Les dades que obtenen en aquest estudi són equiparables a les que varen descriure Solé i De Porta (1984) en el sector Isona-Coll de Nargó.

Colombo i al. (1986) diferencien quatre unitats litostratigràfiques informals en les fàcies garumnianes dels sinclinal d'Ager: calcàries basals, tram detrític inferior, calcàries intermitges i complexe superior. El límit superior l'estableixen les calcàries amb alveolines de l'Ilerdià i l'inferior el Maestrichtià marí discordant.

Muñoz i al. (1986) analitzen les unitats tectòniques pirinenques que inclouen les fàcies garumnianes que ens ocupen.

I.G.M.E. (1987) en el seu treball de síntesi geològica i minera dels carbons del nord-est de la península ibèrica fan referència als materials organògens garumnians, sota una visió estratigràfica i econòmica.

Clavell i al. (1988) estudien la morfologia del basament del Pirineu oriental, la seva evolució i relació amb els mantells de corriment en els quals s'hi troben incloses les àrees analitzades.

Dominguez i Sáez (1988) fan un estudi estratigràfic dels nivells de carbó del garumnià de sector de Fígols-Saldes, corresponents al Membre Margues de Sant Corneli, dins de la Formació Tremp. Els hi atribueixen un origen lacustre amb algunes possibles intercalacions marines a la base de l'unitat i relacionen el canvi de potència de les unitats garumnianes amb l'emplaçament dels mantells pirinencs (relació tectònica-sedimentació).

García-Veigas (1988) estudia la formació evaporítica de les fàcies garumnianes de les Conques de Tremp i Ager, des d'un punt de vista petrològic, geoquímic i sedimentològic. Arriba a la conclusió que ambdues unitats formaven part de conques individualitzades durant el Paleocè i els hi atribueix un caràcter lacustre-continental amb desenvolupament d'episodis evaporítics. Afirmar, també, l'existència d'un alt geogràfic entre aquestes conques.

Rosell i Llompart (1988) descriuen el Garumnià de la zona d'Ager com a constituït per: un tram vermell basal lligat al cicle cretaci; un carbonàtic intermedi que representaria el nivell de transició entre l'era Secundària i la Terciària, sense datar degut a la manca de fòssils, se suposa que estan lligades al final del cicle Cretaci superior o bé al Paleocè; i un de vermell superior lligat al Eocè inferior. Aquesta seqüència els fa pensar en la existència d'una llacuna estratigràfica que abastaria tot el temps del Paleocè.

Vergés i Martínez (1988) en un estudi estructural situen en el temps l'emplaçament del Mantell Superior del Pedraforca en el Maestrichtià alt, mentre que el Mantell Inferior -on es troben les fàcies organògenes estudiades- l'emplacen ja en el Lutecià inferior.

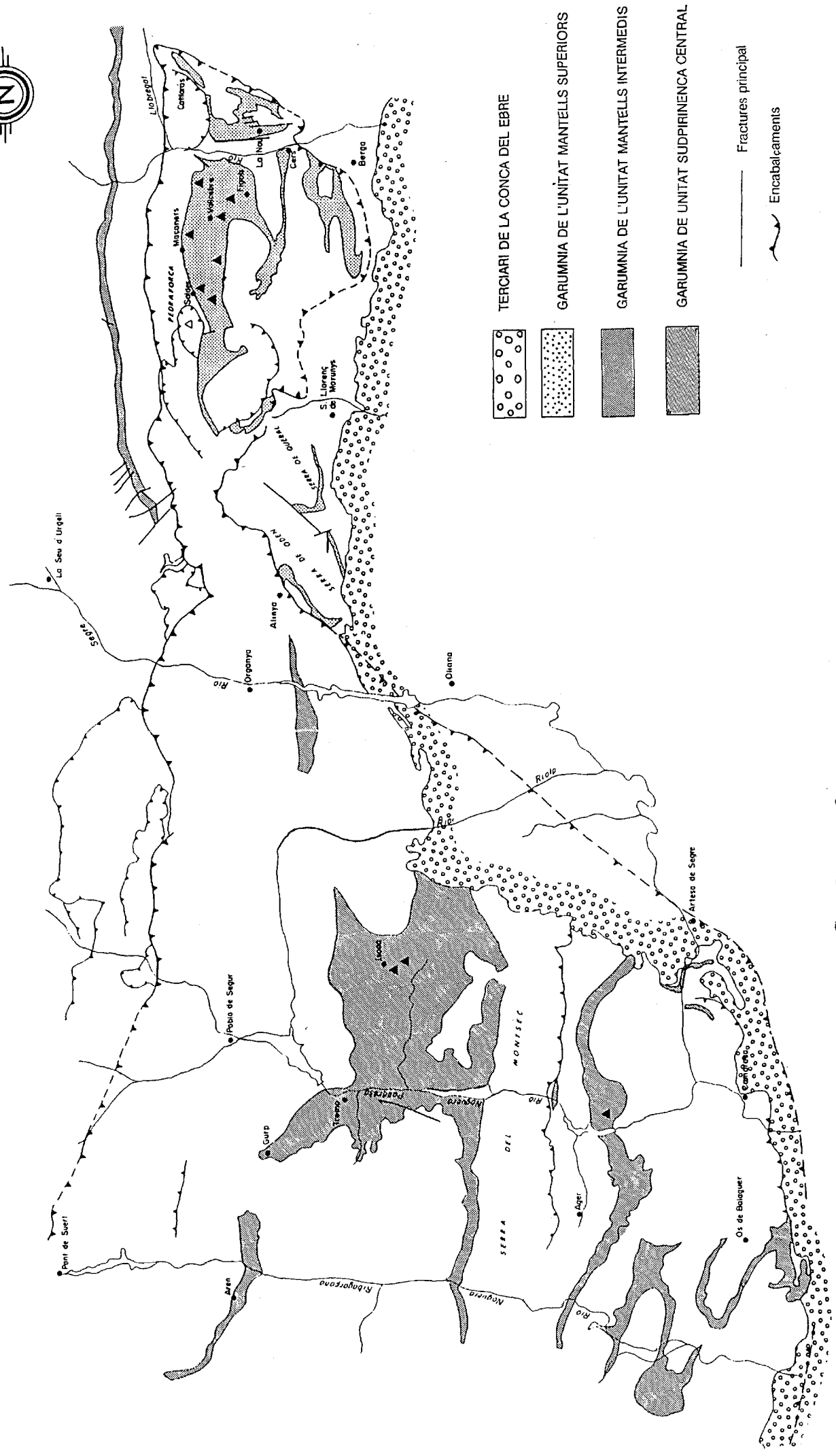
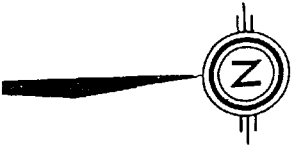
1.3. METODE I TECNIQUES EMPRADES

Per tal d'assolir els objectius proposats s'han emprat, tal i com veurem en aquest capítol, les tècniques analítiques microscòpiques ja tradicionals en l'estudi petrogràfic de la matèria orgànica. Aquestes, han estat complementades per anàlisis de tipus geoquímic, per poder establir millor el seu estadi diagenètic i les transformacions que han sofert. Tanmateix, per a resoldre el problema que s'ens presentà amb la caracterització i quantificació de la fracció inorgànica, que acompanya a l'orgànica determinada, s'han utilitzat les tècniques més adients en aquest cas com són les microscòpiques i la difracció de Raigs X. De manera novedosa, doncs té una curta trajectoria en aquest camp, hem emprat l'espectroscòpia Mössbauer per tal de conèixer l'evolució del ferro en les transformacions diagenètiques que tenen lloc en la zona sedimentaria estudiada. Finalment, per poder arribar a conèixer l'associació que s'estableix entre la fracció orgànica i l'inorgànica ens hem ajudat amb la microscopia electrònica.

1.3.1. METODE TREBALL

Una primera fase de l'estudi que ens ocupa ha estat una important recopilació bibliogràfica centrada, fonamentalment, en les fàcies garumniànes del Pirineu català, per a partir d'aquí determinar les àrees a estudiar, i triar els llocs concrets on aixecar els perfils estratigràfics i fer la recollida de mostres.

En funció d'aquest estudi previ, que posà de manifest les zones on el garumnià té fàcies organògenes, i tal i com ja s'ha explicat en l'apartat anterior de introducció geogràfica i geològica de les zones estudiades, es seleccionaren les següents àrees de treball: Zona de l'Alt Berguedà, Zona de Tremp i Ager. A partir d'aquí, s'han realitzat els treballs de camp i els estudis de laboratori.



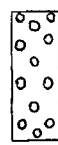
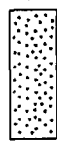




- 
TERCIARI DE LA CONCA DEL EBRE
- 
GARUMNIA DE L'UNITAT MANTells SUPERIORS
- 
GARUMNIA DE L'UNITAT MANTells INTERMEDIJS
- 
GARUMNIA DE UNITAT SUPDIRINENCA CENTRAL
- 
Fractures principal
- 
Encabalcaments

Figura 3. Cartografia dels afloraments de les fácies garumnianes en el sector central de la vertent sud del Pirineu segons Seguret (1972) i localització de les columnes estratigràfiques aixecades en cadascuna de

1.3.1.1. Treball de camp.

En primer lloc, basant-nos en: la relació magnitud de la conca-potencial de materials organògens que avui dia s'extreuen, en la possibilitat d'obtenir sondeigs i recollir mostres fresques en talls bons -corresponents a mines de cel obert-, ens va fer establir la Zona de l'Alt Berguedà com àrea principal de treball; mentre que les altres dues Zona de Tremp i d'Ager -on la quantitat de nivells organògens és menor i les condicions d'aflorament són molt pitjors, lo qual porta a un deteriorament de la qualitat de la mostra- fóren utilitzades de manera complementària a l'hora de cobrir els objectius d'aquest treball.

En les tres àrees triades s'han aixecat diferents perfils estratigràfics a escala 1/100, en un total de deu. De manera simultània a l'aixecament d'aquests s'ha dut a terme el mostreig de les mateixes, en el que s'inclouen les litofàcies més representatives. En aquest mostreig s'ha recollit un volum important de mostres, en previsió de les posteriors anàlisis a realitzar.

*** Zona de l'Alt Berguedà o Figols-Saldes.**

Així doncs, en la Zona de l'Alt Berguedà s'han seleccionat els millors afloraments, corresponents a talls de mina de cel obert, i s'han triat els sondeigs més representatius.

En aquesta zona s'han aixecat quatre perfils estratigràfics, anomenats: Sa, Sb, T i Ta, respectivament (veure figura 3. i 4.). Sincrònicament, aquests perfils han estat mostrejats de manera minuciosa i tenint especial cura en els trams més organògens. Aquestes sèries, classificades en base a la seva localització geogràfica, són:

I. Sèries emplaçades al Nord, en l'àrea de Saldes:

- Sa (mostres Sa 1 al 21, amb 85 m. de potència). Dés d'un punt de vista litostratigràfic formen part del tram intermig de la unitat Membre Sant Corneli.

- Sb (mostre Sb 1 al 5, amb 30 m. de potència). Corresponent a la part més alta del tram superior de la unitat Membre Sant Corneli.

II. Sèries emplaçades al Sud, en l'àrea del Tumí:

- T (mostres T 1 al 15, amb 20 m. de potència). Constitueixen la Formació Perles i l'anomenat, popularment, Nivell "cementos", aquest és considerat com el nivell guia que marca l'inici de la unitat Membre Sant Corneli.

- Ta (mostres Ta 1 al 32, amb 40 m. de potència). Forma el tram inferior de les Membre Sant Corneli.

En aquesta zona s'han mostrejat, també, tres sondeigs que han estat triats de manera que quedessin estratègicament distribuïts (veure figura 3. i 4.), per poder establir, posteriorment, relacions entre ells. Aquests tallen les majors potències dels materials a analitzar.

Els sondeigs mostrejats són:

- Pb (mostres Pb 1 al 42, amb 210 m. de potència). Localitzat a prop del poble de Maçaners. Aquest talla el Nivell "cementos" (nivell guia) i els trams inferior i mig de les Meembre Sant Corneli.

- M (mostres M 1 al 36, amb 270 m. de potència). Situat una mica més a l'Est de la població de Saldes. Aquest sondeig talla les Formació Perles, el Nivell "cementos" i les Membre Sant Corneli.

- V (mostres V 1 al 43, amb 490 m de potència). Es troba prop del poplet de Vallcebre. Aquest sondeig talla les parts mitja i inferior de la unitat Membre Sant Corneli.

Així doncs, el nombre total de mostres recollides i estudiades d'aquest sector, la Zona de l'Alt Berguedà, és de 194 en total.

De manera complementària a l'hora de caracteritzar les fàcies organògenes d'edat garumniana al Pirineu central català, i per a poder establir relacions entre conques d'igual edat, però amb diferent localització, ens ha portat a aixecar i mostrejar també, dos series estratigràfiques en les àrees de la Zona de Tremp (veure figura 3.) i un sol perfil en la zona d'Ager, prop de la localitat que porta aquest mateix nom (veure figura 3.).

En la Zona de Tremp les sèries estratigràfiques s'han aixecat prop de la localitat d'Isona, concretament en el Barranc del Llordà, on la Formació Tremp - com s'anomenen aquí les fàcies organògenes garumniànes està interestratificada en mig de la Formació Aren.

Els perfils estratigràfics, anomenats LI i C, han estat alçats a la vegada que eran mostrejats, aquest són:

- LI (mostres LI 1 al 21). Aquesta sèrie s'inicia sobre els gressos d'Arèn. A sostre d'aquest primer tram s'intercalen uns 10 mts. de la Formació Arèn i uns 10 m. més de la Formació La Posa sobre la qual s'hi torna a localitzar la Formació Tremp.
- Ic (mostre Ic 1 al 9). És tracta d'una mini sèrie de la Formació Tremp, la qual es correspon lateralment amb un tram cuber de la sèrie anterior (LI).

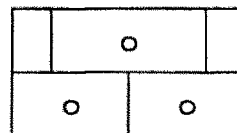
Finalmente, en la Zona d'Agèr s'ha realitzat una única sèrie estratigràfica, entre les poblacions de Camarasa i Ager (veure figura 3.). Aquest perfil correspon al tram carbonàtic basal de la fàcies garumnianes, que conté un nombre molt petit de nivells de litologia organògena.

- C (mostre C 1 al 23, amb uns 100 m. de potència).

En aquests darrers casos, zona de Tremp i Ager, el nombre de mostres recollides ha estat un total de 53, que en relació al de la zona de l'Alt Berguedà ha estat notablement inferior degut a la seva escassa representació i al tipus de litologia.

LLEGENDA

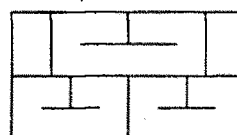
CALCARIES DE GRA GROLLER



CALCARIES DE GRA FI



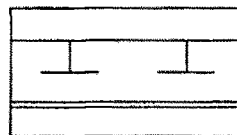
CALCARIES MARGOSES



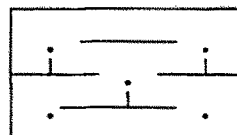
CALCARIES ORGANOGENES



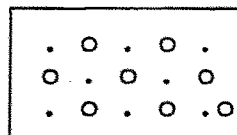
LUTITES-MARGOSES ORGANOGENES



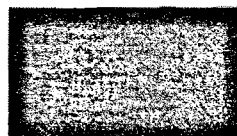
LUTITES-MARGOSES



NIVELLS SORRENCES



NIVELLS ORGANOGENICS (CARBO)



*** Aquesta llegenda s'ha fet servir al llarg de tota la memoria.

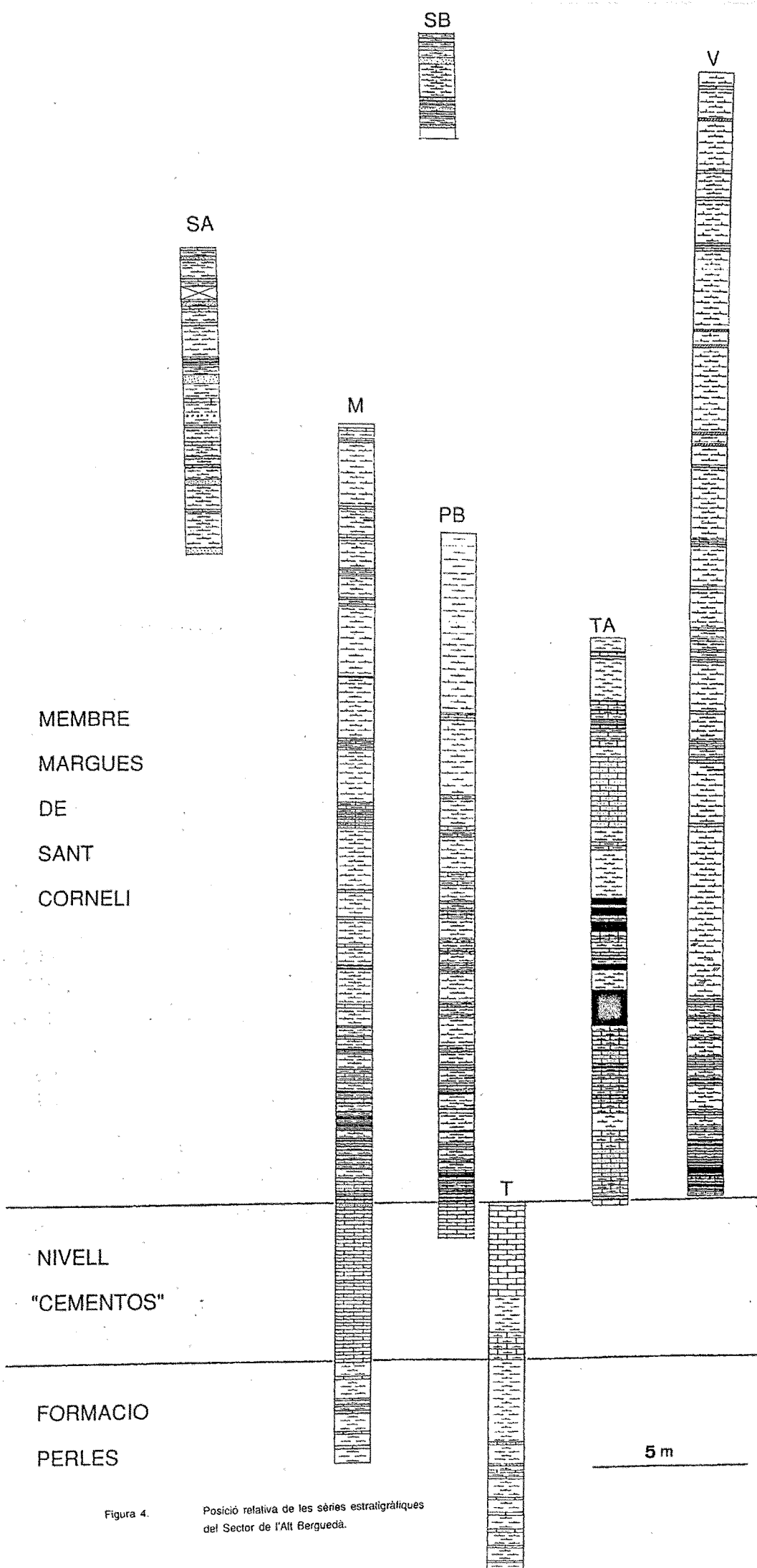


Figura 4.

Posició relativa de les sèries estratigràfiques del Sector de l'Alt Berguedà.

1.3.1.2. Treballs de laboratori.

Un cop obtingudes les mostres en el camp s'ha passat a la seva preparació en el laboratori. El tipus de tractament que s'ha efectuat en cadascuna d'elles ha estat en funció de la seva anàlisi posterior.

De cada mostra s'han fet tres bocins, de diferent mida segons la quantitat i qualitat (litologia) del troç original. Un primer bocí, generalment el més consistent, ha estat separat per a fer-hi làmines primes -emprant el mètode clàssic, però deixant-les sense cobrir-, de seccions polides i anàlisis paleontològiques. Un cop feta la secció polida s'ha retallat un tros de 2x2 cm i de 5 mm de gruix com a màxim, per a fer l'estudi de microscòpia electrònica. Un segon bocí s'ha apartat per a triturar-lo, i finalment, la tercera porció ha estat arxivada a la litoteca.

El segon bocí, un cop quartejat, s'ha triturat en un molí d'àngata i s'ha tamisat. Una part de la fracció retinguda entre els garbells de 1-0.5 mm, aproximadament uns 10 gr, és la que s'ha enviat a l'INCAR per a preparar les provetes granulades, que posteriorment s'han emprat per a mesurar la reflectància i fer contatges maceràlics. La fracció de mida aproximada entre 75-125 μm s'envià a la companyia de Chevron Oil Company of Spain, la qual s'encarregà de fer les anàlisis de piròlisi. Una altra porció de mostra tamisada s'ha emprat en l'anàlisi d'espectroscòpia Mössbauer. I finalment, la fracció pols s'ha preparat per a les anàlisis de difracció de raigs X. Ens aquest cas, barrejarem 60 mgr de pols de mostra, 5 mgr de fluorita -que ens ha servit de patró intern- i aigua destil·lada; vàrem filtrar el conjunt provocant la deposició uniforme de la barreja mostra-fluorita sobre un filtre d'uns 2 cm de diàmetre. Els filtres així obtinguts són els que s'han analitzat en el difractòmetre.

1.3.2. TECNIQUES.

1.3.2.1. Tècniques de microscòpia òptica.

En aquest estudi s'han emprat tres tipus diferents de tècniques microscòpiques òptiques: transmissió, reflexió amb llum blanca (figura 5.) i reflexió amb llum blau-violada (figura 6.), que ens permetran un millor reconeixement i estudi dels components orgànics i inorgànics existents a la mostra.

La realització simultània de les tècniques òptiques abans esmentades, ens permet establir comparances entre els diferents comportaments d'un mateix cos sota diferents condicions d'observació.

a. Microscòpia de transmissió.

L'anàlisi microscòpica utilitzant llum blanca transmesa és el mètode clàssic emprat en qualsevol estudi petrogràfic. En aquesta tècnica cal fer servir les làmines primes perquè ens permetrà identificar: els principals components inorgànics no opacs i els orgànics que segons el seu gruix ho han permès, així i com alguns dels processos diagenètics que han sofert.

En aquesta tipus d'anàlisi s'ha emprat un fotomicroscopi Zeiss pol, amb els següents objectius: Epiplan x 2.5/0.08, Epiplan x 8/0.2, Epiplan x 16/0.3 i Epiplan x 40/0.85.

b. Microscòpia de reflexió amb llum blanca.

La microscòpia de reflexió amb llum blanca és la tècnica clàssica emprada des de 1920 (Robert, 1985) en l'estudi dels carbons i dels minerals opacs. Fou Stach en 1927 qui introdueix l'objectiu d'immersió a l'hora d'identificar millor els components orgànics del carbó.

En l'estudi que ens ocupa, aquesta tècnica s'ha emprat per a: identificar i analitzar qualitativa i quantitativament els components orgànics existents i els seus minerals associats -fonamentalment els opacs-; per realitzar les anàlisis maceràliques quantitatives; i per mesurar la reflectivitat dels còssos orgànics. Aquesta anàlisi s'ha realitzat sobre seccions polides alhora d'identificar els components orgànics i sobre provetes granulades en el cas de la quantificació dels components orgànics i de la mesura de la reflectància.

*** Anàlisi maceràlica.**

Per a l'anàlisi maceràlica qualitativa i quantitativa s'ha utilitzat un fotomicroscopi Zeiss pol, amb l'objectiu d'immersió en oli: Epiplan x 40/0.85. L'oli d'immersió ($n_D = 1.5176$) emprat està lliure de fluorescència, per evitar així interferències amb posteriors anàlisis.

L'anàlisi maceràlica quantitativa s'ha fet mitjançant el mètode del contador de punts i emprant l'objectiu d'immersió en oli Epiplan x 40/0.85. En aquest mètode es col·loca una retícula en creu en un ocular (10 x) i s'hi identifica el maceral que es troba sobre el punt de creuament de les línies de la retícula, evitant d'aquesta manera el contacte doble d'un mateix gra. S'han comptat uns 500 punts per preparació (utilitzant provetes granulats), i l'escombrat ha estat en salts de 0,5 mm. Aquest procés fou establert per l'I.C.C.P. (1963/71).

*** Determinació de la reflectància.**

Tal i com ja s'ha dit, sota aquestes condicions d'il·luminació -al incidir perpendicularment un feix de llum monocromàtica- és quan té lloc l'anàlisi de la reflectància o mesura de la intensitat de llum reflectida per un cos (figura 5.. La mesura de la reflectància del maceral anomenat vitrinita -amb propietats òptiques que canvien de manera significativa al llarg de la carbonització- és un paràmetre estàndard per a determinar el grau d'evolució d'un carbó. El rang o grau evolutiu està condicionat per la temperatura i pel temps que ha estat sotmès a ella. D'aquesta manera, la reflectància de la vitrinita es pot considerar com a ter-

mòmetre geològic i indicador de les condicions bioquímiques del medi (Dulhunthy, 1954; Alpern, 1959/70/75/76/87; Alpern i Cheymol, 1978; Bostick, 1971a i b; Durand, 1975; Robert, 1985; Karweil, 1975; Bustín, 1986; Durand i al, 1986; Bustin i England, 1989).

La reflectància d'una substància es determina al comparar-la amb una altre de poder reflector conegut, en aquest cas un vidre sintètic d'índex de refracció conegut i la seva fórmula pot calcular-se mitjançant l'equació de Fressnel Beer (Galopin i Henry, 1972):

$$R = \frac{(n-N)^2 + K^2}{(n+N)^2 + K^2} \cdot 100$$

$$K = n \cdot k$$

R = reflectància (%)
n = índex de refracció de la substància
K = índex d'absorció de la substància
k = coeficient d'absorció de la substància
N = índex de refracció del medi

És a dir, la reflectància d'un cos és funció del seus índex de refracció i absorció, del coeficient d'absorció i de l'índex de refracció del medi d'immersió.

La intensitat de llum reflectida és recollida pel fotomultiplicador, el qual envia el senyal a un voltímetre o amperímetre. Sobre aquesta lectura s'aplica a la següent fórmula, per tal d'obtenir la reflectància de la substància mesurada:

$$R_s = \frac{L_s}{L_i} \cdot R_i$$

Ls: lectura de la substància
Li: lectura del patró
Rs: reflectància de la substància
Ri: reflectància del patró.

En l'estudi que ens ocupa s'ha mesurat la reflectància segons la norma ISO 7404/5, sobre seccions polides i provetes granulades, emprant-se en alguns casos ambdós tipus preparats per a una mateixa mostra.

Microscòpia quantitativa de reflexió: (figura 5.)

- Equip d'il.luminació

S'utilitza llum monocromàtica polaritzada amb el polaritzador a 45° , i longitud d'ona de 546-548 nm (verda). Per obtenir llum monocromàtica s'ha emprat un filtre d'interferència de 548 nm. El diafragma de mesura de camp il.lumina una superfície de $3 \times 3 \mu$.

- Sistema òptic

S'ha fet servir un microscopi Leitz MPV2 amb l'objectiu d'immersió en oli x 32/0.65.

- Sistema de detecció i càlcul

El sistema de detecció consta d'un fotomultiplicador EMI 9592 S-11, i un estabilitzador del fotomultiplicador d'alta tensió Knott-electrònic. El senyal elèctric emés per l'amplificador es enregistra per un multímetre HP (microampers) que es troba connectat amb un ordinador on s'hi analitzen les dades mitjançant els programes desenvolupats en el laboratori de petrografia del INCAR.

- Calibrat de estàndard

El patró estàndard emprat ha estat un vidre sintètic de Leitz, de reflectància 1.24% en immersió a 548 nm si es fa servir oli d'immersió d'índex de refracció $n_D = 1.5176$.

La mesura sobre el patró estàndard s'ha fet sempre sobre el mateix punt per evitar errors en el resultat. Aquesta mesura ha estat doble a l'iniciar l'anàlisi per verificar la netedat del patró i/o la presència de bombolles en el contacte objectiu-oli d'immersió-patró. Finalment, hem realitzat una darrera mesura del patró al concloure l'anàlisi de reflectància de cadascuna de les mostres, per determinar així la possible fatiga del fotomultiplicador.

Condicions crítiques de mesura:

La mesura de la reflectància de la vitrinita no és especialment difícil, però cal parar esment a una sèrie de condicions que ens poden fer variar els resultats experimentals:

- Polít: El polit de la mostra a mesurar ha de ser completament especular. La presència de ratlles provoca una dispersió de la llum i un descens de la reflectància.
- Nivellació de les mostres: La superfície de la mostra a mesurar ha d'estar rigorosament perpendicular a l'eix del microscopi. L'absència d'aquesta condició provoca un error sistemàtic que pot arribar a ser del 1% quan aquest desnivell no és massa gran (Vendrell, 1980).
- Localització de la mesura: Per no introduir errors en la mesura cal evitar de fer-la sobre elements de vitrinita deteriorats o bé propers a còssos pirítics; en el primer cas obtindriem valors de reflectància més baixos i en el segon les pirites ens farien pujar el valor excessivament.
- Parafocalització: Una parafocalització incorrecta pot ser una de les principals causes d'error. Ambdós exemplars -tant la mostra a analitzar com el estàndard- han de quedar completament enfocats sota l'objectiu. Un petit desenfoc d'un respecte l'altre pot introduir un error considerable en el resultat.

- Eb Estabilitzador de baixa tensió
- L Làmpara de 100 wats
- C Condensador
- FAC Filtre anticalòric
- Dc Diafragma de camp
- P Polaritzador
- D Diafragma d'obertura
- Le Lent per enfocar el Dc
- PB Prisma de compensació de Berek
- P Preparació
- Ob Objectiu
- A Analitzador
- LB Lent de Bertrand
- Oc Ocular inferior
- E Lamina semiplatejada
- OcF Ocular telescòpic
- M Càmera fotogràfica
- Dm Diafragma de mesura
- La Làmpara de 5 wats
- Ep Mirall abatible
- F Filtre d'interferència
- Fo Fotomultiplicador
- Fa Font d'alimentació estabilitzada d'alta tensió
- Mu Multímetre
- O Ordinador

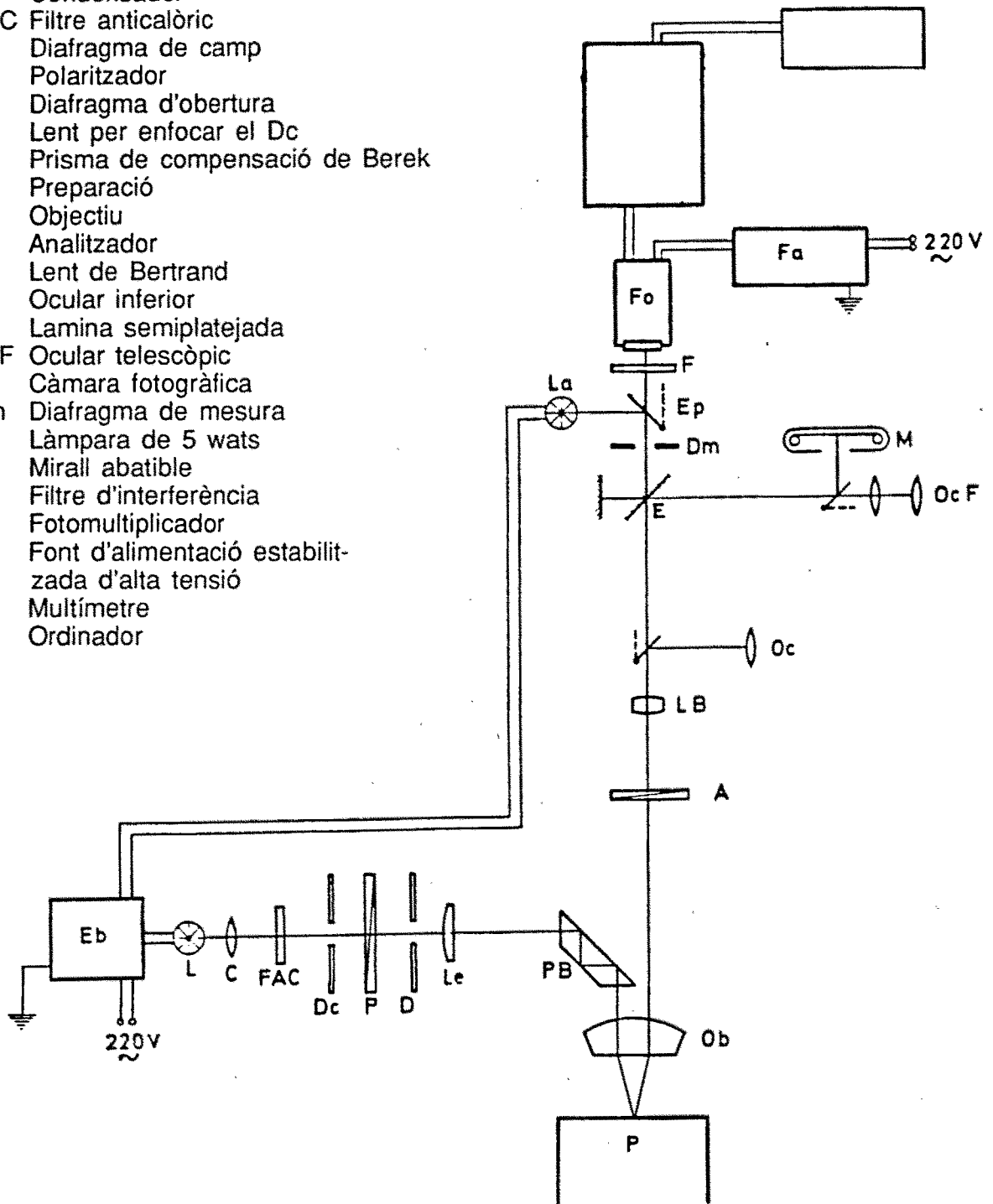


Figura 5. Esquema del mecanisme de mesura de la reflectància segons González-Prado (1972).

- Centratge del microscopi: Per realitzar una bona mesura és imprescindible que l'aparell estigui correctament centrat.

- Fotomultiplicador: La corba de resposta del fotomultiplicador és practicament lineal; no obstant, es detecta una certa caiguda de la resposta durant la primera hora d'excitació. Per això convé que es deixi passar un cert temps des del començament d'excitació del fotomultiplicador fins que es fan les primeres mesures (Vendrell, 1980).

En darrer terme, els resultats finals obtinguts en aquesta anàlisi de la reflectància s'han expressat en: forma de taules; on hi resten representades els valors de la reflectància promig de cada mostra, el nombre de mesures fetes en ella i la seva desviació estàndard (σ); i histogrames, construïts en intervals de classe de 0.1% (veure capítol 2. i anexe I, respectivament).

c. Microscòpia de fluorescència.

L'avaluació de la fluorescència en els cossos orgànics és directament aplicable als macerals del grup de la liptinita (espores, cutinites, resinites i algues). A la vegada, pot arribar a ser un paràmetre paral·lel o alternatiu a la mesura clàssica del poder reflector de la vitrinita, i tanmateix complementari en la caracterització diagenètica de la mostra.

Des d'un punt de vista històric fou Schochart (1936 a i b, 1943) qui va fer servir per primer cop el mètode microscòpic de fluorescència pels lignits, posteriorment, Stach (1949), Ammossov i Ermakov (1950), i Jacob (1953/64) estableixen una petrografia de lignits mitjançant la seva fluorescència. L'utilització d'aquesta tècnica ha permès el descobriment de nous macerals (Teichmüller, 1974; Teichmüller i Durand, 1983), el desenvolupament de la petrografia orgànica fluorescent -molt interessant en l'estudi de carbons de baix rang i de pissarres bituminoses (Alpern, 1976; Alpern i Cheymol, 1978; Raynaud i Robert, 1976; Robert, 1979; Murchinson, 1987; Robert, 1981/85; Hutton, 1987)- i l'estudi de la

espectrofluorimetria, que pretén: quantificar la fluorescència emesa pel cos orgànic i establir patrons estàndards que puguin servir per unificar i correlacionar les mesures fetes en els diferents laboratoris, tal i com ja es fa amb la reflectància de la vitrinita (van Gijzel, 1967; Ottenjann i al., 1974/75; Radke i al., 1980; Bertrand i al., 1985; Bertrand, 1986; Pradier i al., 1987; Carolyn i al., 1987; Thompson-Rizer i Woods, 1987; Laggoun-Défarge, 1989; Largeau i al., 1989).

El mètode microscòpic que ens ocupa consisteix en fer incidir llum blau-violada -de longitud d'ona curta- sobre la mostra, fet que provoca, en certes molècules anomenades per Bertrand (1986) com a cromofors, l'emissió de llum fluorescent. Aquesta fluorescència està lligada a la presència de dobles enllaços i certs grups funcionals al·lifàtics (Stach, 1969).

Així, doncs, la fluorescència d'un cos està íntimament lligada a la seva estructura química. A mesura que la matèria orgànica madura, varia el seu quimisme i amb ella l'evolució de la seva pròpia fluorescència. Aquesta variació anirà des de coloracions verdes en estadis inmadurs fins a vermelles o fins i tot desapareixerà quan arriba al punt màxim de maduresa (van Gijzel, 1967/75; Ottenjann i al., 1974). La fluorescència pot utilitzar-se, també, com a paràmetre per avaluar l'alteració tèrmica de la matèria orgànica o la seva maduresa, encara que en estadis força evolucionats s'ha de tenir en compte que la presència d'hidrocarburs lliures pot enmascar aquesta fluorescència primària (Pradier i al., 1987). El color de fluorescència és funció del gradient de temperatura al que ha estat sotmesa la matèria orgànica.

En general, es pot afirmar que la fluorescència varia de manera inversa a la reflectància. D'aquí que els cossos que tenen una fluorescència alta presenten una feble reflectància i viceversa; per aixó la fluorescència és força representativa en el grup de macerals de la liptinita i en estadis inicials de carbonització. Tanmateix, els macerals del grup de la vitrinita i de la inertinita no són fluorescents sota les condicions d'il·luminació emprades clàssicament, però sí sota un altre tipus d'excitació.

Quan la matèria orgànica és sotmesa a períodes d'exposició de llum blau-violada llargs (normalment de 10 a 30 minuts) es produeixen modificacions del

seu espectre de fluorescència, anomenades: "fading" i alteració o "fading espectral"; ambdós són processos geoquímics irreversibles. Van Gijzel (1967) defineix el fenomen del "fading" com la variació de la intensitat de llum amb el temps, per a una longitud d'ona determinada. Generalment, es mesura en longituds d'ones de 546 nm i pot ser positiu o negatiu, segons es produeixi un increment de l'intensitat lluminosa o una merma de la mateixa, respectivament.

En el present estudi, l'anàlisi efectuada sota aquest tipus d'il·luminació s'ha realitzat des d'un punt de vista tan sols qualitatiu. S'han emprat pel mateix làmines primes, seccions polides i provetes granulades; utilitzant el mateix fotomicroscopi Zeiss pel de l'aparat anterior, sobre el que s'ha instal·lat una làmpara de vapor de mercuri HBO de 100 W d'alta pressió com a font d'il·luminació, un filtre d'excitació blau-violetat que s'intercala en el feix lluminós emès per la làmpara (BG-12, de màxima transmissió de longitud d'ona de 436 nm), un mirall dicròic DM 455, un filtre anticalòric d'absorció (BG-38), filtres de parada, un objectiu d'immersió en oli Epiplan x 40/0.85 i els següents objectius en sec: Neofluor de x 16/0.40 i Ultrafluor x 10/0.2, per poder apreciar la fluorescència de la mostra (figura 6.).

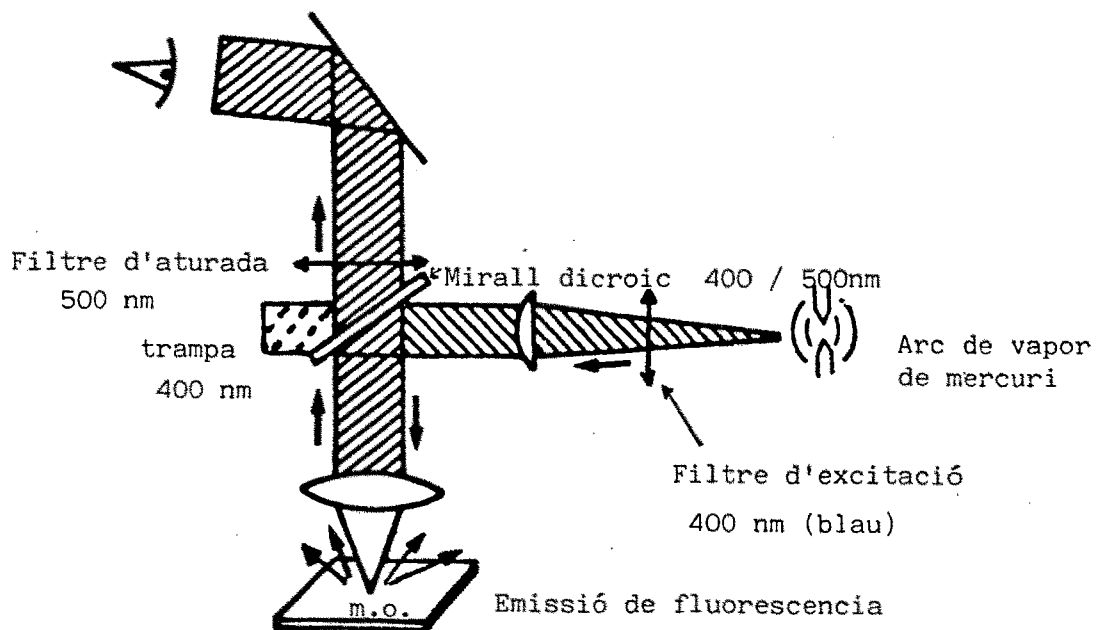


Figura 6. Esquema del recorregut de la llum fluorescent (Robert, 1985).

A l'hora de qualificar i quantificar la fluorescència s'ha de tenir en compte que l'apertura numèrica de l'objectiu emprat influeix en la intensitat de la fluorescència. Aquesta és major quan més gran és l'apertura numèrica de l'objectiu, doncs es produeix llavors una major concentració de llum.

Passem a explicar, breument, el recorregut de la llum en aquesta anàlisi. Quan la llum d'excitació UV arriba a la mostra s'hi produeix l'excitació de fluorescència. La major part de llum blau-violada és reflectida en el mirall dicròic i una petita part s'escapa. Aquesta darrera constitueix la llum residual, perjudicial per la vista, que es absorbeix mitjançant el filtre barrera.

1.3.2.2. Microscopia electrònica de rastreig.

El microscopi electrònic utilitzat en aquest estudi és un JEOL model JSM-840. Les condicions de treball han estat 15 kV de tensió d'excitació, una distància de treball entre el detector i la mostra de 30 mm i recobriment de grafit. L'equip està dotat d'espectrometria d'energia dispersada de raigs-X (LINK), que permet caracteritzar químicament les partícules que s'observen en l'imatge. En aquesta anàlisi s'han emprat fragments de mostra polida, de poca alçada i de la màxima superfície possible.

Aquest tipus d'anàlisi microscòpica permet diferenciar les fases orgàniques e inorgàniques de les mostres, observar les diferents morfologies i mides, reconèixer el quimisme de les fases inorgàniques, i a la vegada possibilitar l'establiment d'associacions organo-minerals (Bonnamy, 1981; Spears i Caswell, 1986; Cressey i Cressey, 1988; Straszheim, W.E.; Pickhardt, 1989; Querol i al., 1989).

1.3.2.3. Difracció de raigs-X.

La tècnica es basa en la difracció produïda al reticle cristal·lí per la radiació electromagnètica d'una longitud d'ona del mateix ordre de magnitud que les distàncies interatòmiques involucrades (raigs X). Cada fase cristal·lina té un espectre de difracció (geometria i intensitat dels raigs difractats) característic. Per tant, la

determinació d'aquests espectres és un sistema d'anàlisi de les fases cristal·lines (minerals) presents a la mostra (Deer i al.,1988).

L'aplicació de la difracció de raigs X en l'estudi de materials amb un alt contingut en la fracció orgànica ha estat desenvolupada per nombrosos autors (O'Gorman i Walker, 1971; Powell i al., 1978; Robert i al., 1979; Hill, 1980; Spears i Caswell, 1986; Bustin i Lowe, 1987; Miller i Given, 1987; Cressey i Cressey, 1988; va Der Flier-Keller i Fyfe, 1988; Lyons i al., 1989a i b; Palacios i al., 1989; Pickhardt, 1989; Querol i al., 1989; Ward, 1989). En el cas de les fàcies garumianes que ens ocupen la difracció de raig-X només ens permetrà determinar la fracció inorgànica associada a la fracció orgànica.

Tanmateix, i seguint el mètode de Chung (1974, 1975), és possible la determinació quantitativa de les diferents fases cristal·lines presents. Segons Chung (1975) les intensitats dels pics associats a una fase mineral i al patró intern satisfàn la següent equació:

$$K_{i,p} = \frac{X_p}{X_i} \cdot \frac{I_i}{I_p}$$

on X_i i X_p són les fraccions de la fase a quantificar i del patró, i les I_i i I_p les intensitats de la reflexió escollida per a la fase a quantificar i del patró, i, finalment, K_i és una constant que per a cada fase mineral s'ha determinat prèviament a partir de barrejes al 50% de la fase en qüestió i del patró.

Recordem que el patró emprat en el nostre cas ha estat la fluorita, perquè és un mineral amb una estructura cristal·lina cúbica que presenta moltes extincions sistemàtiques i, per tant poques superposicions amb els pics corresponents a les fases minerals associades a les nostres mostres.

En el nostre cas, en la taula 1., presentem les reflexions escollides per als diferents minerals a quantificar i els valors de les constants K_i en cada cas.

	hkl	d (Å)	K (relativa a Fluorita)
Illita	002	10.0	0.3347
Caolinita	001	7.3	0.6693
Clorita	001	13-14	0.4016
Quars	100	4.26	0.5250
Calcita	100	3.03	1.6
Pirita	200	2.70	1.7065

Taula 1. Valors de les constants K relatives a la fluorita per a les diferents fases minerals identificades.

La quantificació de les argiles presenta algunes dificultats addicionals que cal tenir en compte. D'una banda, la baixa cristallinitat i elevat grau de substitució de l'estructura cristal·lina fa que no existeixin patrons ideals per aquests tipus de fases. D'altra banda, la tendència a que presentin orientacions preferencials fa que les intensitats determinades pels pics no siguin tampoc massa fiables. Aquesta problemàtica fa que la quantificació de les argiles sigui un tema encara no totalment resolt. En el nostre estudi hem escollit un mètode semiquantitatiu que es el que ens ha semblat més addient, consistent en considerar un sistema tancat entre les argiles juntament amb el quars, en el que les tres fases sumin 100 (Martín, 1968). És a dir:

$$X_i = K_{i,Q} X_Q \frac{I_i}{I_Q}$$

$$\sum_i X_i + X_Q = 100 \quad \begin{array}{l} i = 1, N \text{ (argiles)} \\ Q = \text{Quars} \end{array}$$

D'aquesta manera és possible determinar la concentració de les diferents argiles en relació al quars de la mostra. Posteriorment i mitjançant el mètode quantitatiu habitual determinarem -considerant ara el sistema obert- les proporcions absolutes de les altres fases minerals, entre elles el quars, i a partir de la quantitat de quars podrem recalcular les quantitats absolutes de les diferents argiles. Posteriorment, sumant totes les contribucions de les fases cristal·lines, la diferència fins a 100 ens donarà la fracció orgànica i altres fases minoritàries no determinables.

1.3.2.4. Espectroscòpia Mössbauer.

És una tècnica espectroscòpica basada en la absorció ressonant nuclear del nucli de fotons Γ d'energies addients. Ens permet l'anàlisi de l'entorn atòmic (químic) i cristal·logràfic del nucli de l'element estudiat. El número d'elements químics que són susceptibles de presentar absorció ressonant no és gaire gran degut a diversos factors que ho impedeixen. Entre els núclis de més interès podriem destacar el ferro, l'estany, l'or, etc.; en el cas que ens ocupa, l'element d'interès és evidentment el ferro. Aquesta tècnica és especialment interessant donat que la informació que ens dóna és molt àmplia ja que ens permet separar i quantificar els diferents compostos o formes en que es troba el ferro (Bancroft, 1973) (taula 2.).

Quant en un medi hi ha diversos estats químics i/o entorns cristal·lins per als nuclis analitzats, l'espectre resultant és la superposició dels espectres corresponents a cada un d'ells. La problemàtica bàsica de l'Espectroscòpia Mössbauer consisteix en determinar els diferents elements sumats en l'espectre final. Per tal de fer-ho cal ajustar les corbes definides pels punts experimentals mitjançant unes corbes teòriques que han de complir uns certs requisits. El procediment habitual consisteix en ajustar pel cas dels doblets, dos corbes de forma Lorentziana de iguals amplades i intensitats i, pel cas dels sextets, sis corbes simètriques dos a dos en amplades i intensitats i amb posicions que depenen d'un únic paràmetre, el camp magnètic (H). Els doblets ens donen a través dels paràmetres d'ajust (IS i QS) si el ferro és Fe^{3+} o bé Fe^{2+} , i l'entorn cristal·lí d'aquests. Els sextets ens apareixen quan tenim substàncies que presenten ordenament magnètic (òxids de ferro, hidròxids, ferro en estat metàl·lic). Els sextets també ens permeten determinar l'estat d'oxidació dels àtoms de ferro involucrats i l'entorn cristal·lí (paràmetres IS i QS) i el valor del camp magnètic H ens permet identificar de quina fase es tracta (Pradell, 1988).

Els aparells utilitzats, són un "driver" de la casa Halder, contador proporcional, sistema electrònic d'amplificació del senyal elèctric obtingut, multicanal per a l'obtenció i emmagatzament de les dades i finalment, el "software" adequat per a la col·lecció de les dades experimentals i per a l'ajust dels espectres obtinguts;

tots ells pertanyents al Laboratori de Física Atòmica i Nuclear de la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona.

T (C)	Fe (mms ⁻¹)	E ₀ (mms ⁻¹)	Associació
300	1.09-1.16	2.60-2.90	Fe ²⁺ posició cis en les argiles.
300	1.12-1.18	2.05-2.35	Fe ²⁺ posició trans en les argiles.
300	0.30-0.35	1.00-1.25	Fe ³⁺ en les argiles
300	1.21-1.26	1.75-1.82	Siderita
300	1.21-1.30	1.40-1.65	Ankerita, dolomita: Fe ₂ , Fe ²⁺ calcita
300	0.29-0.34	0.58-0.65	Pirita, marcasita o Fe ₃ en argiles.
300	0.31-0.38	50.7-51.6	Hematites

Taula 2. Paràmetres Mössbauer utilitzats en els minerals rics en ferro de les mostres garumnianes estudiades (Morup i al., 1985).

1.2.2.5. Tècnica de piròlisi.

Una nova caracterització de la matèria orgànica que forma part de les fàcies garumnianes estudiades ve donada per l'utilització d'un mètode de piròlisi (degradació tèrmica en absència d'oxigen) a temperatura constant anomenat: **rock-eval** (Espitalié i al. 1973, 1977).

Aquest mètode és molt freqüent en els estudis d'exploració petrolífera (Barker, 1974; Tissot et al., 1974; Espitalié i al., 1977/80/85a i b/86; Herbin i Deroo, 1979; Tissot i Welte, 1978; Espitalié, 1983; Tissot, 1983/84; Garcia-Vallès, 1986; Powell, 1986; Bustin, 1988) per l'avantatge que suposa la rapidesa en la que s'obté informació -ja estandaritzada- sobre el contingut orgànic de la mostra, sobre el seu potencial generador de petroli i sobre el seu grau d'evolució o maduresa.

El mètode de piròlisi rock-eval consisteix en escalfar a temperatura programada (aproximadament 25°C/min), sota atmòsfera inert (heli) una petita quantitat de mostra (100 mg) que ens permetrà determinar-hi quantitativament i de manera selectiva:

- els hidrocarburs lliures que en forma de gas i petroli formen part de la mostra.
- els compostos hidrocarbonats i oxidats (CO_2) que són expulsats en el trencament de la matèria orgànica insoluble en àcids orgànics (querogen) que conté la mostra (Espitalié i al., 1985).

Passem a descriure breument l'aparellatge que s'emprea en la piròlisi rock-eval. Aquest aparellatge consisteix bàsicament en un microfor que manté la temperatura constant a uns 550°C , per evitar que es produeixi en ell la condensació d'hidrocarburs pesants s'hi introdueix un detector d'ionització de flama. La mostra a analitzar és situa en un receptacle per on circula el gas inert d'heli i s'introdueix en el forn. Inicialment aquest té una temperatura aproximada de 90°C , que va augmentant progressivament fins arribar als 650°C . En aquesta segona etapa és produeix la volatilització dels hidrocarburs líquids (petroli) després de la degasificació dels hidrocarburs procedents del trencament de la matèria orgànica residual.

Aquesta tècnica de piròlisi rock-eval ens proporciona informació sobre els paràmetres següents (figura 7.):

- a. Quantitat d'hidrocarburs lliures continguts en cada mostra. Aquests queden representats en els paràmetres: S_0 , obtingut als 90°C , correspon als hidrocarburs gasosos volatilitzats; i S_1 constitueix els hidrocarburs líquids alliberats a 300°C .
- b. Quantitat d'hidrocarburs generats procedents del trencament del querògen i compostos pesats (reïnes i asfalts) a una temperatura entre $300-600^\circ \text{C}$. Aquest valor correspon (S_2) a la quantitat d'hidrocarburs que es poden generar si les condicions són propícies en l'evolució natural de la mostra.
- c. Quantitat de CO_2 alliberat en el trencament del querògen, a temperatures entre $300-390^\circ \text{C}$. Aquest paràmetre queda reflectit en el paràmetre S_3 .

* S_0 , S_1 , S_2 i S_3 s'expressen en miligramms d'hidrocarbure per gram de roca.

- d. Temperatura màxima (T màx): correspon a la màxima producció de pirolitzats. Queda representat en l'alçada del pic S_2 . Aquest paràmetre augmenta en funció del grau d'evolució de la matèria orgànica, i delimita les següents zones:

Zona Inmadura: $T_{\text{màx}} < 435^\circ \text{C}$

Zona de Formació de petroli: $T_{\text{màx}}$ entre $435-465^\circ \text{C}$

Zona de formació de gas: $T_{\text{màx}} > 465^\circ \text{C}$

- e. Quantitat de carboni orgànic residual procedent de la piròlisi de la mostra, obtinguda per la combustió a $600-650^\circ \text{C}$. Aquest correspon al pic S_4 .

A partir d'aquests paràmetres s'obté:

- a. Contingut en carboni orgànic total (COT): es calcula a partir de la suma del carboni orgànic residual (S_4) i el carboni orgànic pirolitzat, aquest darrer es dedueix dels hidrocarburs continguts en el S_1 i S_2 .
- b. Index d'hidrogen (IH) i Index d'Oxigen (IO): ambdòs corresponen als valors de S_2 i S_3 expresats respectivament en mg de HC per gram de COT i en mg de CO_2 per gram de COT.

Si establim una correlació -a través d'un diagrama- entre l'index d'hidrogen i la temperatura màxima, podem caracteritzar la matèria orgànica de la mostra i el seu grau evolutiu.

- c. Index de producció (IP). Es poden establir tres tipus diferents d'index en funció de la producció de gas, petroli i petroli més gas. Aquests index corresponen, quan no es produeixen fenòmens de migració, a les taxes de transformació de la matèria orgànica en gas i petroli en el transcurs de la seva evolució. Així doncs, permetran controlar si es poden produir hidrocarburs lliures a partir de la matèria orgànica de la mostra que analitzem. A través d'aquests index es poden detectar fenòmens de migració, quan els seus valors són majors o menors als teòrics.

Index de producció de gas (IPG): $IPG = S_0 / S_0 + S_1 + S_2$

Index de producció de petroli (IPP): $IPP = S_1 / S_0 + S_1 + S_2$

Index de producció de gas+petroli total (IPT): $IPT = IPG + IPP$

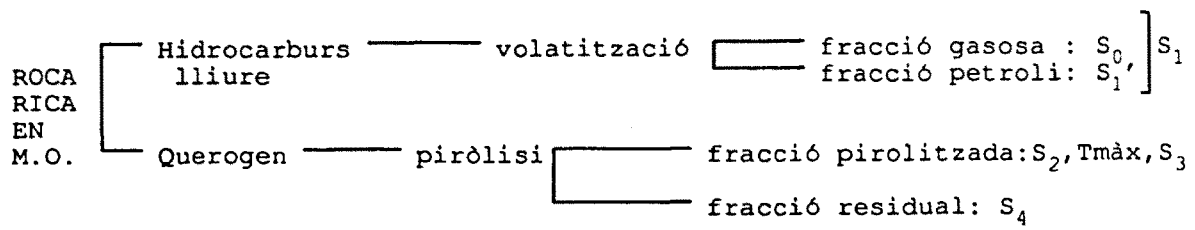


Figura 7. Esquema del funcionament del mètode rock-eval.

FRACCIO ORGANICA

2. FRACCIO ORGANICA.

2.2. COMPONENTS ORGANICS IDENTIFICATS

Els constituents orgànics que formen i/o es localitzen a les fàcies garum-nianes estudiades, corresponen fonamentalment a restes vegetals que, en funció del seu grau de carbonització, mantenen o no les seves estructures originals.

Tanmateix, trobarem elements orgànics productes de transformació-degradació físico-química i/o bioquímica (acció bacteriana). En ells no s'hi reconeixerà, possiblement, el seu origen botànic, degut al grau de modificació. Aquests darrers són els denominats secundaris.

L'origen d'aquests productes orgànics incorporats en el sediment deriven d'organismes que vivien a la mateixa conca de sedimentació, o bé d'organismes procedents de fora de l'ambient sedimentari analitzat. Aquests darrers s'incorpo-

ràren a la conca sedimentària mitjançant l'acció dels agents geològics externs, els quals provoquen, generalment, un retreballament i/o deteriorament. Els primers components orgànics s'anomenen autòctons al propi ambient de sedimentació; mentre que els darrers es consideren com al·lòctons a la conca analitzada i solen trobar-se en menor proporció respecte als altres (Durand, 1980).

La definició i agrupació dels diferents components orgànics observats en els materials garumnians i la seva posterior classificació s'ha fet en base a les seves propietats físiques com són: la morfologia, el grau de gelificació, l'estructura, la mida, el relleu, la lluïssor, el color, el seu comportament iso i/o anisotròpic, el seu poder reflector, la seva fluorescència.

Els components orgànics microscòpics que constitueixen les roques organògenes s'anomenen **macerals** (Stopes, 1935).

Des d'un punt de vista formal, cal esmentar que en aquesta anàlisi dels materials garumnians s'ha emprat fonamentalment la nomenclatura oficial establerta pel I.C.C.P. (1963/71/75) (taula 3.) i al mateix temps s'han utilitzat termes en fase de discussió dins d'aquest organisme.

Els components orgànics observats han estat agrupats en els següents grups maceràlics: VITRINITA, LIPTINITA i INERTINITA. En cada cas es descriuran acuradament els macerals que concretament s'han localitzat en les sèries Garumnianes analitzades.

MACERALS DE LES HULLES

GRUP	MACERAL	SUBMACERAL
VITRINITA	TELINITA	Telinita 1 Telinita 2
	COL.LINITA	Telocol.linita Desmocol.linita Gelocol.linita Corpocol.linita
	VITRODETRINITA	
LIPTINITA	ESPORINITA CUTINITA	
	RESINITA ALGINITA LIPTODETRINITA	
	BITUMINITA EXUDATINITA	
INERTINITA	FUSINITA	Pirofusinita Degradofusinita
	SEMI-FUSINITA MACRINITA MICRINITA ESCLEROTINITA INERTODETRINITA	

Taula 3. Macerals de les hules segons I.C.C.P. (1963/71/75)

2.1.1. GRUP DE LA VITRINITA

Els macerals que constitueixen el grup de la vitrinita es caracteritzen per derivar dels teixits llenyosos i de l'escorça dels arbres.

Les vitrinites són productes de l'hullificació de substàncies húmiques, que provenen essencialment de la lignina i cel·lulosa de les parets cel·lulars dels vegetals. Es considera que la composició química mitjana de la vitrinita varia amb el rang i és aproximadament d'un 77-96% de C, un 6-1% de H i un 16-1% de O. Amb l'augment del grau d'evolució de la roca, la vitrinita experimenta un decreixement del contingut en hidrogen i oxigen, mentre que manté relativament alta la quantitat de carboni.

En general, presenten una reflectància i duresa intermitja respecte als altres dos grups maceràlics: liptinític (menys poder reflector i duresa) i inertinític (major poder reflector i duresa). Tanmateix, la vitrinita és capaç d'evolucionar -experimentant canvis en les seves propietats, sobretot en la reflectància- en funció de les variacions de pressió i/o temperatura que experimenti el sediment que la conté durant el curs de la seva carbonització. Aquesta variabilitat de les seves pròpies característiques davant noves condicions i la seva abundància, respecte als altres macerals, fa que la vitrinita sigui la més representativa i idònia per a utilitzar-la com a paràmetre que ens dóna el grau d'evolució o rang de la matèria orgànica que constitueix totalment la roca o és continguda en ella.

La formació de vitrinita exigeix un enfonsament ràpid de la superfície de deposició dels restes vegetals originals, fet que permet la seva conservació i evita l'oxidació. Així doncs, la variació de la quantitat de vitrinita en els diferents nivells garumnians estudiats la podem atribuir a canvis en la taxa de subsidència del medi o variacions del tipus de vegetació.

El grup maceràlic de la vitrinita és el més abundant en els carbons de tipus húmich, dins dels quals hi classificarem els materials que ens ocupen. En el nostre estudi hem identificat tres macerals d'aquest grup, són: la telinita, la col·linita i la vitrodetrinita.

Voldriem fer unes consideracions generals del grup de la vitrinita en els materials estudiats, que són les següents:

- * Forma l'estructura de la roca pròpiament: constitueix la seva matriu de color gris mig, en llum blanca reflectida, on s'hi localitzen els altres macerals, de coloració més clara (inertinites) o bé més fosca (liptinites).

- * Es troba, també, en forma de llits continus, de vores irregulars, però ben definides, i d'àmplia extensió lateral. En general, es localitza dins d'una matriu carbonàtica i/o argilosa, establint, en ocasions, petites seqüències de matèria mineral-vitrinita.

A vegades aquestes bandes estan trencades i/o deteriorades, adquirint un aspecte lamel·lar. En aquestes ocasions la vitrinita té un color més marronós en llum blanca reflectida, i continua sense tenir fluorescència. Aquests còssos vitrinitics deteriorats, lamel·lars s'han denominat com "fibres marrons", podent-se observar fins i tot parcialment pirititzades.

- * Finalment, la vitrinita es localitza com a fragments dispersos de diferents mides en la matriu mineral en general, i ocasionalment en llits inertinitics.

Les vitrinites determinades en les fàcies garumnianes que s'han estudiat es caracteritzen per ser: còssos ben gelificats, amb poc relleu de polit; de color gris mig, si utilitzem llum blanca reflectida; i amb poca mineralització d'argila. La seva major o menor homogeneïtat varia segons el seu grau de gelificació i/o d'alteració-mineralització. En el present estudi s'han considerat, també, les vitrinites parcial o totalment pirititzades. En general, les vitrinites analitzades presenten una manca de fluorescència. En l'apartat 2.4. veurem el baix grau evolutiu de les vitrinites garumnianes, el qual explicaria la manca de fluorescència

secundaria doncs hauria impossibilitat la generació, per part dels materials liptinítics, d'hidrocarburs.

Les vitrinites destaquen en importància sobre els demés macerals per ser les que ens donaran el rang d'evolució d'aquestes fàcies organògenes, i en definitiva la maduresa tèrmica de les diferents zones analitzades.

Llum blanca transmesa: En les làmines primes emprades en l'estudi de la matèria mineral apreciem que la vitrinita sota aquestes condicions d'il·luminació apareix de color marró-vermellós, sempre que el gruix de la preparació no sigui excessiu, si és molt gruixuda els macerals no es diferencien.

Llum blanca reflectida: Amb aquest tipus de llum la vitrinita presenta color gris mig.

Llum blau-violada: En el present estudi aquest tipus d'il·luminació no provoca, en general, cap mena de fluorescència sobre la vitrinita. La fluorescència d'aquests tipus de vitrinites s'explica com a resultat de l'absorció de bitumen, per part d'aquesta, en el procés inicial de bituminització (Taylor i Liu, 1987).

Macerals diferenciats:

TELINITA: Dins del grup maceràlic de la vitrinita, la telinita és la que es caracteritza per presentar estructura cel·lular. Aquesta té origen vegetal variat i pot correspondre al teixit parenquimal, que és parcialment cel·lulòsic (Robert, 1985).

Es considera que la telinita prové de teixits vegetals de boscos de coníferes, d'angiospermes i o bé de teixits -estructurats i/o més o menys descomposats- no lignificats de plantes herbàcies (Teichmüller, 1989).

Caracterització:

Observem que l'estructura cel.lular de les telinites del nostre estudi és més o menys geomètrica, una geometria menys regular que la de les fusinites (inertinita). En general, presenta morfologies rectangulars i/o arrodonides, ben ordenades. Les seves parets cel.lulars es troben sempre gelificades, això fa que apareguin amb aspecte homogeni sense cap mena d'estructura interna (Làmina I, foto. 9). Les cavitats cel.lulars tendeixen a estar reblertes (per col.linita, fluorinita, resinita, ...) o reduir-se a línies. El nombre de telinites diferenciades en les mostres estudiades ha estat molt baix.

COL.LINITA: La col.linita, a diferència de la telinita, es caracteritza per no presentar cap mena d'estructura vegetal definida. El seu origen prové de la gelificació d'altres cossos com són: els teixits de les plantes, els detritus húmics i els gels húmics.

El procés de gelificació que té lloc en les col.linites és propi de condicions ambientals anaeròbiques, més concretament a dipòsits d'origen subaquàtic (Teichmüller, 1989).

Caracterització:

La col.linita s'observa en aquest estudi com un gel homogeni d'origen col.loidal sense cap mena d'estructura botànica definida, que solament és "visible" quan és atacada químicament. Aquest gel és capaç de moure's, fet que li permet migrar i reblir cavitats cel.lulars, com per exemple les de la telinita; o bé actuar com a ciment d'altres macerals, a la vegada que engloba minerals. En general, la col.linita constitueix la matriu de les nostres mostres.

Dins del maceral col.linita hem pogut diferenciar, en més o menys quantitat, els següents submacerals: telocol.linita, gelocol.linita, desmocol.linita i corpol.linita. Pasem ara a la seva caracterització.

TELOCOL.LINITA La telocol.linita es considera que correspon a l'últim estadi de gelificació d'un teixit vegetal similar al de la telinita. Aquest teixit es posa de manifest si se li fa un atac químic oxidant (Alpern, 1973). Aquest submaceral del grup de la vitrinita ha estat anomenat també, en la literatura, com a Vitrinita A (Brown i al. 1964) i Humocol.linita (Alpern, 1970).

Observem que la telocol.linita es presenta en aquest estudi en forma de bandes homogènies contínues i ben delimitades, que es disposen de manera horitzontal, paral·lelament a l'estratificació, adaptant-se a les irregularitats que hi troba. La telocol.linita té doncs morfologia pròpia. En algunes d'elles hem apreciat: esclatxes degudes possiblement a la dessecació; i processos de mineralització, concretament piritització total o parcial del cos orgànic en qüestió (Làmina I, foto. 5).

En els materials garumnians estudiats aquest submaceral és el més nombrós pel que respecte al grup de la vitrinita.

GELOCOL.LINITA Quan parlem de gelocol.linita fem referència a un gel col·loidal homogeni i compacte, sense cap forma definida, de dimensió menor a 10 µm. La gelocol.linita no té doncs morfologia pròpia. Aquesta, queda establerta pels llinars que la delimiten amb d'altres macerals o bé amb la matèria mineral que l'envolta o inclou (Làmina I, foto. 1, 2 i 3).

A l'interior d'aquest gel col·loidal homogeni es poden trobar d'altres macerals, actuant llavors, la gelocol.linita, com a matriu de la mostra analitzada. Tanmateix, la seva homogeneïtat pot veure's afectada per l'aparició de petites fractures i/o esclatxes de dessecació.

La gelocol.linita observada és de color gris. La mesura del seu poder reflector, com detallarem més endavant, posa de manifest una major reflectància que la de la desmocol.linita i menor que la corpocol.linita.

DESMOCOL.LINITA En general, a la desmocol.linita se l'atribueix un origen procedent de la descomposició de fragments de plantes pobres en lignina i riques en cel.lulosa (Ligouis, 1988). En la literatura s'ha anomenat també Vitrinita B (Brown i al. 1964) i Heterocol.linita (Alpern, 1970).

Sota el terme de desmocol.linita hem determinat tots els elements orgànics constituïts per un agregat de fines partícules de vitrinita. Aquest conjunt té un aspecte homogeni degut als processos geoquímics de gelificació que en ella s'han produït. La seva composició original és molt rica en cel.lulosa.

La desmocol.linita observada es caracteritza també per tenir una reflectància una mica més baixa que la dels altres macerals d'aquesta família en les sèries analitzades. Aquest tipus maceràlic és nombrós en certes mostres (Làmina I, foto. 6).

CORPOCOL.LINITA L'origen de la corpocol.linita radica en el reblliment de cèl.lules, en general del teixit d'escorça, per secrecions primàries, anomenades de subsistència, que depositen les plantes al moment de morir (Teichmüller, 1989). Des d'un punt de vista químic són substàncies tànniques, producte d'una gelificació bioquímica, associades en general a la suberinita que han quedat présses en les cavitats d'aquesta. La corpocol.linita és anomenada per alguns autors com "flobafenita".

En les nostres mostres, hem determinat com a corpocol.linita els corpuscles homogenis de morfologia ovalada que rebleixen cavitats cel.lulars. Té una reflectància semblant a la de les parets cel.lulars de tipus telínitic, però una mica més gran que la resta de les vitrinites. En alguns casos, observem que són força resistents a qualsevol agent, fet que pot provocar la desaparició de la paret telínítica que l'envolta, restant solament els corpuscles de corpocol.linita (Làmina I, foto. 6).

Ocasionalment, s'han apreciat heterogeneïtats en forma de forat a l'interior dels corpuscles de corpocol.linita; aquests corresponen a antigües

bombolles de gasos que al migrar han produït en el cos forats de degassificació.

VITRODETRINITA: La vitrodetrinita prové, fonamentalment, de la descomposició de plantes herbàcies i lleny d'angiospermes (Teichmüller, M., 1989).

Sota aquest terme s'inclouen, en el present estudi, les restes de vitrinites que no podem determinar a quin maceral del grup de la vitrinita pertanyen. Es tracte de fragments, poc nombrosos, de cel·luloses i matèria més o menys amorfa, de mida petita, en general inferior a 10 µm, i reflectància pròpia de la vitrinita (Làmina IV, foto. 8). Sovint, la trobem dispersa en mig d'una matriu mineral o bé en forma de petits fragments associats a l'inertodetrinita.

2.1.2. GRUP DE LA LIPTINITA.

El grup liptinític deriva dels òrgans de plantes riques en hidrogen, de substàncies algals i bacterianes, i de productes de descomposició (Teichmüller, 1989). Des d'un punt de vista químic es tracta de lípids de plantes, de proteïnes, de cel·lulosa i d'altres hidrats de carboni. Les variacions de la flora del medi de deposicional afecta la presència i abundància dels macerals liptinítics en un carbó (Ligouis, 1988).

El grup de la liptinita, de característiques intermèdies entre el grup de la vitrinita i el de la inertinita, és a vegades difícil de diferenciar de la matèria mineral associada en aquesta fase orgànica; éssent en condicions de fluorescència quan es fa més fàcil de reconèixer. Els cossos liptinítics es caracteritzen per ser foscos o transparents al observar-los amb llum blanca reflectida, una reflectància oscil·lant entre feble o nul·la i solen ser, en general, força fluorescents.

Macerals diferenciats:

Els subgrups liptínitics diferenciats els hem agrupat seguint una terminologia més àmplia com són: liptinites procedents de plantes terrestres, en general riques en hidrogen; liptinita d'origen algal, a la que se l'atribueix una composició química similar a les secreccions vegetals alifàtiques; i liptinites d'alteració bioquímica d'ambdues anteriors. Els macerals liptínitics diferenciats en els materials que ens ocupen han estat, segons la classificació del I.C.C.P. (1963/71/75): cutinita, suberinita, resinita, esporinita, bituminita, exudatinita i liptodetrinita. I fluorinita i terpentinita segons la nomenclatura proposada per Teichmüller (1974) i Robert (1979) respectivament.

LIPTINITA PROCEDENT DE PLANTES TERRESTRES:

En aquest subapartat general s'inclouen: els teixits de protecció de les plantes terrestres com són les cutícules i el suber (cutinita i suberinita); les secreccions de reserva com és la reïna (resinita); els teixits de reproducció com són les esporinites (pol·len i espores) i altres d'origen més discutible.

A. Segregacions vegetals.

Sota aquest títol s'inclouen totes aquelles segregacions produïdes per les fulles de vegetals superiors (angio i gimnospermes) o bé per alguna de les diferents parts de les plantes, com són els brots i les tiges.

A.1. **Foliars i teixits associats.**

CUTINITA: Les cutinites són segregacions de tipus cuticular, ceres externes, que constitueixen una coberta de protecció contra la dessecació dels parènquimes més superficials de les fulles i branques. La cutinita no prové de plantes aquàtiques. Es caracteritza per ser molt resistent als atacs químics (per exemple: l'oxidació) i biològics.

Sota un punt de vista químic el I.C.C.P. (1963/71/75) defineix les cutinites com cutines constituïdes per ésters de glicerol i àcids grassos no saturats i fortament polimeritzats. A partir de reflectàncies superiors a 0.6% comencen a degradar-se i alliberar hidrocarburs parafínics d'alt pes molecular (C_{27} a C_{33}).

Caracterització:

Bàsicament, s'observa que les cutinites d'aquest estudi es presenten com a bandes elongades, homogènies i primes, de morfologia allargada i ben definida, amb alt relleu, però una mica més baix que el de les esporinites. Aquestes cutinites tenen vores llises, encara que ocasionalment, s'observen unes petites dentacions corresponents a la conservació de l'estructura cel·lular de la paret peridèmica del parènquima associat a la cutícula; a cops aquestes dentacions es troben aixafades i es fa molt difícil diferenciar-les (Làmina II, fotos 7 i 8)..

Les cutinites corresponents als materials garumnians es localitzen aixafades i finament estratificades en l'estructura lliada pròpia de la mostra. S'observen formant llits llisos contínuos o bé replegades sobre sí mateixes. A vegades, també es presenten com a còssos allargats porosos i amb fluorescència groc-verdosa, en aquest cas les considerem com degradades. Les trobem, en aquests materials, com a macerals accessoris.

Llum blanca transmesa: sota aquestes condicions d'observació són de color groc-clar.

Llum blanca reflectida: la cutinita es caracteritza per presentar una reflexió molt feble, quasi nul·la, es per aixó que són de color gris fosc-negre. Algunes d'elles tenen un aspecte translúcid amb reflexes interns marró-vermellós. Aquesta diferent coloració pot ser deguda a l'observació conjunta de la cutícula amb part d'una paret cel·lular.

Llum blau-violada: la incidència d'aquesta llum en les cutinites produeix una fluorescència groc-daurat-ataronjat.

SUBERINITA: La suberinita prové del suber; el qual és un polímer, d'alt pes molecular, compost d'àcids grassos (en major proporció que en el cas de la cutinita) i èsters de glicerina. Es caracteritza per tenir un alt contingut en hidrogen.

La suberinita és una membrana cel·lular formada en els teixits superficials dels vegetals (teixit suberós). Aquesta membrana prové de les capes de suber o suro generat per la paret cel·lular; s'origina com a cicatriu d'una ferida produïda en el periderm o bé com a protector de la deshidratació. És deguda a l'activitat d'un meristema secundari que creix espaiant-se en la perifèria de l'òrgan. Les cèl·lules suberoses que formen originàriament aquest teixit, es tornen de color terrós un cop s'han mort, degut a que són riques en substàncies tànniques (flobafeno), i en general resten unides entre sí sense deixar espais (van Denffer al., 1988). Si el flobafeno queda retingut en l'interior de la cèl·lula buida de suber és quan observem el maceral, del grup de la huminita/vitrinita, anomenat "flobafinita"/corpocol·linita.

La suberinita recobreix: tiges, branques, troncs, fruits i tubercles de les plantes.

Caracterització:

Observem que els cossos de suberinita localitzats corresponen a cèl·lules suberoses buïdes (200-500 μm) que en general tenen morfologia poligonal irregular, depenent del tall de la secció observada. Aquestes cèl·lules irregulars, es presenten imbrincades formant llits més o menys continus. S'aprecien també, seccions de suberinita on la morfologia cel·lular resta emmascarada bé perquè està aixafada (Làmina III, fotos 3 i 4) o perquè les seccions estan més evolucionades; en aquest darrer cas, majoritari en les nostres mostres, s'observen com a cossos i fibretes allargades vaporoses.

Tal i com s'ha esmentat a l'anterior apartat algunes d'aquestes cèl·lules les trobem reblertes, identificant-se en el seu interior cossos de corpocol·linita (Làmina II, foto. 3 i 4).

Llum blanca transmesa: s'aprecien com cossos de color groc-clar a marronós, segons el gruix de la preparació.

Llum blanca reflectida: sota aquestes condicions d'il·luminació la suberinita apareix translúcida o de color marró-negrós.

Llum blau-violada: aquest tipus d'il·luminació provoca una fluorescència groga a groc-ataronjat sobre els cossos de suberinita.

A.2. Secreccions vegetals de reserva.

RESINITA: La resinita es considera com un producte fòssil complex, químicament pobre en oxigen i ric en hidrogen.

Des d'un punt de vista botànic es tracta d'una secreció realitzada per les parets cel·lulars de les plantes superiors com a producte resultant del seu metabolisme vascular: reïnes de gimnospermes; ceres d'angiospermes; bàlsam; làtex; origen terpentínic i origen lipídic (ceres de fulles i fruits).

A la resinita se li atribueix un fort valor econòmic com a font potencial d'hidrocarburs líquids (Snowdon, 1980; Snowdon i Powell, 1982) i d'altres productes comercials (Teot, 1982 en Teerman i al., 1987).

Teichmüller (1989) considera que les resinites són pròpies de climes tropicals, constituint el lloc més adient per a una producció molt alta dels diferents tipus resinítics. Afirmar, també, que les resinites tendeixen a convertir-se en bitumen (parcialment exudanita) durant els primers estadis de carbonificació.

Caracterització:

Es tracta de matèria orgànica amorfa que reomple cavitats cel·lulars, vacuoles i forats dels teixits vegetals terrestres, donant lloc a corpuscles de diferents morfologies amb duresa i densitat febles. La resinita té un poder reflector os-

oscil·lant entre feble i/o nul. En general, la resinita la trobem associada als llits vitrínífics.

Al igual que Teerman i al. (1987) i Crelling i al. (1982 en Teichmüller, 1989) sota el terme de resinita, incloem en aquest estudi una àmplia varietat de còssos, diferenciats en base a la seva morfologia i fluorescència qualitativa.

L'anàlisi sota condicions d'il·luminació en llum blau-violada ha posat de manifest cinc grups de còssos resinífics diferents, anomenats segons el color de fluorescència com: resinita groc-verda; resinita verda; resinita groga; resinita groc-taronja i resinita taronja-marró.

El nombre de còssos resinífics determinats en aquest treball és abundant, fins i tot podem arribar a considerar que aquest maceral és el més nombrós i representatiu del grup de la liptinita.

RESINITA GROC-VERDA Aquest primer tipus de resinita està constituït per còssos globulosos, alguns d'ells d'aspecte intern heterogeni, de morfologia variada i vores ben definides però irregulars. Segons la direcció del tall o secció observem estructures vesiculars, o bé reflexions i fractures a l'interior dels còssos resinífics, adquirint aquest conjunt un aspecte granular (Làmina III, fotos 1 i 2).

Llum blanca transmesa: sota aquestes condicions d'observació, la seva coloració oscil·la de groc-vermellós a taronja.

Llum blanca reflectida: amb aquest tipus d'il·luminació es presenten com a còssos de color gris-marró o translúcids (sobretot cap a les vores de la partícula resinífica).

Llum blau violada: aquesta llum provoca en aquest tipus de resinítes una fluorescència de color oscil·lant entre groc-llimona o groc-verd intens.

RESINITA VERDA Dins d'aquest segon grup s'inclouen aquelles resinites globulars amb morfologia ovalada (Ex. v-10), o bé en forma de masses irregulars puntxegudes. Es tracta de còssos homogenis amb vores ben definides però irregulars (Làmina III, fotos 3 i 4).

Llum blanca transmesa: les partícules de resinita que constitueixen aquest grup s'observen en transmissió de color groc a groc-vermellós.

Llum blanca reflectida: sota aquestes noves condicions d'il·luminació les resinites presenten una reflectància molt baixa, directament relacionada amb el seu color entre marró-fosc i/o negre.

Llum blau violada: la incidència d'aquest tipus de llum sobre aquestes partícules de resinita, els hi provoca una fluorescència força intensa d'un color verd lluminós.

RESINITA GROGA Els còssos resinítics amb fluorescència groga es caracteritzen per tenir morfologies irregulars i molt diverses: allargades, arrodonides, etc. Es tracta, doncs, de partícules amb vores ben definides i amb acabaments més o menys angulosos (Làmina III, fotos 5 i 6).

Llum blanca transmesa: amb aquest tipus de llum les partícules de resinita s'observen de color groc-taronja-vermellós.

Llum blanca reflectida: aquesta il·luminació fa que veiem aquests còssos resinítics de color marró-fosc a negre, o sigui són partícules de molt baixa reflectància.

Llum blau violada: a diferència dels casos anteriors les partícules de resinita que ara ens ocupen presenten una fluorescència groga sota aquestes condicions d'il·luminació.

RESINITA GROC-TARONJA Aquest grup de la resinita s'inclouria dins del terme: resinita de doble generació o re-evolució. Es tracta de còssos resinítics que han patit un procés de fluidificació-solidificació causada per una activitat meteòrica externa (Làmina III, fotos 7 i 8).

En un moment determinat, el cos resinític inicial comença a fluidificar-se, donant lloc a un gel semi-líquid, que posteriorment al solidificar-se comportarà en aquest cos resinític una fluorescència heterogènia. Aquest fenomen es tradueix en un descens del seu color de fluorescència, és a dir, evolucionarà cap al groc-taronja; i en la producció a les vores d'uns reflexos de diferent color en llum blanca reflectida que han perdut la fluorescència. La pèrdua d'intensitat de fluorescència equivaldria a considerar que el cos ha evolucionat o madurat més.

Aquesta diferent fluorescència, que localitzem en còssos resinítics en general aïllats, i que reflecteix els canvis esdevinguts en les resinites d'aquest apartat es pot explicar per una diagènesis natural provocada per una meteorització i/o degradació aeròbica, que tindria lloc en el mateix moment en que la planta segregava la reïna (resinita original). Aquests còssos resinítics aïllats són poc nombrosos i els atribuïm a segregacions circumstancials de reïna produïdes en les parts més externes del vegetal.

Llum blanca transmesa: en transmissió els còssos resinítics d'aquest grup són de color vermell-marronós.

Llum blanca reflectida: posa de manifest la reflectància nul·la de la present població de resinites, observant-se de color negre.

Llum blau violada: aquest tipus de llum li produeix una fluorescència que oscil·la del groc-taronja fins a la nul·litat.

RESINITA TARONJA-MARRO Es tracta de partícules resinítiques de morfologia aproximadament ovalada i d'aspecte intern homogeni. Es caracteritzen també per presentar vores ben delimitades i arrodonides (Làmina III,

fotos 9 i 10). Ocasionalment, el grup de la resinita taronja-marró s'observa una mica deteriorada degut, possiblement, als esdeveniments que s'han produït en ella.

Llum blanca transmesa: són còssos de color groc-marronós.

Llum blanca reflectida: aquesta il·luminació posa de manifest que es tracta de còssos amb una reflectància molt baixa, gairabé nul·la; això fa que aquestes partícules s'observin de color marró-gris força fosc, tendint cap a negre.

Llum blau violada: aquesta llum provoca en el present grup resinític una fluorescència dèbil, fet que es tradueix en l'observació de coloracions oscil·lants entre tons taronja i taronja-marronós.

Dins d'aquest apartat de secreccions vegetals de reserva incloem la fluorinita i la terpentinita, considerant-los com a còssos molt similars a la resinita (Prado, com. pers.) -recordem que ambdós macerals no es troben encara en la classificació del I.C.C.P. (1963/71/75).

FLUORINITA: La fluorinita té un origen incert, però durant el Mesozoic i Cenozoic es considera com relativament inseparable de la cutinita. Alguns autors, l'interpreten com una segregació cel·lular de grasses vegetals i àcids grassos que pertany al parènquima subcortical (Teichmüller, 1974); d'altres l'hi atribueixen un origen secundari, i pensen que es tracten d'olis no migrats retinguts en les cavitats cel·lulars (Cook i Struckmeyer 1986 i Hageman 1987 en Teichmüller, 1989; Mc. Cabe, 1984).

La fluorinita presenta poques variacions amb l'evolució del rang.

Caracterització:

La fluorinita que s'aprecia en les diferents mostres estudiades, es caracteritza per presentar un alt relleu, i una morfologia en funció de les cèl·lules que reom-

ple. L'aspecte típic observat és el de petites cèl.lules (20 µm) arrodonides i/o subarrodonides, de vores llises, netes i ben definides, reblertes per fluorinita. Encara que en algunes ocasions, s'observen com a masses aïllades de morfologia irregular, d'aspecte lenticular i/o globulós i mida aproximadament superior a 80 µm. (Làmina II, fotos 1 i 2).

Els còssos fluorínitcs són força nombrosos en el nostre estudi i es presenten de manera dispersa en la matriu o bé agrupats formant un nivellet o un cos major. Generalment, la fluorinita la trobem associada a llits vitrínitcs.

Llum blanca transmesa: amb aquest tipus d'il.luminació no s'observen, són transparents i incolors.

Llum blanca reflectida: sota aquestes condicions de llum són de color negre i/o translúcids i a vegades s'hi observen uns reflexes interns. En general, es pot afirmar que tenen un poder reflector molt baix.

Llum blau violada: aquest tipus de llum els hi provoca una forta i lluminosa fluorescència, que és de color verd llimona o groc viu.

TERPENTINITA: El maceral liptínitc anomenat terpentinita fou definit per Robert (1979) com un oli essencial segregat per les fulles dels vegetals superiors (angio i gimnospermes), que es localitza reblint cèl.lules. Es diferencia de la fluorinita per la seva morfologia més arrodonida i fluorescència més intensa. Sovint, la terpentinita es troba associada a la cutinita i fluorinita. Presenta com a característica una baixa evolució amb el rang.

Caracterització:

Es tracta de còssos de morfologia esférica, com a resultat directe del rebliment dels alveols cel.lulars ovalats i/o allargats que corresponen a les llacunes i/o forats del parènquima de les fulles i de les tiges. La terpentinita observada es

molt escassa i presenta unes vores llises i ben definides (Làmina IV, fotos 7 i 8). El seu aspecte és el d'una exudació.

Llum blanca transmesa: la terpentinita amb aquest tipus d'il·luminació no s'observa. Es pot considerar que són cossos transparents i incoloros.

Llum blanca reflectida: es presenten com a cossos translúcids i incoloros, que tan sols quan han alliberat hidrocarburs són una mica reflectors. En aquest darrer cas es quan s'observen de color marró-vermellós.

Llum blau violada: si incidim llum blau-violada sobre la terpentinita provoquem en ella una forta fluorescència, amb colors groc-verd-llimona intensos.

B. Teixits de reproducció.

ESPORINITAS: Dins del terme esporinita s'inclouen els elements reproductors de les plantes: pol·len i espores. Les espores i el pol·len tenen una paret externa d'exina, que normalment és la que es conserva, i una interna cel·lulòsica anomenada intina que desapareix ràpidament. Ambdúes tenen morfologia esfèrica i/o aplanada. L'esporinita està constituïda per substàncies esporopolíiques, altament polimeritzades. La seva composició química és de tipus mixte entre alifàtica i aromàtica. El seu constituent fonamental és l'esporinina: $C_{90} H_n O_p N$ (aproximadament $n=80$ i $p=10-20$). En general, es considera que és menys hidrogenada que la cutinita (Robert, 1985).

Les esporinites tenen una densitat molt baixa (1.1-1.2), podent ser transportades fàcilment pel vent i l'aigua; i són molt resistents. Les esporinites presenten una duresa força important que els hi fa adquirir un cert relleu al polir-les.

Caracterització:

Generalment, els cossos esporinítics els localitzem interstratificats en els sediments, observant-se aixafats o sencers. Les partícules considerades d'esporinita en aquesta anàlisi de les fàcies d'edat garumniana són poc nombroses i hem determinat els següents tipus:

MEGASPORINITES Les megasporinites observades en aquest estudi tenen un tamany entre 1 i 3 mm. Es tracta de cossos allargats de vores llises i ben definides que s'aprimen cap a les puntes. Presenten en general un aspecte homogeni amb una certa estructura interna, que a voltes pot veure's destruïda per l'acció de fongs (Làmina I, foto. 8).

MICROSPORINITES La mida de les microsporinites determinades oscil·la entre 10 i 200 µm. Sota aquest terme s'inclouen les espores corresponents a plantes criptògames i els grans de pol·len de les fanerògames (Làmina II, fotos 5 i 6). Segons el gruix de la paret presenten diferent ornamentació: quan aquesta és molt prima i/o quasi inexistent s'anomenen ptenuisporines; però si és gruixuda rep el nom de crasioespores.

En el nostre cas, observem clarament grans de pol·len arrodonits i altres més aixafats, de 60 µm de mida aproximadament. Es tracta de cossos homogenis que s'inclouen sota el terme de microspores massives i microspores primes (Làmina II, fotos 11 i 12). Aquestes darreres són primes, fines i llargues.

Llum blanca transmesa: sota aquestes condicions de llum l'esporinita apareix amb coloracions que varien del groc fins a tons de marró-daurat.

Llum blanca reflectida: aquesta il·luminació fa que s'apreciïn com cossos de reflectància molt feble, que es tradueix en coloracions molt fosques.

* En el cas de les macrospores les observem de color marró-gris fosc i fins i tot negre.

* En el cas de les microspores les coloracions oscil·len entre el marró i el marró-vermellós i, fins i tot, en algú cas, són translúcides. Aquest darrer cas té lloc quan es tracta de les microspores primes.

Llum blau-violada: Aquest tipus de llum provoca sobre l'espòrinita una fluorescència, que varia en funció directa del rang d'evolució.

* En el cas de les nostres macrospores és de color groc-beig.

* Mentre que les microspores tenen colors de fluorescència molt més intensos, oscil·lant entre tons groc-verd llimona fins a grocs força lluminosos.

El pol·len i les espores del nostre estudi també han estat determinats, utilitzant l'anàlisi pal·linològica (efectuada per N. Solé, 1988). Pasem a enumerar el contingut pal·linològic caracteritzat en cada sèrie.

* Nivell "Cementos" pertanyent a la sèrie estratigràfica Pb.

Leiotriletes adriennis (Po. i Gell.) W.Kr. 1959 Schizaeaceae, cf. Lygodium.

Leiotriletes sp.

Granulatiesporites palaeogenicus Kds. 1966

Trilites bettianus Srivastava 1972

Heliosporis sp.

Retitriletes sp.

Osmundacidites wellmannii Couper 1953. cf. Osmundaceae

Pityosporites insignis (Naum. ex Bolch.) W. Kr. 1971. Gymnosperma

Pityosporites sp.

Subtriporopollenites constans Pfl. 1953. Juglandaceae

Ruqulitriporites balinkaensis Kds. 1982. Ulmaceae

En aquesta anàlisi pal·linològica el conjunt d'espores representa un 36.6% i el pol·len un 63.4%. D'aquest 63.4% de pol·len un 56.8% són Pityosporites.

* Membre Sant Corneli en la sèrie estratigràfica M:

Mostra M-16

Leiotriletes adriennis (Po. i Gell.) W.Kr. 1959. Schizaeaceae, cf. Lygodium.

Leiotriletes dorogensis Kds. 1961. Schizaeaceae, cf. Lygodium
Punctatisporites luteticus W. Kr. 1959
Granulatisporites palaeogenicus Kds. 1966
Leptolepidites sp.
Polypodiaceoisporites gracilingulis W. Kr. 1959. Peridaceae
Trilobosporites sp.
Monocolpopollenites dorogensis Kds. 1961. Palmae

El conjunt d'espores determinades en aquesta mostra representa un 97% del total, mentre que el de pol·len és d'un 3%. D'aquest 97% d'espores un 73.5% són del tipus Leiotriletes.

Mostra M-29

Leiotriletes adriennis (Po. i Gell.) W.Kr. 1959. Schizaeaceae, cf. Lygodium.

En aquesta mostra sols s'han determinat espores del tipus Leiotriletes adriennis que representen el 100% del total.

* Membre Sant Corneli en la sèrie estratigràfica Pb:

Leiotriletes adriennis (Po. i Gell.) W.Kr. 1959. Schizaeaceae, cf. Lygodium.
Appendicisporites sp.
Matonisporites sp.
Triporoletes sp.
Monocolpopollenites sp.

S'aprecia que el conjunt d'espores determinades en aquesta mostra representa un 97.5% del total, mentre que el de pol·len és d'un 2.4%. Del 97.5% d'espores un 85.5% són del tipus Leiotriletes.

LIPTINITA D'ORIGEN ALGAL: ALGINITA

La liptinita d'origen algal reb el nom genèric d'alginita, ara bé si l'alga es pot classificar se li dona el nom de la família a la qual pertany. Hutton i al. (1980), Hutton i Cook i al. (1981) diferencien dins del terme Alginita dos grups: Alginita A i Alginita B; els quals són redefinits per Hutton (1987) com a Telalginita (tel = tela) i Lamalginita (lam = lamela), respectivament. La telalginita o alginita A inclou una àmplia sèrie d'algues unicel·lulars: Botryococcus braunii, Pila bibractensis,

Gloecapsomorpha prisca, Tasmanites, Foerstia, les quals poden presentar-se de manera individual o formant colònies algals. La lamalginita o alginita B inclou totes aquelles algues unicel·lulars colonials, de paret prima, planctòniques i bentòniques, com són: Pediastrum, Septodinium, Cleistophaeridium, Dinoflagelats i Acritarcs. És característic el seu aspecte lamelar en secció perpendicular.

En el cas dels materials garumnians que ens ocupen, els còssos que presenten unes característiques algals no s'els hi ha pogut determinar la seva família, i per tant no han estat classificats (Làmina IV, foto. 5 i 6); exceptuant un únic cas en el que l'anàlisi pal·linològica va establir la presència de Pediastrum (N. Solé, com. pers.).

L'alga Pediastrum fou definida per Hutton (1984) com alga planctònica d'hàbitat colonial, amb cos estrellat de 0,1 mm de diàmetre. Estan formades per cèl·lules individuals poligonals més o menys regulars. La determinació del nombre exacte de cèl·lules es difícil degut a que les colònies estan incompletes i/o al deteriorament de les parets cel·lulars. Raciborski (1889) i Brunthaler (1915) en Gray (1960) caracteritzen el Pediastrum duplex i diferencien en ell una cèl·lula central amb paret ornamentada.

El nombre d'alginites observades ha estat doncs, en general, molt baix.

Llum blanca transmesa: sota aquest tipus d'il·luminació l'alginita garumniana s'observa de color groc-beig, força pàl·lid.

Llum blanca reflectida: s'aprecien com masses irregulars de color marró clar.

Llum blau violada: aquesta llum provoca en aquest cas una fluorescència groga intensa en el cos algal, mentre que les cavitats cel·lulars reblertes per pirita resten de color negre.

LIPTINITA DE DIFERENT ORIGEN

BITUMINITA: La bituminita és considerada com matèria orgànica bituminosa amorfa, sense forma pròpia i d'origen incert.

La bituminita s'interpreta com el producte de la descomposició de substàncies vegetals, o sigui és la degradació anaeròbica de les plantes superiors, plàncton animal, bacteris i/o algues. Alguns autors consideren que la bituminita és l'equivalent a l'Alginita B de Hutton i al. (1980, en Hutton 1987) i de Cook i al. (1981). Per contra, d'altres com Teichmüller (1974) defineixen la bituminita com un maceral del grup de la liptinita, no equivalent a la lamalginita o Alginita b, amb propietats intermitges entre la vitrinita i l'espornita. Es caracteritza per ser amorfa, per localitzar-se en roques húmiques i per estar incloses en el grup de la Telalginita (Alginita A). Stach i al. (1982) afegeixen en la descripció de la bituminita la seva consistència tova, característica que la fa difícil davant el polit de la mostra.

Teichmüller (1974) i Teichmüller i Ottenjahn (1977) consideren que la bituminita està formada per partícules riques en grasses i proteïnes, derivades del metabolisme i la degradació feta per l'acció de microorganismes.

Caracterització:

La liptinita, considerada com a bituminita en aquest estudi, es caracteritza per presentar-se: en forma de lameles poc definides o bé de manera amorfa i en forma arrodonida ocupant l'interior d'alguns oogonis de carofícies. En el primer cas es disposa en llits autòctons dins de la matriu o bé en petits còssos (2-4 μ) aïllats, éssent aquests darrers globulosos, granulars i poc definits (Làmina IV, foto. 3 i 4). Aquesta granularitat es posa perfectament de manifest sota condicions de fluorescència. Es diferencia d'altres macerals per la seva "alteració" i pel seu íntim lligam, en molts casos, amb la matriu mineral. En el segon cas s'aprecia com un cos homogeni, de dimensions variables en funció de l'estructura que l'inclou, sense cap mena d'estructura interna, amb relleu intermedi-baix,

envoltats per la calcita pròpia de la closca fòssil. Aquest segon tipus de bituminita es tracta de còssos similars als denominats com esferes per Garcia-Vallés (1985) i interpretats per Bertrand i al. (1985) com a matèria orgànica, procedent de la migració d'algun bitumen, tancada en antigues cavitats fòssils. En general, ens adonem que la bituminita té una reflectància intermèdia entre els còssos de vitrinita i els de liptinita.

Llum blanca transmesa: sota aquestes condicions d'il·luminació apareix de color beig-grogós.

Llum blanca reflectida: a través d'aquest tipus de llum la bituminita s'observa de color marró-vermellós amb reflexes interns vermellosos; en alguns casos són transparents o bé de color gris fosc en el cas de la bituminita tancada en les cavitats fòssils.

Llum blau violada: aquest tipus d'il·luminació produeix en la bituminita explicada en primer lloc una fluorescència força marcada de color verd lluminós en aquets estudi. Mentre que en la segona no s'observa fluorescència.

EXUDATINITA: L'exudatinita és un maceral liptinític de segon ordre perquè es forma durant o a l'inici dels processos de carbonificació, finestra del petroli; o bé, ocasionalment, quan la mostra sub-bituminosa s'exposa prolongadament a la llum blau-violada.

Caracterització:

Són poques les mostres que contenen exudatinita en aquest estudi de les fàcies sub-bituminoses garumnianes. Aquesta es localitza en fractures (Làmina IV, fotos 1 i 2) i en alguna cavitat cel·lular.

Llum blanca reflectida: a través d'aquest tipus de llum l'exudatinita s'observa de color negre.

Llum blau violada: aquest tipus d'il·luminació produeix en l'exudatinita una fluorescència força marcada de color groc intens.

LIPTODETRINITA: Sota la denominació liptodetrinita s'inclouen totes aquelles partícules detrítiques del grup de la liptinita que no ens és possible determinar el seu origen, es tracta de productes liptínitcs degradats: fragments de cutícules, pol·len, etc. En general els hem diferenciat gràcies a la seva fluorescència. Aquest retreballament dels cossos liptínitcs que ara ens ocupen fa que s'inclouin en el present apartat (Làmina II, fotos 9 i 10).

2.1.3. GRUP DE LA INERTINITA

Els macerals que formen el grup de la inertinita es creu que deriven de la carbonificació dels teixits de les plantes. Alguns d'ells són el resultat directe d'intensos processos d'atac bioquímic (Teichmüller, 1950 en Ting 1982). Químicament són de composició ligno-aromàtica. Les inertinites són molt riques en carboni i pobres en hidrogen, resultat d'haver patit una forta carbonització.

Els cossos inertínitcs són els que constitueixen la part més condensada, resistent i "inert" enfront dels agents físico-químics que actuen sobre la matèria carbonosa. Aquesta inertització es produeix prop de la superfície i és sincrònica a la deposició. Es denomina primària quan s'origina a partir de plantes riques en carboni o secundària si s'ha format sota processos de carbonització de la matèria original.

Consideracions generals del grup de l'inertinita en els materials estudiats:

Es tracta de teixits vegetals que han patit una alteració presedimentària responsable de les seves propietats (duresa, color, reflectància). En general, el grup

de les inertinites les caracteritzem com opaques en llum transmesa i blanc intens en reflectida, i per tenir un relleu i reflectància molt elevats. Les inertinites al ésser excitades amb llum blau-violada no presenten fluorescència, mentre que quan l'excitació la produeix una font lluminosa blava de longitud d'ona més alta, poden ser fluorescents.

En funció de la morfologia, mida, grau i intensitat de preservació de l'estructura cel.lular, les inertinites garumnianes del nostre estudi es classifiquen en els següents macerals: fusinita, semifusinita, macrinita, micrinita, esclerotinita i inertodetrinita. La seva estructura cel.lular està ben definida i conservada en les varietats de semifusinites, esclerotinites i fusinites, mentre que en les varietats de la macrinita i micrinita no en tenen.

Aquestes inertinites es presenten: formant petits nivells força contínuus; o bé com a llits irregulars intercalats o delimitats per bandes vitríniques i/o la matèria mineral que l'envolta; i finalment, com a fragments o petits còssos, de diferent mida i morfologia, aïllats i dispersos, sense cap mena d'orientació preferent, en la matriu orgànica o bé inorgànica. Generalment, aquests darrers presenten una reflectància una mica inferior a la pròpia d'aquest grup maceràlic.

Donada l'uniformitat que presenten els macerals del grup de l'inertinita al ser observats sota diferents tipus d'il.luminació hem agrupat aquests resultats en un únic apartat:

Llum blanca transmesa: sota aquestes condicions de llum, els còssos inertínífics són opacs, observant-se de color marró fosc quasi negre.

Llum blanca reflectida: amb aquesta il.luminació la semifusinita té color gris clar sense ser lluent, i presenta una fleble anisotropia. Tant el seu color com el seu poder reflector és intermig entre el de la fusinita i la vitrinita. Dins del grup de la inertinita són les semifusinites les que més baixa reflectància tenen. La fusinita, la macrinita, la micrinita i l'inertodetrinita s'observen de color blanc a groc-blanquinós, molt intens i lluminós. Generalment, sota aquestes condicions de llum és quan es comporten isotròpicament.

Llum blau-violada: la incidència d'aquest tipus de llum sobre les inertinites estudiades no li provoca cap mena de fluorescència.

Els macerals inertinífics determinats en els materials d'edat garumniana que ens ocupen són: semifusinita, fusinita, macrinita, micrinita, esclerotinita i inertodetrinita.

Macerals diferenciats:

SEMIFUSINITA: La semifusinita és un maceral molt proper a la fusinita, té propietats intermèdies entre aquesta i la vitrinita.

A la semifusinita se li atribueix un origen procedent de teixits de fulles que s'han vist alterats i modelats per processos bioquímics, com la degradació per l'acció biològica i/o a partir de la oxidació de la matèria orgànica original.

Caracterització:

La semifusinita dels materials garumnians estudiats es caracteritza per presentar-se en: llits ben delimitats i força contínuos; o bé en còssos irregulars de dimensions considerables. En algun d'aquests llits i/o grans còssos de semifusinita s'hi poden apreciar cavitats cel·lulars semitançades o deformades, i/o restes d'estructures cel·lulars força deteriorades (Làmina I, foto. 1, 3 i 6).

En general, la semifusinita presenta una duresa i densitat altes. Ocasionalment, algunes de les semifusinites localitzades es troben parcialment pirititzades.

FUSINITA: La fusinita és un maceral inertinífic ben definit, que té estructura cel·lular neta i regular; prové de restes de teixits lignosos. És inert durant el procés de fusinització i pot tenir diferents orígens, segons els quals s'establirà una classificació, tal i com es veurà més endavant.

Caracterització:

La fusinita es caracteritza per presentar estructura de parets gruixudes i/o fines, i cavitats cel·lulars irregulars, però sovint força geomètriques. Aquestes cavitats cel·lulars poden estar reblertes per diferents tipus de matèria mineral, com quars, carbonat i més rarament pirita.

El teixit fusinític s'observa en el present estudi formant llits continus i ben delimitats per la matriu mineral o per altres còssos orgànica, en el darrer cas la fusinita es pot trobar limitada per nivells vitrinítics i/o semifusinítics. Tanmateix, es troben fragments de fusinita, en general puntxaguts, dispersos en la matèria mineral o bé en l'orgànica.

En el cas de que l'estructura cel·lular característica de la fusinita estigui distorsionada i els seus envans cel·lulars es trobin trencats, llavors adquirirà una estructura estrellada pròpia d'aquest maceral (Làmina I, foto. 3).

En general, la fusinita té un fort relleu i una alta duresa i lluïssor, a diferència del grup semifusinític descrit en l'apartat anterior.

MACRINITA: La macrinita és un maceral inertinític amorf, sense estructura cel·lular. El seu origen s'interpreta com un teixit húmich procedent de fragments de plantes, matèria de turberes, productes metabòlics dels fongs i bacteris- que probablement fou el primer en ser gelificat, i que ha patit processos de dessecació i oxidació intensos similars als que donaren lloc a la semifusinita.

Caracterització:

La macrinita es pot descriure com a fraccions homogènies d'inertinita, amb alt relleu, sense estructura, que es presenten com a masses aïllades arrodonides (>10 µm) o en forma de ciment. Generalment, la macrinita es troba associada a la liptinita i a les semifusinites, localitzant-se majoritàriament en les associacions maceràliques inertinítiques (Làmina I, foto. 3).

MICRINITA: La micrinita és també un maceral inertínic sense estructura, al que se li ha atribuït un origen totalment secundari. La seva gènesi ha estat molt discutida, però avui dia, es considera que el seu origen prové de reaccions de condensació que tenen lloc en els macerals amb una alta i variable proporció de components lipídics i pseudolipídics. Es considera que aquest procés està lligat a la gènesi d'hidrocarburs i d'altres productes secundaris com l'exudatinita.

Caracterització:

La micrinita es caracteritza per presentar una textura granular que pot ser fina o gruixuda, tenir una microduresa i densitat elevades, presentar una morfologia variable i no tenir una estructura cel.lular definida. Aquests elements disgregats de micrinita poden estar barrejats amb la matèria mineral i/o orgànica o bé intercalats entremig (Làmina I, foto. 2).

ESCLEROTINITA: L'esclerotinita és un altre maceral del grup de la inertinita amb estructura cel.lular pròpia, típica i característica. Procedeix dels teixits de fongs (fonamentalment d'òrgans reproductors) i restes de xampinyons, teixits derivats del seu parènquima.

Caracterització:

Anomenem esclerotinita als cossos amb estructura irregular d'origen cel.lular que contrasta amb l'estructura simètrica de les fusinites. La seva morfologia externa presenta característiques arrodonides i/o ovalades de mida variable (20-300 μ), amb alta densitat, relleu i duresa. A vegades tenen una reflectància més alta, de color blanc possiblement procedent de les restes de xampinyons, i d'altres una mica més baixa, de color gris clar, procedents dels teixits de fongs (Làmina I, foto. 2).

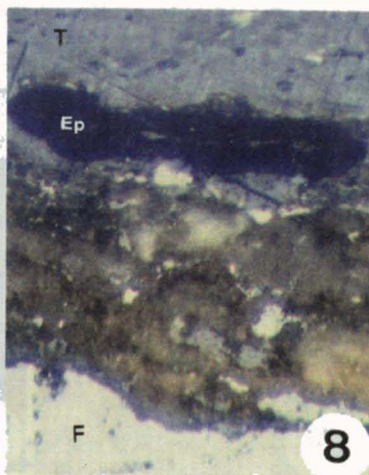
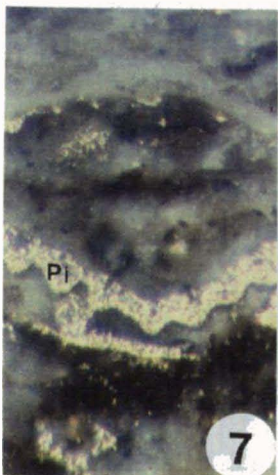
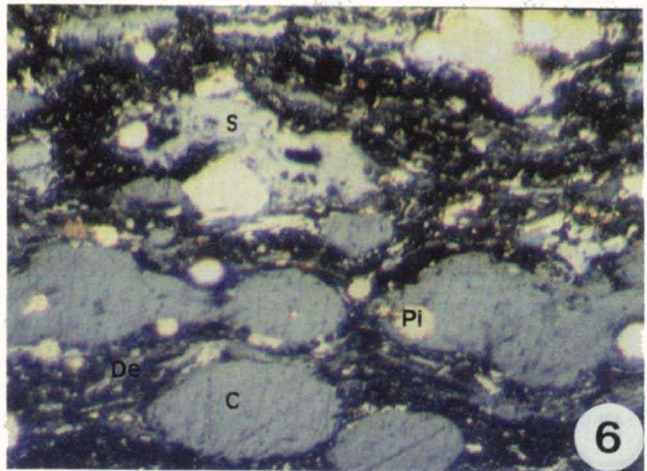
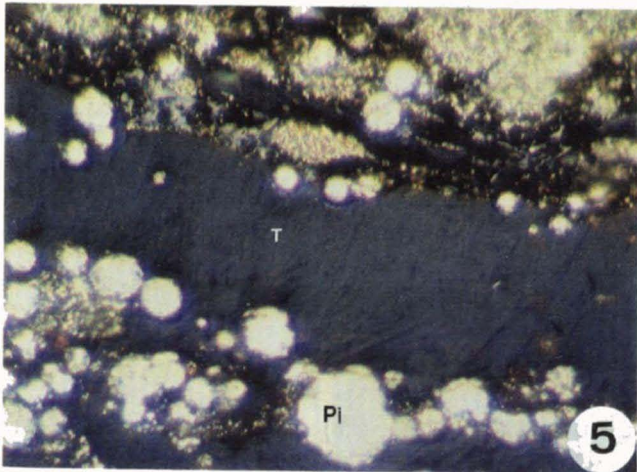
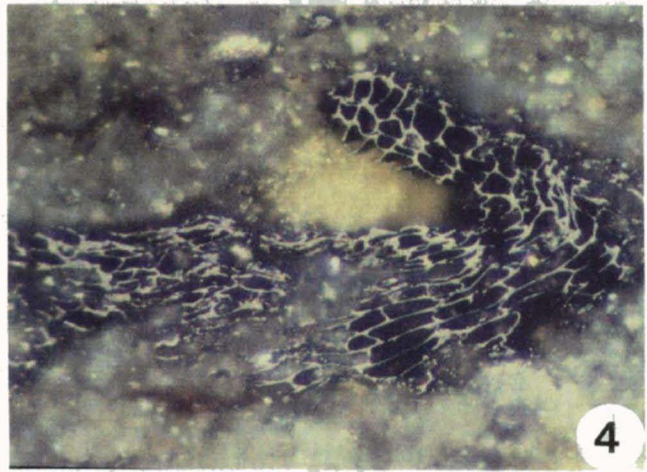
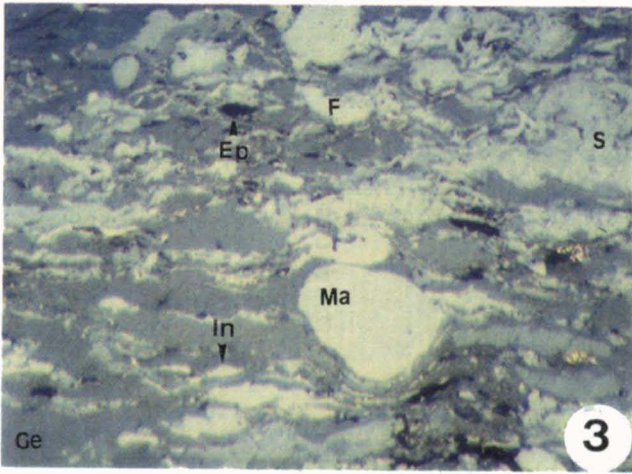
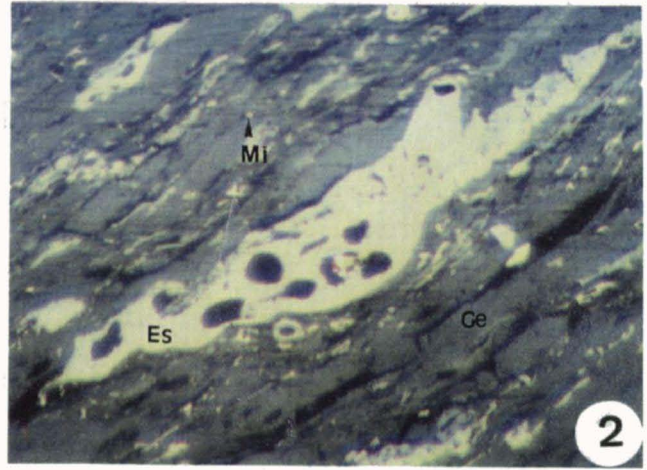
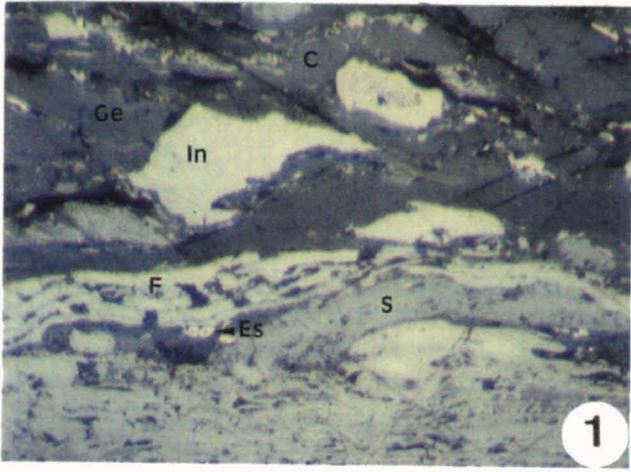
INERTODETRINITA: Sota el terme d'inertodetrinita inclourem totes aquelles partícules inertíniques, de mida aproximada de 17 μm , sense estructura cel.lular, les quals no es poden incloure en cap dels apartats anteriors ja que no es pot determinar de quin d'ells provenen. La inertodetrinita es caracteritza per presentar un alt relleu i densitat; i es considera originària de l'acumulació detrítica de partícules inertíniques (Làmina I, foto 1).

L A M I N E S

LAMINA I

Macerals Garumnians observats sota condicions de llum blanca reflectida.

1. Matriu de gelocol.linita (Ge) on s'observen còssos de: semifusinita (S), inertodetrinita (In) i esclerotinita (Es) (Mostra Ta-11).
2. Matriu de geocol.linita (Ge) on s'aprecien còssos de esclerotinita (Es) i micrinita (Mi) (Mostra M-21).
3. Matriu de gelocol.linita amb inertodetrinita (In), microspores (Ep), fusinita (F), semifusinita (S) i macrinita (Ma) (Mostra M-13).
4. Fusinita en mig d'una matriu mineral (Mostra V-28).
5. Telocol.linita (T) patit alguns processos de piritització (Mostra M-15).
6. Corpocol.linita (C), desmocol.linita (De) i semifusinita (S), pirites (Pi) (Mostra M-15).
7. Closca de mol.lusc pirititzada en mig d'una matriu carbonàtica (Mostra Pb-27).
8. Megaspore de parets espaioses (Crassisporas), telocol.linita, alternant amb una banda carbonàtica i finalment una fusinita (Mostra Pb-10).
9. Telinita amb cavitats reblertes per col.linita (Mostra LI-3).
10. Bituminita arrodonida reblint cavitats de closques fòssils (Mostra V-6)

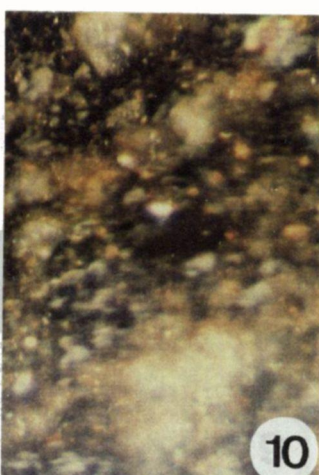
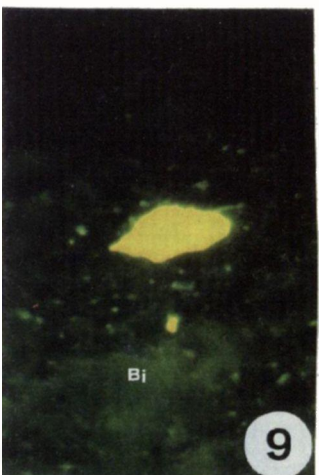
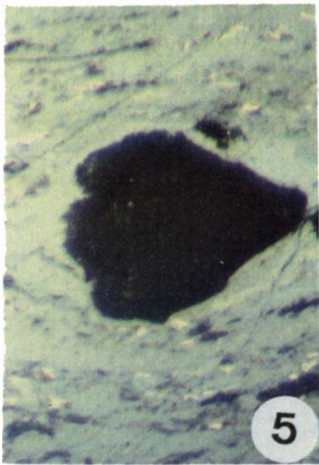
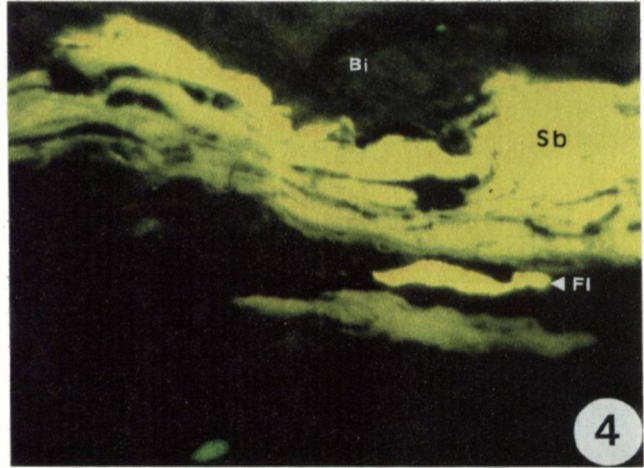
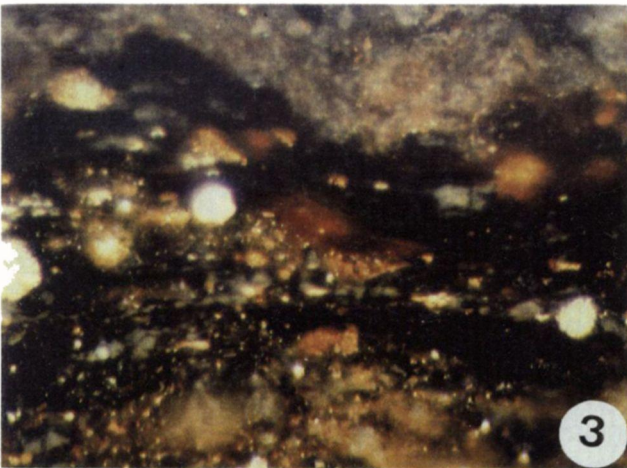
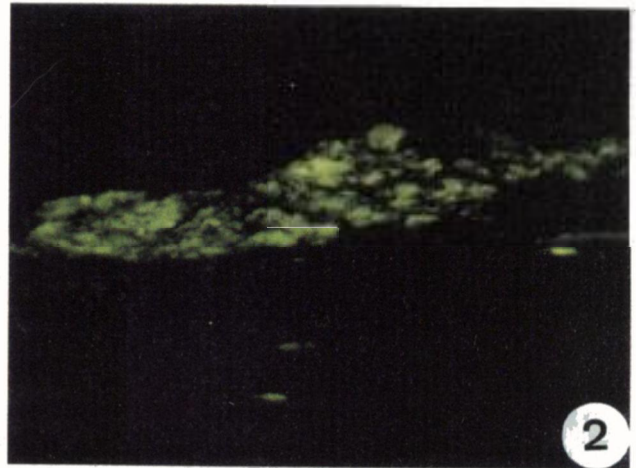
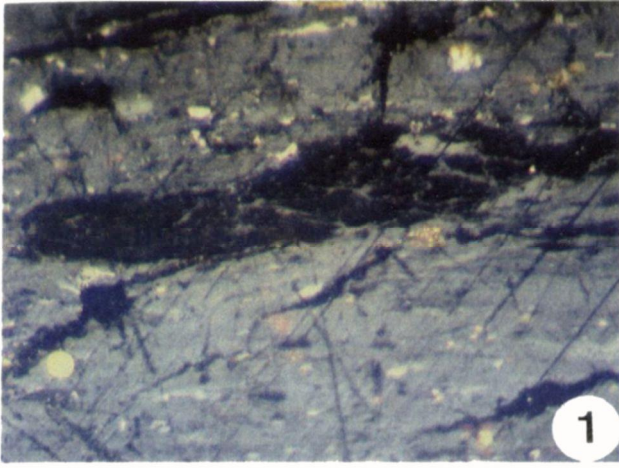


500 μ

LAMINA II

Macerals Liptinífics Garumnians observats en fluorescència i llum blanca.

1. Fluorinita en llum blanca reflectida (Mostra Sa-13).
2. Fluorinita en fluorescència (Mostra Sa-13).
3. Suberinita en llum blanca reflectida (Mostra V-10).
4. Suberinita (Sb) en una matriu carbonàtica bituminítica (Bi) i un cos de fluorinita (Fl) en fluorescència (Mostra V-10).
5. Gra de pol.len indeterminat en llum blanca reflectida (Mostra M-14).
6. Gra de pol.len indeterminat en fluorescència (Mostra M-14).
7. Cutinita en mig de telocol.linita (T) en llum blanca reflectida (Mostra M-34).
8. Cutinita en fluorescència (Mostra M-34).
9. Liptodetrinita en mig d'una matriu bituminítica (Bi) en fluorescència (Mostra V-4).
10. Liptodetrinita en llum blanca reflectida (Mostra V-4).
11. Microsporinita en llum blanca reflectida (Mostra M-7).
12. Microsporinita en fluorescència (Mostra M-7).

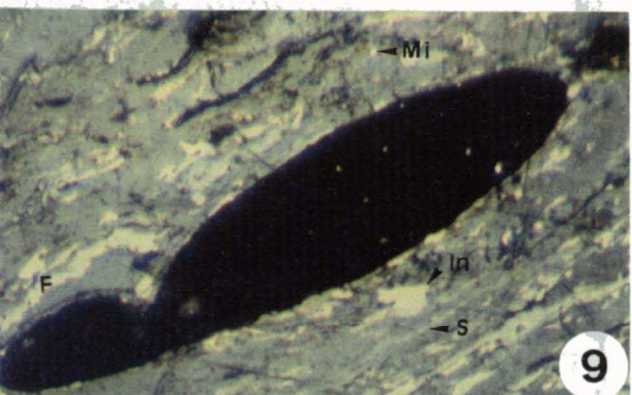
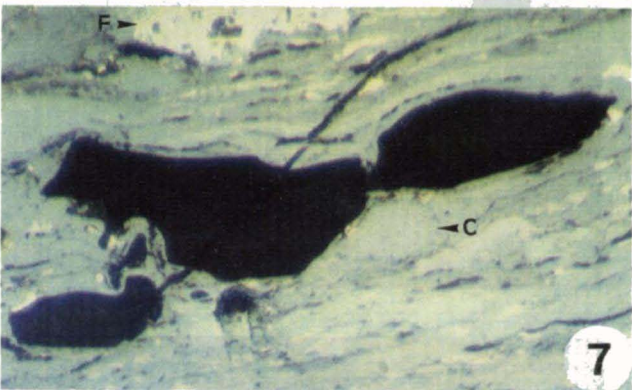
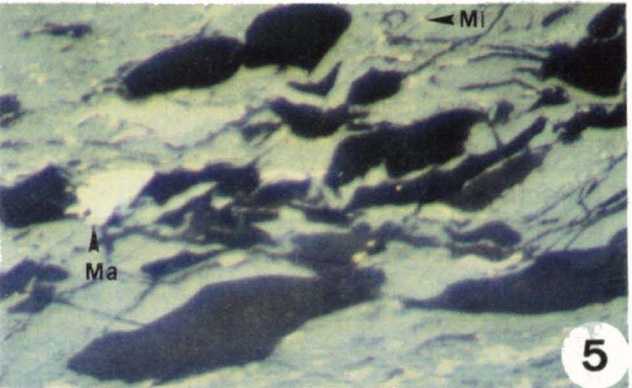
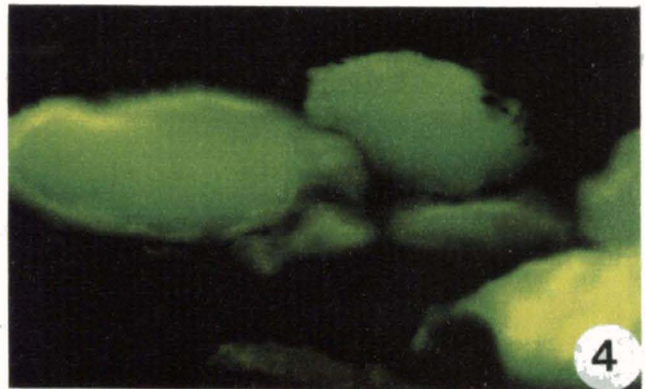
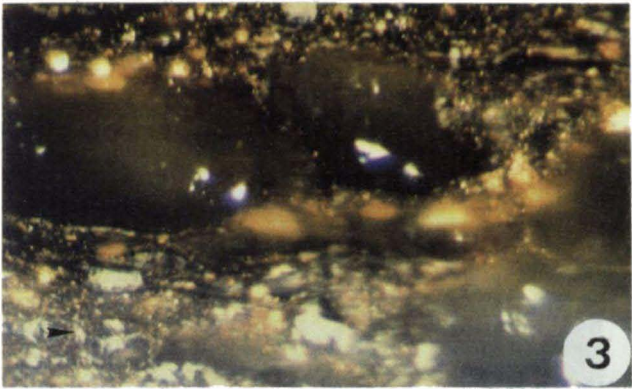
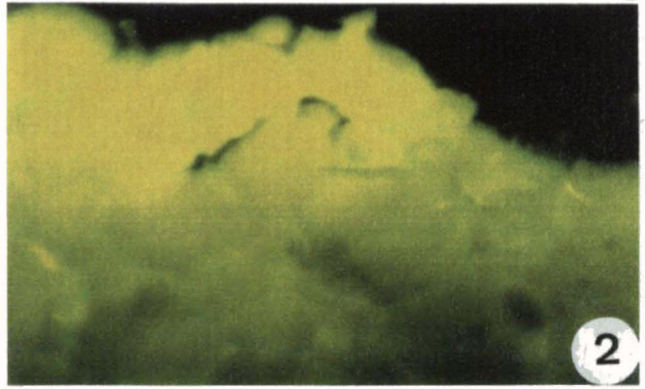
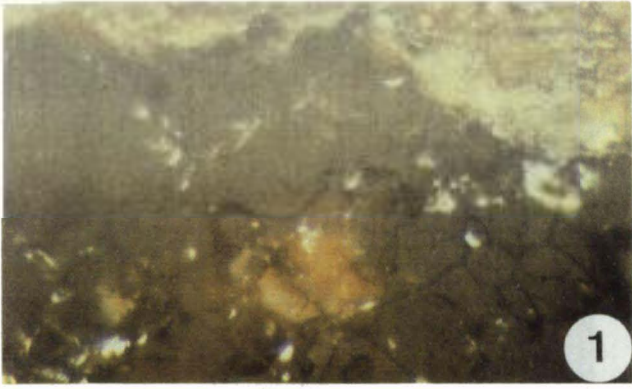


500 μ

LAMINA III

Resinites Garumnianes observades en fluorescència i llum blanca.

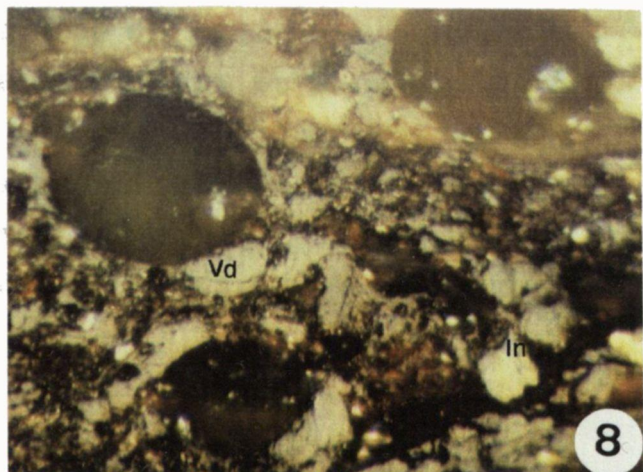
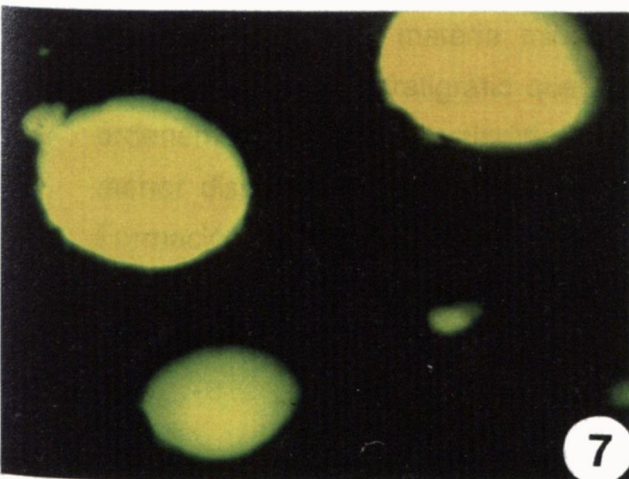
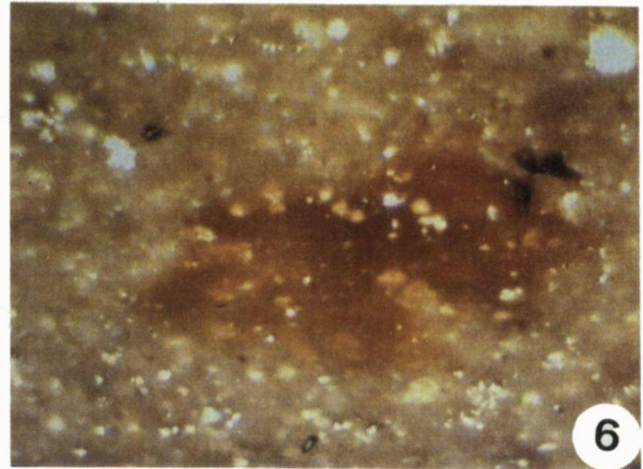
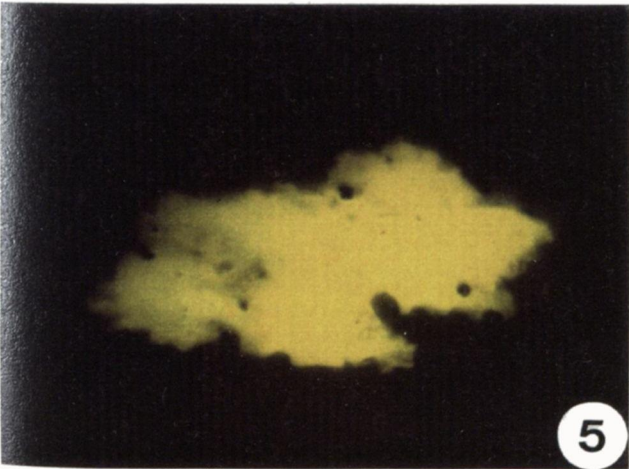
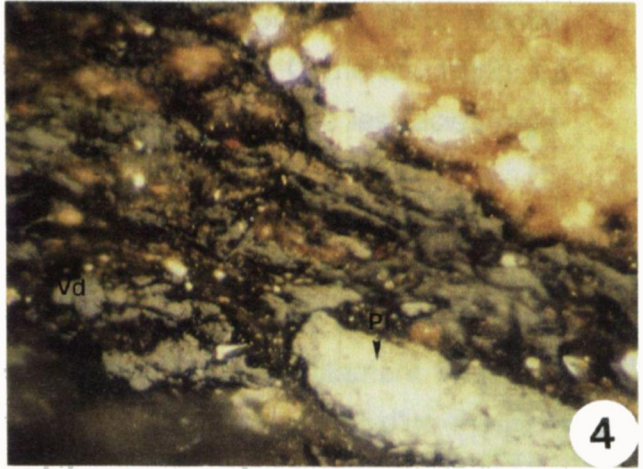
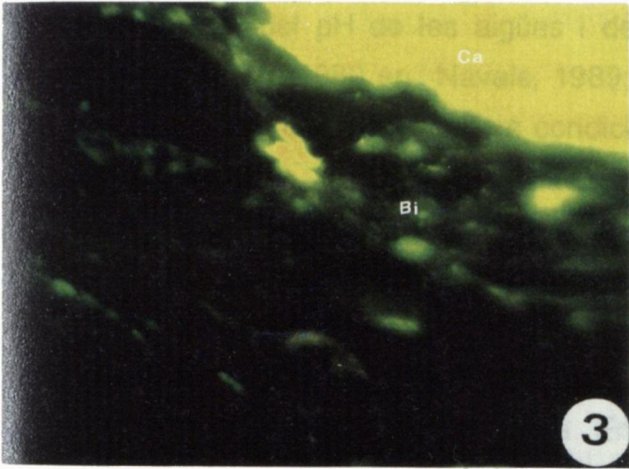
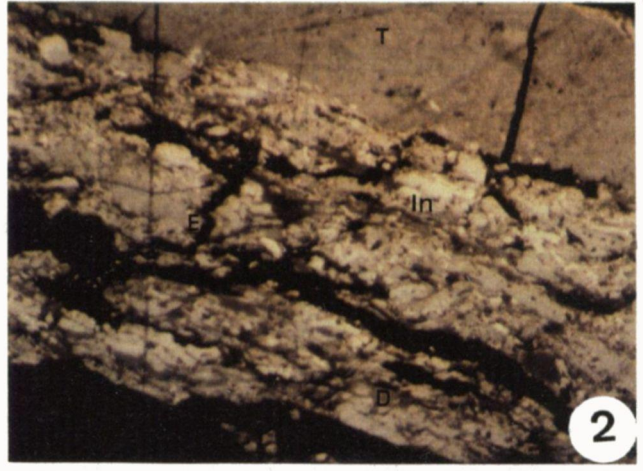
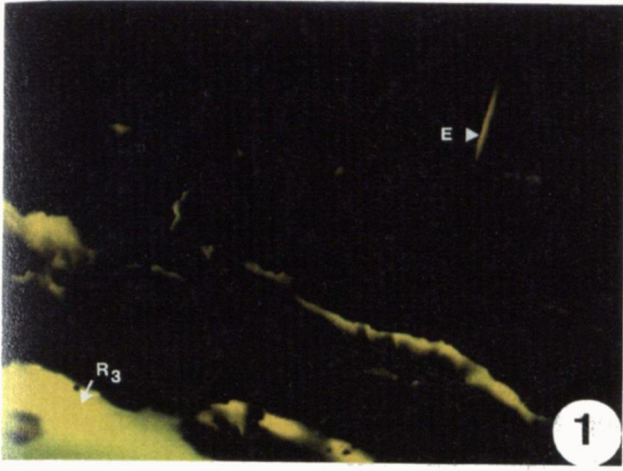
1. Resinita Groc-Verda (R_1) en llum blanca reflectida (Mostra V-10).
2. Resinita Groc-Verda (R_1) en fluorescència (Mostra V-10).
3. Resinita Verda (R_2) en mig d'una matriu inorgànica on s'observen fragments d'inertinita: inetodetrinita (In), en llum blanca reflectida (Mostra V-10).
4. Resinita Verda (R_2) en fluorescència (Mostra V-10).
5. Resinita Groga (R_3) en mig de la gelocol.linita. S'aprecien, també, macrinita (Ma) i micrinita (Mi), en llum blanca reflectida (Mostra M-14).
6. Resinita Groga (R_3) en fluorescència (Mostra M-14).
7. Resinita Groc-Taronja (R_4) en mig d'una matriu de gelocol.linita i corpocol.linita (C) en llum blanca reflectida (Mostra M-4).
8. Resinita Groc-Taronja (R_4) en fluorescència (Mostra M-4).
9. Resinita Taronja-Marró (R_5) en una matriu dedesmocol.linita on també hi han còssos de fusinita (F), inertodetrinita (In), semifusinita (S) i micrinita (Mi) en llum blanca reflectida (Mostra M-21).
10. Resinita Taronja-Marró (R_5) en fluorescència (Mostra M-21).



LAMINA IV

Macerals Liptinítics Garumnians observats en fluorescència i llum blanca.

1. Exudatinita (E) i resinita (R₃) en fluorescència (Mostra M-11).
2. Exudatinita (E) en les esclatxes de la col.linita, inetodetrinita (In), desmocol.linita (D) i teoloc.linita (T) en llum blanca reflectida (Mostra M-11).
3. Bituminita (Bi) amb fluorescència verdosa i carbonat (Ca) amb fluorescència groga (Mostra M-14).
4. Bituminita (matriu de fons), vitrodetrinita (Vd), telocol.linita en procés de piritització (Pi) en llum blanca reflectida (Mostra M-14).
5. Alginita en fluorescència (Mostra M-15).
6. Alginita en llum blanca reflectida (Mostra M-15).
7. Terpentinita en fluorescència (Mostra V-10).
8. Terpentinita, vitrodetrinita (Vd) i inertodetrinita (Id) en llum blanca reflectida (Mostra V-10).



500 μ

2.2. DISTRIBUCIO DELS COMPONENTS ORGANICS

L'amplitud de components orgànics (macerals) garumnians descrits en l'apartat anterior tenen una distribució i concentració variable segons la sèrie estratigràfica analitzada. Aquesta variabilitat respon directament a les condicions ambientals del medi deposicional on es desenvoluparen. Així doncs, les característiques petrogràfiques de les fàcies organògenes que ens ocupen dependran de la turbera pantanosa on s'originaren, del nivell d'aigua de la pròpia turbera, del grau d'humitat ambiental, del pH de les aigües i del seu potencial redox (Schopf, 1975, Navale, 1979, Tasch, 1980 en Navale, 1989; Smyth, 1979 en Smyth i Cameron, 1982). La interpretació d'aquests factors condicionarà el desenvolupament de les fàcies organogèniques.

Les quantificacions de cada un dels tres grups macerals que constitueixen els materials organògens d'edat Garumniana es troben especificades en les taules de la 4 a la 12. L'estat de conservació d'aquests còssos està directament relacionat amb la procedència de la mostra. En el cas que la mostra provingui d'un mostreig de sondeig la matèria orgànica està força ben conservada, mentre que si prové d'un tall de mina de cel obert la trobarem més deteriorada.

Considerem ambdós sectors Alt Berguedà i Tremp per separat.

2.2.1. ZONA DEL BERGUEDA

La composició maceràlica concentrada -en petits llits totalment orgànics- i dispersa -inclosa dins la matèria mineral- en la Zona del Berguedà varia segons la formació o nivell estratigràfic que talli la secció analitzada. De tal manera, que si ordenem els nivells estratigràfics en trams i els classifiquem de menys ric i amb menor dispersivitat orgànica a més ric i variats, ens quedarien disposats tal com: Formació Margues de Perles, Nivell "Cementos" i Membre Sant Corneli. Aquesta darrera és la més organògena i la que avui dia s'explota industrialment.

2.2.1.1. Formació Margues de Perles.

Les sèries estratigràfiques estudiades que tallen la Formació Margues de Perles corresponen als termes basals dels perfils T i M. Dels resultats de les anàlisis microscòpiques representats en les taules 4 i 5, se'n desprèn una baixa proporció en matèria orgànica.

El contingut orgànic de la sèrie T està constituït, fonamentalment, per vitrodetrinita i alguna inertodetrinita i s'observa força deteriorat -recordem que es tracta de mostres procedents de mina de cel obert. Per altra banda els còssos orgànics de la sèrie M -mostres de sondeig- estan millor conservats; facilitant així la seva identificació com a vitrodetrinites, inertodetrinites i alguns fragments de fusinites i semi-fusinites. Les fusinites de mida major presenten les seves estructures cel·lulars reblertes per matèria mineral, generalment pirita.

Associats als pocs còssos organògens que constitueixen la Formació Margues de Perles es troben restes de closques de calcita: possiblement fragments de gasteròpodes, lamel·libranquis i ostràcods, i seccions d'oogonis de carofícies. Les cavitats externes de calcita de les carofícies són, en ocasions, fluorescentes. Aquesta fluorescència és atribuïble a la presència de bitumens associada a la seva estructura calcítica.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%						
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F							
T-1	Fm. Perles					no identificable																										
T-2																																
T-3																																
T-4																																
T-5																																
T-6																																
T-7																																
T-8	Nivell Cementos																															
T-9																														.39		
T-10																															.37	
T-11																															.28	
T-12																																
T-13																																
T-14																																
T-15																																.19

A: Col·linita. B: Corpocol·linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.
 A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.
 1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3.
 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Liptodetrinita

Taula 4. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie T.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F	
M-1	Fm. Perles				-																					
M-2																										
M-3																										
M-4																										
M-5																										
M-6	N. Cem.																									
M-7																										
M-8	Membre M. St. Cornelli	-	*			*		*				*		*						*	*	*	*	*	*	
M-9																										
M-10																										
M-11																										
M-12			*	*		*						*		*		*					*	*	*	*	*	
M-13		(base	*	*		*						*		*		*				*	*	*	*	*		
M-14		i	*	*		*						*		*		*				*	*	*	*	*		
M-15		meitat	*	*		*						*		*		*				*	*	*	*	*		
M-16		infer.	*	*		*						*		*		*				*	*	*	*	*		
M-17		del	*	*		*			*			*		*		*				*	*	*	*	*		
M-18	tram	*	*		*			*			*		*		*				*	*	*	*	*			
M-19	mig).																									
M-20																										
M-21		*																		*	*	*	*	*		
M-22		*																		*	*	*	*	*		
M-23		*																		*	*	*	*	*		
M-24		*						*			*		*		*											
M-25																										
M-26																										
M-27		*									*		*		*					*	*	*	*	*		
M-28																										
M-29																										
M-30																										
M-31																										
M-32																				*	*	*	*	*		
M-33																										
M-34		*																		*	*	*	*	*		
M-35																										
M-36		*																		*	*	*	*	*		

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.

A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.

1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Lipodetrinita

Taula 5. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie M.

2.2.1.2. Nivell "Cementos"

Pel que fa referència al Nivell "Cementos" ha estat analitzat en el tram basal de les sèries estratigràfiques **Pb** i **M**, i en el tram superior del perfil **T** (taules 4, 5 i 6). A diferència de la formació anterior, el nivell "cementos" és proporcionalment més ric en: matèria orgànica, restes de closques de calcita que en ocasions es troben substituïdes per pirita, ostràcods i carofícies les quals presenten una fluorescència pàl.lida. Aquest conjunt és propi d'un ambient d'aigües salobres on la matèria orgànica arriba del continent proper en forma de detritus i queda retinguda en mig del sediment. És per això que la matèria orgànica està fragmentada, en el

cas de la vitrinita l'anomenem vitrodetrinita, i els petits trossos d'inertinita de difícil determinació es designen com a inertodetrinita. La inetrodetrinita és molt nombrosa al llarg del tram que ens ocupa i, tanmateix, hi ha fragments de mida una mica major de semifusinita i fusinita, força abundants cap a la part superior del nivell "cementos".

De manera puntual i concreta localitzem petits llits molt enriquits en còssos lip-tínífics, tal com la resinita del tipus R, o resinita amb fluorescència groc-llimona, les microspores i els còssos d'origen algal. Recordem que les microspores es caracteritzen per la seva bona conservació en el sediment, gràcies a la seva paret esporopollínica molt resistent, i les seves petites dimensions que possibiliten el seu transport pel vent des del continent fins al medi aquós que donà lloc al nivell "cementos". Les petites dimensions de les microspores fan que en una àrea reduïda pugui existir una acumulació important d'elles.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%				
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F					
Pb-1	Nivell Cemen- tos				-				*																					
Pb-2					-																									
Pb-3					-																									
Pb-4	Membre	-		-																										
Pb-5		*				*			*					*		*					*	*	*	*	*	*	*	*		
Pb-6		*				*			*					*		*					*	*	*	*	*	*	*	*		
Pb-7	M. de	*	*					*	*												*	*	*	*	*	*	*	*		
Pb-8		-		-																	*	*	*	*	*	*	*	*		
Pb-9		-		-				*	*		*	*									*	*	*	*	*	*	*	*		
Pb-10	Sant	*						*	*											*	*	*	*	*	*	*	*			
Pb-11		*				*		*	*											*	*	*	*	*	*	*	*			
Pb-12		*				*		*	*											*	*	*	*	*	*	*	*			
Pb-13	Corne- li	*	*																	*	*	*	*	*	*	*	*			
Pb-14		-																			*	*	*	*	*	*	*			
Pb-15		-																			*	*	*	*	*	*	*			
Pb-16	(base i mig)	-																			*	*	*	*	*	*	*			
Pb-17		*						*	*					*	*					*	*	*	*	*	*	*	*			
Pb-18		*																			*	*	*	*	*	*	*			
Pb-19		----- inorganic -----																												
Pb-20		----- inorganic -----																												
Pb-21		*						*	*					*	*					*	*	*	*	*	*	*				
Pb-22		*						*	*					*	*					*	*	*	*	*	*	*				
Pb-23		----- inorganic -----																												
Pb-24																					*	*	*	*	*	*				
Pb-25		*	*					*	*		*	*		*	*					*	*	*	*	*	*	*				
Pb-26											*	*								*	*	*	*	*	*	*				
Pb-27		-									*	*								*	*	*	*	*	*	*				
Pb-28		*						*	*		*	*		*	*					*	*	*	*	*	*	*				
Pb-29		*									*	*		*	*					*	*	*	*	*	*	*				
Pb-30																				*	*	*	*	*	*	*				
Pb-31		-																		*	*	*	*	*	*	*				
Pb-32																				*	*	*	*	*	*	*				
Pb-33																				*	*	*	*	*	*	*				
Pb-34 / Pb-35		----- inorganic -----																												

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.
A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.
1. Cutinita. 2. Restes algal. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Liptodetrinita.

Taula 6. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie Pb.

2.2.1.3. Membre Sant Corneli.

Finalment, ens ocuparem del nivell organògen per excel·lència, es tracta, com ja s'ha dit al principi del capítol, de la Membre Sant Corneli. Aquesta formació la tallen les següents sèries estratigràfiques: en la seva part basal-mitja els sondeigs **Pb**, **M** i **V**, el tram intermig-superior els perfils **Ta** i **Sa**, i la seva part superior el miniperfil **Sb**.

La distribució de la matèria orgànica en la Membre Sant Corneli no és uniforme (veure taules). En general, s'aprecia una forta concentració organògena a la base, consistent en una alternança de llits totalment orgànics amb d'altres on s'hi troba matèria inorgànica barrejada amb l'orgànica; mentre que cap a les parts intermitja-alta decreixen els llits enriquits amb components orgànics i augmenten els trams inorgànics o estèrils; finalment al arribar a la part superior aquesta és ja inexistent i s'observa un clar domini de les litofàcies inorgàniques.

a. Tram Basal-Meitat Inferior Del Tram Mig.

En el tram basal i en la meitat inferior del tram mig de la Membre Sant Corneli (sèries Pb, M, V i Ta) s'observen nombrosos llits organògens amb una àmplia variabilitat i concentració en macerals tipus: vitrinita, liptinita i inertinita. El domini d'un o altre maceral sobre la resta ens indicarà, com ja veurem més endavant, petites fluctuacions en el medi deposicional.

Els còssos orgànics determinats dins del grup maceràlic de la vitrinita són majoritàriament del tipus col·linita, concretament algunes d'elles són corpocol·linites (veure taules 6, 5, 7 i 8); també s'aprecien petites concentracions de vitrinita deteriorada i vitrodetrinita en algun nivellet, generalment coincidint amb els més enriquits en matèria mineral.

Pel que fa referència als còssos liptinífics es fa patent la seva gran varietat. Les liptinites més nombroses en aquest tram són les cutinites, les espores, la resinita i la fluorinita. Cal remarcar que les liptinites considerades com a productes secundaris,

com són l'exudanita, la bituminita i la resinita del tipus R₃ són poc abundants i es troben localitzades, generalment, en la part més inferior del tram considerat.

Finalment cal parlar de les inertinites; aquestes són molt nombroses en alguns llits concrets, on poden arribar a dominar sobre les vitrinites. Les inertinites que ens ocupen són del tipus semifusinita, fusinita, macrinita, micrinita, inertodetrinita i alguna esclerotinita (figura 8.).

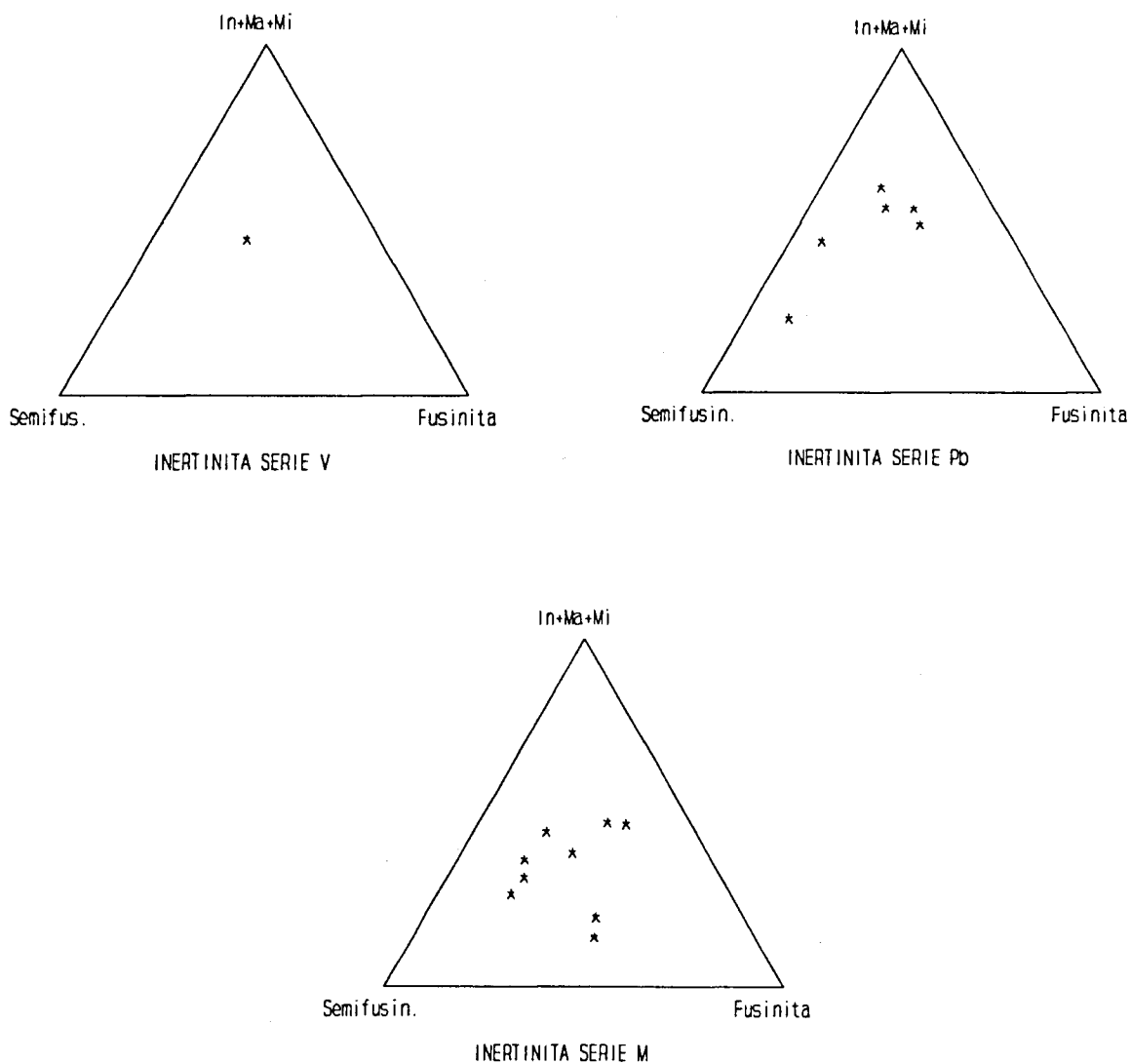


Figura 8. Diagrama composicional dels còssos inertinífics del tram basal-meitat inferior del tram mig de la Membra Sant Corneli (Zona de Berguedà).

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%				
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F					
V-1	Membre	-	-	-	-																						.37			
V-2		*	-	-	*			*	*						*					*	*	*	-	-	-	-	.38			
V-3		*	-	-	*			*	*		*				*					*	*	*	-	-	-	-	.36			
V-4	M. de	-	-	-	-																					.37				
V-5		*	-	-	*			*	*		*				*					*	*	*	-	-	-	-	.37			
V-6	Sant	-	-	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.38			
V-7		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.36			
V-8	Corne-	*	*	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.31			
V-9		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.28			
V-10	li.	*	-	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.26			
V-11		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.42			
V-12	(base	*	-	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.48			
V-13		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.31			
V-14	i	*	-	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.40			
V-15		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.43			
V-16	mig)	*	-	-	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.46			
V-17		*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.52			
V-18	*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.53			
V-19	*	-	-	*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.44			
V-20																														
V-21				*																							.28			
V-22	*			*																							.43			
V-23				*			*																				.39			
V-24	*			-			*																				.50			
V-25																														
V-26																											.46			
V-27	*			*			*																				.53			
V-28			*	-			-																				.30			
V-29	/ V-31	V-33 / V-32 / V-34																												
V-30			*																								.20			
V-35			-																											
V-36																														
V-37																														
V-38	/ V-39	V-40/V-41/V-42/V-43				inorgànic amb alguna liptodetrinita i fragment de col.linita																								

Taula 7. Distribució dels cossos orgànics en la sèrie V.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%			
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F				
Ta-2	Membre	*											*								*	*	*	*			.34		
Ta-3		-																											
Ta-4																													
Ta-5	M. de	mostra deteriorada																											
Ta-7		mostra deteriorada																											
Ta-8	Sant	*												*						*	*	*				.30			
Ta-9		*	-	-	-							*	*	*						*	*	*							
Ta-10	Corne-	*										*	*	*						*	*	*							
Ta-11		*	-	-	-															*	*	*					.35		
Ta-12	li.	*																		*	*	*					.31		
Ta-13		*											*	*	*					*	*	*							
Ta-14	(tram	*				*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.35		
Ta-15		*				*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.40		
Ta-16	mig)	*																		*	*	*	*	*	*	*	.49		
Ta-17																													
Ta-18	*												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
Ta-19	*											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
Ta-20																													
Ta-21		*	*										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.51		
Ta-22	*	-	-	-																*	*	*	*	*	*	*	.50		
Ta-23				*																									
Ta-24																													
Ta-25																													
Ta-26																													
Ta-27												*								*	*	*	*	*	*	*			
Ta-28																				*	*	*	*	*	*	*			
Ta-29												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.44		
Ta-31												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
Ta-32									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	.44		

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.
A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.
1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Liptodetrinita.

Taula 8. Distribució dels cossos orgànics en la sèrie Ta.

La proporció dels diferents cossos inertínitcs en cada una de les sèries queda representada en la figura 8., on hi han dibuixats els corresponents diagrames composicionals de les mostres més significatives. En ells comprovem que la sèrie Pb és la que té un major nombre de cossos del tipus inertodetrinita; fet que en el diagrama queda reflectit en la tendència d'una de les dues poblacions que s'observen a dirigir-se cap el vèrtex superior del triangle. En la sèrie M hi ha una major dispersió del contingut inertínitc en cada mostra, presentant la següent distribució: mostres riques en semifusinita, d'altres amb un cert component fusínitc i les darreres i més nombroses amb una proporció aproximadament intermitja entre els tres paràmetres establerts.

Existeixen, doncs, determinats nivells on hi ha un domini clar de les inertodetrinites (fragments d'inertinites indeterminats que en aquest estudi no es troben arrodonits a cops barrejats amb micrinites i macrinites; això ens fa pensar en la possibilitat de que existís moments de turbulència on es produís un retreballament dels cossos inertínitcs, que va provocar el trencament del cos original.

b. Meitat Superior Del Tram Mig.

La meitat superior del tram mig de la Membre Sant Corneli, que correspon a la sèrie Sa i al fragment superior de les sèries Pb, V i Ta, presenten un progressiu decreixement del contingut orgànic i un enriquiment en litofàcies inorgàniques. S'aprecia una tendència a la desaparició dels nivells orgànics i una aparició de matèria orgànica dispersa en mig d'una matriu mineral.

El decreixement orgànic és patent en els tres grups maceràlics (veure taules 6, 7 i 8); éssent el grup de la liptinita el qui sembla més afectat en aquesta merma, tant en el seu percentatge com en la seva variabilitat.

En el cas de la vitrinita, quan hi és present en la mostra, és del tipus col.linita i/o vitrodetrinita. Pel que fa referència a les inertinites és clar el seu descens, però aquest en comparació al de la vitrinita és molt menor, fet que es atribuïble a la major resistència que tenen el cossos inertínitcs respecte als vitrinítcs quan són transportats i quan pateixen condicions ambientals desfavorables. Tanmateix, la

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F	
Sb-1	Membre	-----restes carbonàtics deteriorats-----																								.43
Sb-2	M. St.																									
Sb-3	Corne-	-----inorgànic-----																								
Sb-4	li.	-----inorgànic-----																								
Sb-5	(sup.)																									

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.

A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.

1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Lip-todetrinita.

Taula 10. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie Sb.

c. Tram Superior.

El tram superior de la Membre Sant Corneli, localitzat en una única sèrie: Sb, és estèril des d'un punt de vista orgànic. És, doncs, el punt màxim del decreixement en matèria orgànica iniciat en el tram anterior.

Tan sols en una de les mostres analitzades s'observen algunes restes orgàniques com són petits fragments de vitrinita i inertodetrinita, que ens poden fer pensar en una contaminació de la mostra.

L'increment de la matèria mineral i la inexistència de matèria orgànica ens condueix cap a un nou tipus de fàcies producte de l'evolució de l'ambient deposicional de l'època, que encara que siguin d'edad Garumniana són ja inorgàniques i per tant s'escapen dels objectius del present estudi.

2.2.2. ZONA DE TREMP

El contingut orgànic de les mostres pertanyents a la Formació Tremp (Zona de Tremp) és aproximadament uniforme en cada una de les sèries analitzades (veure taules 11 i 12). Aquesta matèria orgànica està formant exclusivament alguns nivells o bé està dispersa en mig la matèria mineral.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%			
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F				
LL-2	Fm. Marques de Tremp	*								*											-	-	*				.42		
LL-3		*	*			-																*	*	-				.36	
LL-4																													
LL-5																													
LL-6																													
LL-7																													
LL-8																													
LL-9																													
LL-12			*	*			*	*	*	*												*	-	-	*	*			.48
LL-16																													
LL-17																						*	*					.31	
LL-18																						*	*					.46	
LL-19																													
LL-20		m.o. en petites particules deteriorades																											

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.
A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.

1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Liptodetrinita

Taula 11. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie Ll.

Nº Prep.	Fm.	VITRINITA				LIPTINITA														INERTINITA						R%			
		A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	A	B	C	D	E	F				
Ic-1	Fm. Marques de Tremp	-			*																								
Ic-4																													
Ic-5																													
Ic-6																													
Ic-7																													
Ic-8			*																										
Ic-8																													
Ic-9																										*			
Ic-9																													

A: Col.linita. B: Corpocol.linita. C: Vta. deteriorada. D: Vitrodetrinita.
A: Semifusinita. B: Fusinita. C: Inetrodetrinita. D: Macrinita. E: Micrinita. F: Esclerotinita.

1. Cutinita. 2. Restes algals. 3. Macrospores. 4. Microsporinita. Resinita: 5. R1. 6. R2. 7. R3. 8. R4. 9. Suberinita. 10. Fluorinita. 11. "Terpentinita". 12. Bituminita. 13. Exudanita. 14. Liptodetrinita.

Taula 12. Distribució dels còssos orgànics en la sèrie Ic.

El tipus de matèria orgànica localitzada en aquesta anàlisi forma part dels tres grups maceràlics clàssics:

- Els còssos determinats com a vitrinites es presenten de manera continuada -amb més o menys proporció- al llarg de totes dues sèries. En els nivells més organogènics aquestes vitrinites són majoritàriament del tipus col.linita, dins del qual s'aprecien algunes corpocol.linites; mentre que a la resta es troben fragments de diferent mida de vitrinita, als quals -com deiem

en el capítol anterior- hem anomenat vitrodetrinites. En el cas concret del perfil Ic quasi totes les vitrinites són d'aquest darrer tipus.

- El nombre de còssos liptínitics és molt menor si el comparem amb el de la Membre Sant Corneli, així com la seva variabilitat. Dins d'aquesta comparança ens adonem, també, que no hi ha macerals liptínitics secundaris.

Les liptinites diferenciades són majoritàriament resinites del tipus R_1 i R_2 i esporinites.

- En el cas de les inertinites cal remarcar que són presents en totes dues seccions i en totes les mostres, com queda reflectit en les taules 11 i 12 i representat en el diagrama triangular de la figura 10.

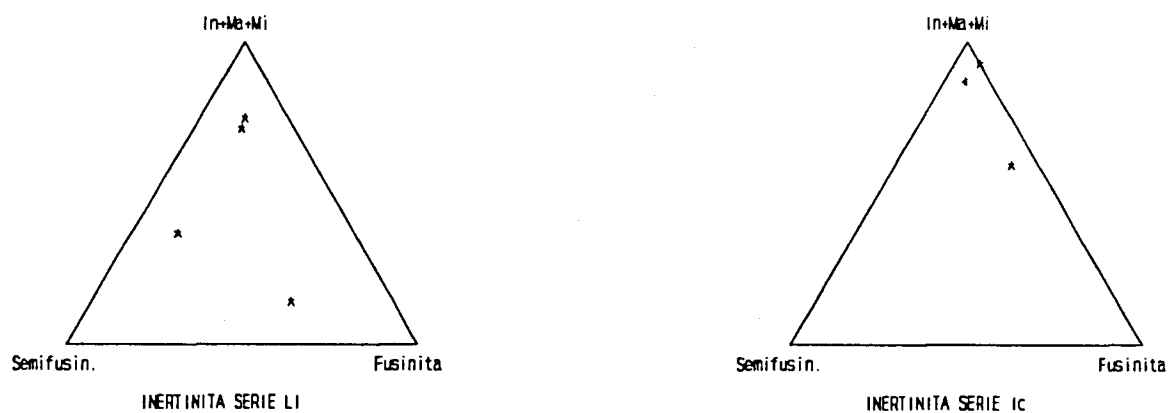


Figura 10. Diagrama triangular de la composició inertínitica, en les mostres més representatives, dels perfils LI i Ic corresponents a la Formació Tremp (Zona de Tremp).

2.3. ANALISI MACERALICA

Generalment, els macerals no els trobat aïllats en el nostre estudi sino que s'associen amb d'altres de diferent grup maceràlic. Per tal d'establir la proporció de cadascun d'aquests grups que constitueixen les fàcies garumnianes i la seva relació quantitativa, hem efectuat l'anàlisi maceràlica. L'anàlisi maceràlica conjuntament amb les dades globals del contingut orgànic i inorgànic ens permetran establir, posteriorment, l'ambient deposicional original.

Actualment s'intenta normalitzar l'utilització del tractament automàtic d'imatges (A.I.A.S.) per a realitzar l'anàlisi maceràlica (Chao i al., 1982).

En l'anàlisi maceràlica, hem determinat simultàneament al contacte de cadascun dels macerals el percentatge de fracció mineral. Aquesta anàlisi l'hem realitzada sobre seccions pulides -perpendiculars a l'estratificació- i provetes granulades, en ambdós cassos s'han seleccionat les mostres més representatives de cada sector estudiat (Berga i Tremp). Hem utilitzat bàsicament la microscopia de llum blanca reflectida, i a voltes la llum blau-violeta i un contador de punts. Els contactes realitzats sobre cada maceral o mineral els hem expressat en percentatge del total de punts contats.

En aquesta anàlisi hem determinat i contabilitzat els tres grups maceràlics anteriorment descrits: vitrinita, liptinita i inertinita, a més de la fracció mineral (pirita, carbonat i argila). Els resultats han quedat representats en la figura 11., on hi apreciem en cada sector el percentatge contabilitzat en cada fracció per a cadascuna de les sèries estratigràfiques. Dins de cada grup hem diferenciat per separat els macerals majoritaris determinats (taula 13), que són els següents:

- del grup de la vitrinita: col.linita i corpocol.linita.
- del grup de la liptinita: cutinita, resinita, fluorinita, microsporinita i macrosporinita.
- del grup de l'inertinita: inertodetrinita, semifusinita, fusinita, esclerotinita, macrinita i micrinita.

ZONA DE L'ALT BERGUEDA

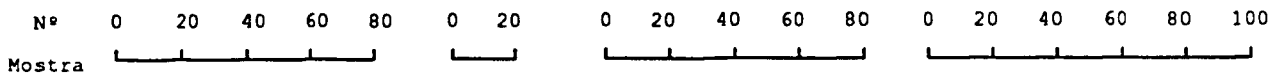
Mos- tra	VITRINITA			LIPTINITA						INERTINITA							MINERALS			Tota.			
	col.	corp	%	cuti	resi	fluo	micr	macr	%	indt	semf	fusi	escl	macr	micr	%	pir	c/a	%				
sa-3	49	---	10	-----			5	-----			1	49	6	4	---	---	---	12	10	367	77	490	
sa-8	5	---	1	-----			---	-----			---	56	2	41	---	---	---	19	11	401	80	516	
sa-11	95	---	19	8	2	---	---	---	---	2	39	6	5	---	---	---	10	10	337	69	503		
sa-13	161	---	31,5	11	16	69	---	ex 5	19,7	57	84	31	---	3	---	---	34,2	5	69	14,4	511		
sa-20	5	---	1	9	1	---	---	---	2	50	33	17	---	---	---	20	9	376	77	500			
v-22	308	---	61,3	9	8	47	---	23	17,3	28	35	25	---	10	9	21,3	---	---	---	---	502		
m-3	12	---	2	-----			6	-----			1	42	7	5	---	---	---	9	5	523	88	600	
m-6	9	---	3	-----			10	-----			2	40	---	---	---	---	---	8	7	430	87	502	
m-7	27	---	4	-----			5	-----			0,75	9	17	20	---	---	---	7	9	575	88,2	662	
m-11	108	---	21,2	14	7	16	---	---	7,2	50	176	70	---	51	9	70	7	---	---	---	1	508	
m-13	266	57	60,0	31	9	10	---	---	9,2	58	34	52	2	9	10	30,5	---	---	---	---	---	540	
m-17	255	55	60,0	18	15	33	ex 7	8	15,5	27	46	19	4	15	12	23,5	6	---	---	---	---	520	
m-18	304	---	60,0	21	17	20	8	10	17,0	49	30	23	---	5	4	22,0	5	---	---	---	1	507	
m-21	260	50	61,3	13	---	3	57	---	14,5	38	57	21	---	6	---	24,1	---	---	---	---	---	505	
m-24	298	17	45,5	20	15	31	43	---	15,7	---	35	39	1	3	9	12,5	124	57	26,1	692	504		
m-27	168	---	33,3	5	4	2	11	---	4,3	124	51	118	---	21	---	62,3	---	---	---	---	---	504	
m-29	5	---	1	-----			---	-----			37	5	3	---	---	---	9	4	446	90	500		
m-32	65	---	12,5	6	14	16	---	12	9,2	90	119	100	---	44	---	68,2	51	---	9,8	517			
m-34	190	---	38,0	7	17	15	5	6	10,0	30	117	37	3	4	---	38,0	10	60	14	502			
m-36	230	2	40	5	11	---	7	---	4	56	135	46	---	8	---	42,2	88	---	15	580			
pb-3	6	---	1	2	7	3	---	---	2	50	1	---	---	---	---	9	8	493	88	570			
pb-7	246	---	48	25	---	30	---	40	18,5	40	52	9	---	7	---	21	24	39	12,3	512			
pb-9	50	2	10	12	12	11	---	---	7	---	48	8	---	8	7	14	---	350	69	508			
pb-11	78	---	15	16	25	20	3	9	14,0	23	36	17	5	9	19	21	5	255	50	520			
pb-13	193	---	35	8	23	24	---	13	12,5	82	51	31	---	21	16	36,5	47	41	16	550			
pb-18	268	---	52,6	8	10	15	---	---	6,5	25	40	58	---	41	26	37,7	18	---	3,3	509			
pb-21	37	---	7	7	35	45	---	---	17	94	56	74	---	53	---	53,7	2	113	22,3	516			
pb-26	141	---	27,5	3	---	8	---	12	4,5	89	60	43	---	17	12	43	128	---	25	513			
pb-27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	60	---	---	11,5	82	376	88,5	518			
pb-31	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	43	---	---	8,5	8	456	91,5	507			
pb-33	4	---	0,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	19	---	---	3,8	26	455	95,5	504			
ta-32	116	---	22,3	---	12	---	---	13	4,8	99	143	51	---	44	---	65	15	27	8	520			
t-8	---	---	tr	---	---	---	---	---	tr	---	---	---	---	---	---	tr	10	520	100	530			
t-11	51	---	10	-----			5	-----			1	---	---	---	---	---	tr	8	445	89	510		
t-15	35	---	7	-----			5	-----			1	35	10	---	---	---	3	3	10	7	405	82	503

ZONA DE TREMP

Mos- tra	VITRINITA			LIPTINITA						INERTINITA							MINERALS			Tota.		
	col.	corp	%	cuti	resi	fluo	micr	macr	%	indt	semf	fusi	escl	macr	micr	%	pir	c/a	%			
ic-5	20	---	3,2	-----			7	-----			1,1	106	14	60	---	---	---	28,9	4	412	66,7	623
ic-9	12	---	2,3	-----			4	-----			0,78	24	---	2	---	---	---	5	2	467	91,9	510
ll-2	71	---	12,4	-----			2	-----			0,35	51	71	19	---	---	---	24,6	---	359	62,7	572
ll-3	116	24	27,3	3	8	2	5	---	3,5	17	51	100	---	7	---	34,2	---	178	35	511		
ll-12	154	---	30	3	9	---	---	17	5	181	50	46	---	54	---	64	6	---	1	520		
ll-17	---	---	tr	2	4	---	---	---	1	28	---	---	---	---	---	5	7	532	94	573		
ll-18	211	---	41	---	30	---	---	1	6	138	33	35	---	60	---	52	5	2	1	515		

Taula 13. Resultats de l'anàlisi maceràlica de les zones de l'Alt Berguedà i Tremp.

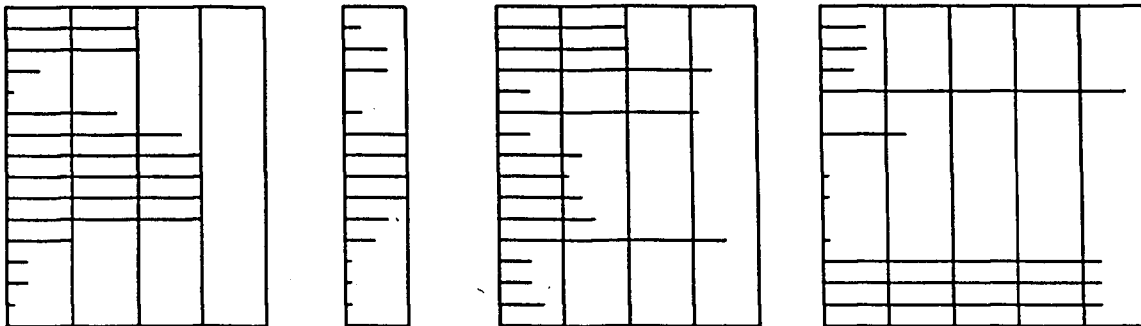
VITRINITA LIPTINITA INERTINITA M. MINERAL



MEMBRE SANT CORNELI (ZONA DE BERGUEDA)

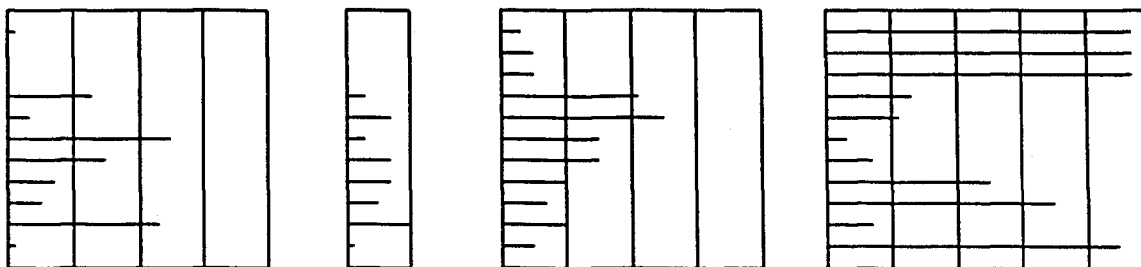
Sèrie M:

- M-36
- M-34
- M-32
- M-29
- M-27
- M-24
- M-21
- M-18
- M-17
- M-13
- M-11
- M-7
- M-6
- M-3



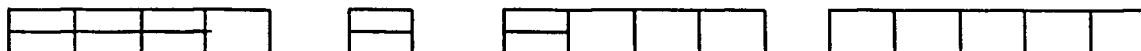
Sèrie Pb:

- Pb-33
- Pb-31
- Pb-27
- Pb-26
- Pb-21
- Pb-18
- Pb-13
- Pb-11
- Pb-9
- Pb-7
- Pb-3



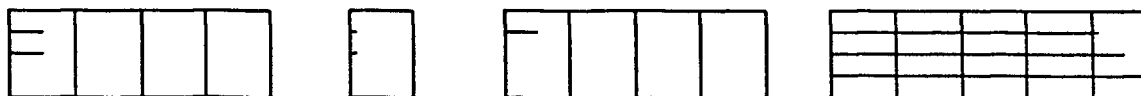
Sèrie V:

- V-22



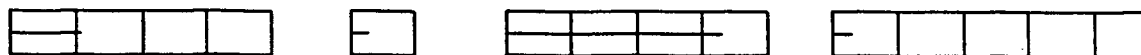
Sèrie T:

- T-15
- T-11
- T-8



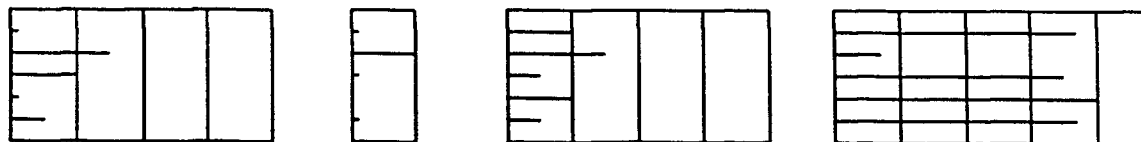
Sèrie Ta:

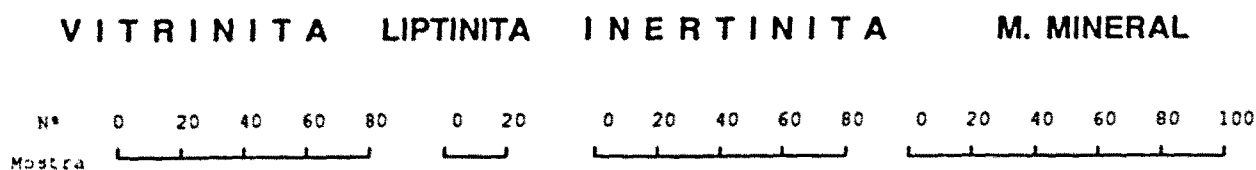
- Ta-32



Sèrie Sa:

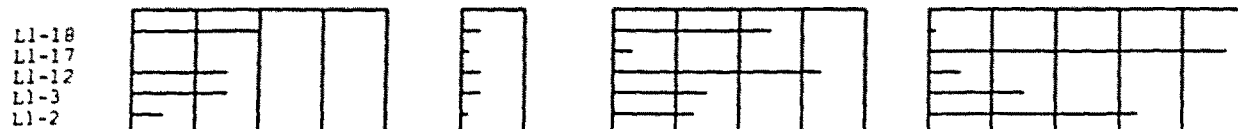
- Sa-20
- Sa-13
- Sa-11
- Sa-8
- Sa-3





FORMACIO TREMP (ZONA DE TREMP)

Sèrie Ll:



Sèrie Ic:

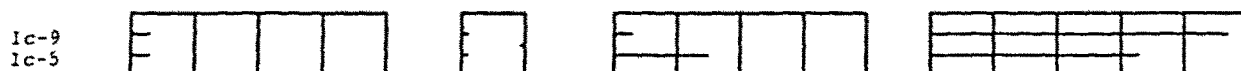


Figura 11. Representació gràfica dels valors porcentuals de cada un dels macerals i de la matèria mineral en les series corresponents a la Zona del Berguedà i Tremp.

Al observar les taules de l'anterior apartat, la 13 i la figura 11. ens adonem de la presència de nivells amb composició maceràlica ben diferenciada tant al sector de l'Alt Berguedà com en el de Tremp. Apreciem, l'existència de nivells de composició fonamentalment orgànica alternant amb altres on hi ha una clara tendència al domini mineral. En ambdós casos s'hi diferencien nivells amb una proporció més alta d'un maceral o d'un altre i/o d'un mineral per sobre d'un altre. Aquest fet ens ha portat a establir diferents tipus de nivells orgànics i inorgànics. En el cas dels nivells orgànics hem determinat els tipus: Tipus I o vitro-inertinitic i Tipus II o inerto-vitrinitic. En quan els nivells inorgànics farem referència als tipus: Tipus III o carbonàtic, Tipus IV o argilós i Tipus V o pirític. En la taula 14 queden representats els valors mitjos de cada maceral per cada tipus de nivell i el nombre de mostres (N) que han presentat cadascun dels tipus de nivells establerts, tan per el sector de Tremp com pel de l'Alt Berguedà.

N	TIPUS	VITRINITA	LIPTINITA	INERTINITA	M.MIN.
6	I: Vitro-inertinitic	58%	14%	26%	2%
6	II: Inerto-vitrinitic	30%	8%	58%	4%
20	III: Carbonàtic	7%	5%	24%	64%
3	IV: Argilòs	5%	1%	20%	74%
8	V: Pirític	27%	7%	35%	31%

Taula 14. Resum de l'anàlisi maceràlica del materials garumnians estudiats (N = nº de mostres; M. MIN. = materia mineral; el valor del percentatge s'extreu de la mitja dels valors obtinguts en cada nivell).

NIVELLS TIPUS I: VITRO-INERTINITIC

Els nivells que anomenem de Tipus I o vitro-inertinitic és caracteritzen per estar formats per una proporció relativa de vitrinita més alta que la de la inertinita. La composició maceràlica dels nivells Tipus I conté aproximadament: un 58% de vitrinita, majoritàriament del tipus col.linita; un 14% de liptinita; un 26% d'inertinita, fonamentalment dels tipus semifusinita, fusinita i inertodetrinita; i un percentatge molt baix o nul de matèria mineral (proporció màxima d'un 2%).

Així doncs, els nivells Tipus I o vitro-inertinitics garumnians tenen un alt percentatge de vitrinita, essent un mica més del doble que el d'inertinita. Aquest fet és important alhora de tenir en compte l'ambient en el que és van formar.

Des d'un punt de vista ambiental, els llits del Tipus I o vitro-inertinitics ens indiquen un medi deposicional que ha patit períodes fluctuants en el nivell de l'aigua, com pot ser el cas d'una turbera pantanosa. Els períodes en que aquests nivells de l'aigua ha estat alts han permès unes condicions favorables a la preservació dels vegetals amb teixits llenyosos, això explicaria l'alta proporció de vitrinites; i també una absència generalitzada d'oxidació que ha provocat el baix contingut en còssos inertinitics. Smyth i Cameron (1982) consideren condicions favorables per a la formació de vitrinita, el fet de que els fragments de vegetals originals quedin coberts ràpidament per aigua i/o sediment, evitant el contacte

amb l'atmosfera. Teichmüller (1962) apunta que l'abundància de vitrinita en un nivell és propia de fàcies de "forest-swamp" (bosc pantanós) i Marchioni (1980) afirma en aquest sentit que la presència majoritària de vitrinita va associada a una taxa força elevada de subsidència de la conca.

NIVELLS TIPUS II: INERTO-VITRINITIC

Els nivells que hem definit, en aquests materials d'edat garumniana que ens ocupen, com Tipus II o inerto-vitrínitics és caracteritzen per presentar una proporció relativa d'inertinita superior a la de la vitrinita. En general, hem establert que estan constituïts per aproximadament: un 30% de vitrinita, majoritàriament del tipus col.linita; un 8% de liptinita; un 58% de inertinita, fonamentalment dels tipus semifusinita, macrinita, fusinita i inertodetrinita; i una petita part de matèria mineral (màxim percentatge d'un 4%).

L'alt contingut en inertinites que s'aprecia en els nivells Tipus II o inerto-vitrínitics (representats en la figura 11.) ens indica que en el medi deposicional hi ha hagut una forta oxidació dels cossos vegetals, bé per unes condicions d'extrema sequetat, bé per el transport d'aports afeigits de restes vegetals al medi deposicional. Aquestes condicions extremes s'interpreten com a moments en els que es varen produir canvis climàtics locals forts, que provocaren una sequera de la turbera o bé l'incendi d'aquesta (Teichmüller, M., 1989). Ens inclinem més per la possibilitat de moments de sequera del dipòsit o bé per aports exteriors a ella, per la poca potència que tenen els llits inertínitics interstratificats amb d'altres de vitro-fusínitics i nivells minerals; i per la presència de cossos resinítics no "cremats" en mig dels llits inertínitics.

NIVELLS TIPUS III: CARBONATIC

En l'anàlisi maceràlica de les fàcies d'edat Garumniana que ens ocupen el nivell mineral més abundant és el de carbonat, per això establím l'existència d'un nou tipus de nivell microscòpic el Tipus III o carbonàtic. Aquest es caracteritza per estar constituït per valors mitjans d'un 7% de vitrinita, un 5% de liptinita, un

24% d'inertinita i un 64% de matèria mineral, de la qual aproximadament un 60% és carbonat i un 4% pirita. S'observa també que el component orgànic majoritari en aquest nivell mineral fonamentalment carbonàtic pertany al grup maceràlic de l'inertinita.

NIVELLS TIPUS IV: ARGILOS

El nivell mineral ric en argila que hem anomenat de Tipus IV o argilós és poc nombrós en els materials garumnians estudiats, gairebé es troba limitat als afloraments de la Zona de Tremp (taula 13). Concretament es localitza en les series estratigràfiques LI i Ic, presentant el següent contingut:

- com a components maceràlics: la vitrinita amb un 5%, la liptinita amb un 1% i l'inertinita amb un 20%, éssent aquest darrer el constituent orgànic més nombrós.
- com a components inorgànics: minerals de l'argila i quars amb un 74% del total.

NIVELLS TIPUS V: PIRITIC

Definim aquests nivells com del Tipus IV o pirífics quan en el resultat de l'anàlisi maceràlica s'obtenen valors de pirita superiors a un 9%. A diferència dels anteriors tipus establerts on la fracció quantitativament dominant donava nom al tipus, en aquest cas no hem fet servir aquest criteri. Els nivells minerals caracteritzats per la seva elevada proporció en pirita presenten aproximadament, un 27% de vitrinita, un 7% de liptinita, un 35% d'inertinita i un 31% de matèria mineral de la qual un 16% són sulfurs de ferro identificats com a pirites, i la resta, un 15% són carbonats.

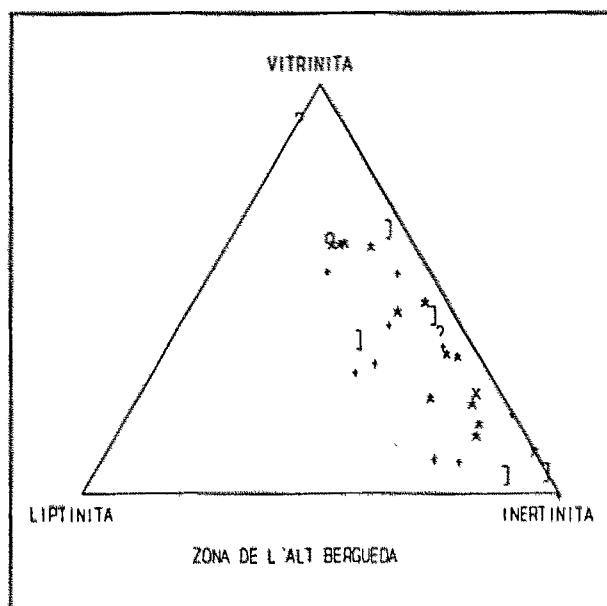
La forma que ens ha semblat més gràfica per a representar els valors dels macerals en aquesta anàlisi percentual ha estat mitjançant diagrames triangulars.

En ells hem situat en cada un dels vèrtex els elements a representar i en el seu interior han restat dibuixades les parts proporcionals referides al cent per cent de cadascun d'ells.

Figura 12. Diagrama triangular del macerals garumnians de la Zona de l'Alt Berguedà (V+L+I=100%).

On:

- sèrie M símbol *
- sèrie Pb símbol +
- sèrie V símbol o
- sèrie T símbol ?
- sèrie Ta símbol x
- sèrie Sa símbol]

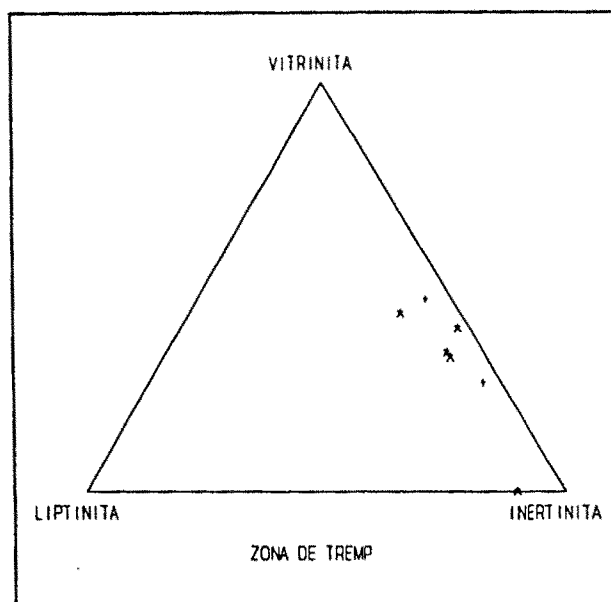


Les composicions en grups maceràlics característics de cada tipus petrogràfic de les mostres analitzades en el Sector de l'Alt Berguedà i Tremp queden representades en els diagrames ternaris de les figures 12. i 13., respectivament. En aquests triangles hem representat el conjunt de mostres estudiades, incluint les que tenen un alt contingut en la fracció mineral. També han quedat reflectits el predomini dels macerals dels grups de la vitrinita i inertinita, mentre que els macerals liptinítics son accesoris. La major part de les mostres en la Zona de l'Alt Berguedà (figura 12.) han quedat situades en la part mitja-dreta del triangle composicional del costat que uneix els vèrtex de la vitrinita i l'inertinita, apreciand una sèrie de mostres amb un relatiu alt contingut inertinític. Pel que respecta al sector de Tremp aquesta distribució es polaritza en la zona intermitja de la vitrinita i l'inertinita, amb menor proporció de liptinita i inertinita que el cas anterior.

Figura 13. Diagrama triangular del macerals garumnians de la Zona de Tremp (V+L+I=100%).

On:

sèrie LI símbol *
sèrie Ic símbol +



Si en un diagrama triangular representem conjuntament els percentatges maceràlics de les formacions: Membre Sant Corneli i Formació Tremp (veure figura 14.), deixant a part els nivells fonamentalment inorgànics o sigui els que tenen més d'un 20 % en matèria mineral o més d'un 9% de pirita, s'aprecien dues poblacions orgàniques ben diferenciades: les descrites com a Tipus I o vitro-inertíniques i les Tipus II o inerto-vitríniques. Ambdues queden localitzades a la dreta del triangle, més aviat allunyades del grup de la liptinita, aquest fet sembla que sigui contradictori amb el que es deia en els apartats anteriors on describiem la gran varietat de còssos orgànics liptínics existents, però no es així si tenim en compte que l'anàlisi maceràlica ha estat realitzada, bàsicament, amb llum blanca reflectida i que la major part dels còssos liptínics es posen de manifest mitjançant la seva fluorescència.

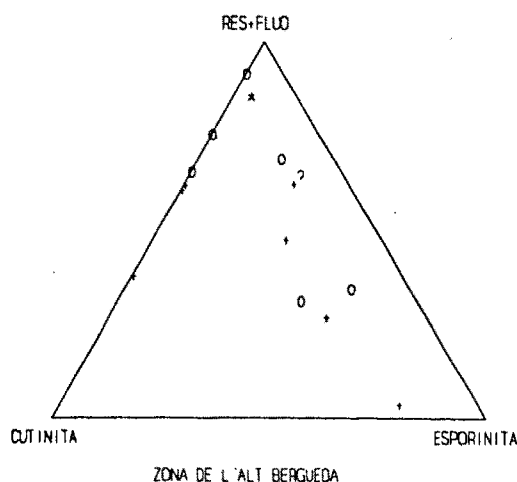
Tanmateix, apreciem en el diagrama (figura 14.) que els nivells vitro-inertínics es localitzen exclusivament en el tram basal del Membre Sant Corneli de les series M, Pb i V corresponents a la Zona de l'Alt Berguedà. Mentre que els nivells inerto-vitrínics tenen una major dispersió, apreciand-se tant en la Zona de l'Alt Berguedà (series: Sa, Ta, M, Pb i V) com a la Zona de Tremp en la sèrie LI.

Per altre banda si tenim en compte la matèria mineral associada als còssos orgànics de les fàcies garumnianes estudiades i la representem en un diagrama triangular (figura 15.) quedaran delimitades dues zones. En la zona propera al vèrtex superior s'observa un clar domini de mostres riques en matèria mineral. Aquestes dades corresponen, en general, a la part superior del Membre Sant Corneli, a la Zona de l'Alt Berguedà, i a episodis intermedis de la Formació Trep, en la Zona de Trep (figura 15.). En la zona basal del triangle queden representades les mostres corresponents als anomenats nivells del Tipus II o inerto-vitrinitic (més properes al vèrtex de l'inertinita) i Tipus I o vitro-fusinítics (més properes al vèrtex de la vitrinita + liptinita) ja definides en l'anterior triangle. L'alternancia d'ambdós tipus (I i II) ens indica l'existència de petites fluctuacions ambientals en el medi deposicional.

Com a conclusió establim que l'anàlisi maceràlica ens ha posat de manifest el predomini dels macerals de tipus vitrinitic i inertinitic tant en la Zona de l'Alt Berguedà com a la Zona de Trep, éssent en ambdós sectors la fracció liptínica minoritaria. Per aquesta raó sols representem aquesta fracció en un únic triangle composicional corresponent a la Zona de l'Alt Berguedà i hem quantificat cada mostra respecte el seu contingut liptínic: resinita + fluorinita (localitzada en el vèrtex superior), cutinita (vèrtex inferior-esquerra) i esporinita (microsporinita i macrosporinita en el vèrtex inferior-dret) (figura 16.). En aquest diagrama observem una notable dispersió amb certa tendència a l'agrupació de mostres cap el vèrtex corresponent a la resinita-fluorinita. Aquests darrers podem considerar-los els còssos liptínics majoritaris d'aquesta anàlisi.

Figura 16. Diagrama composicional dels còssos liptínics en el sector de l'Alt Berguedà.

símbol * sèrie M
símbol + sèrie Pb
símbol o sèrie V
símbol ? sèrie Sa



2.4. MADURESA I TRANSFORMACIÓ DE LA MATERIA ORGÀNICA

La matèria orgànica és un dels constituents habituals en les roques organògenes. Es considera que té una concentració que no acostuma ser superior al 1% del volum total de la roca quan es presenta de forma dispersa; o bé quan la forma de presentació es concentrada, constitueix llavors entre el 40 i 100 % de la roca (Huc, 1983). La gènesi d'aquesta acumulació orgànica dependrà tant de les característiques del medi sedimentari on té lloc, com de les posteriors transformacions evolutives a les que ha estat sotmesa, les quals podran afavorir o no la seva conservació. La matèria orgànica a partir de la seva acumulació pateix un procés de maduració progressiu anomenat carbonificació (figura 17.).

En les mostres d'edat garumniana que ens ocupen, tal i com hem vist en el capítol anterior, aquesta matèria orgànica es presenta bàsicament dispersa (més o menys conservada) en mig de la matriu mineral o bé formant llits carbonosos.

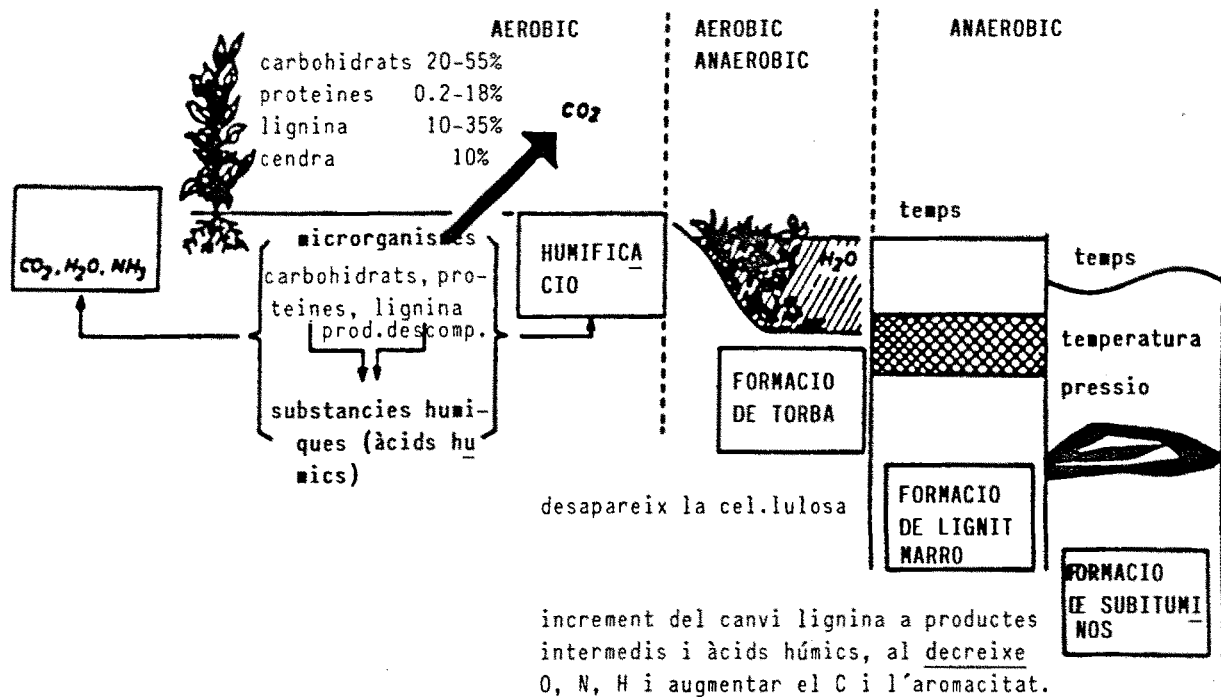


Figura 17. Diagrama-resum del procés de carbonització segons Flaig (1968).

La carbonificació és una transformació físico-química de la matèria vegetal d'intensitat variable mediada per la subsidència i la temperatura, que donarà lloc als diferents rangs de carbó: torba, lignit tou, lignit dur o subbituminòs, hulla o bituminòs i antracita (taula 15.). A mesura que augmenta el rang disminueixen les diferències entre els macerals, degut a que s'estableix una convergència entre les seves propietats físiques i químiques.

	TORBA	LIGNIT TENDRE	LIG. DUR-SUBITUMINOS		HULLA (BITUMINOS)		ANTRACITA
			MATE	LLUENT	BAIX RANK	ALT RANK	
Carboni	60%		71%	77%	87%	91%	
Volàtils		53%	49%	42%	29%	8%	
Humitat	75%	35%	25%	8-10%			
Poder Calorífic		4.000	5.500	7.000	8.650	8.650	
Poder Reflector		0.3%	*	0.5%	1.1%	2.5%	
Característiques Generals	Molt porosa. cel.lulosa lliure. Identificació vegetals originals.	Terrós. Marró fosc no cel.lulosa lliure. Estructures veget. reconeixibles. cavitats cel.l.	Compactació Estructura vegetal Gelificació		Negre. Lluïssor grisa Fractura còncava		Anisotropia Gris metàl·lic a negre. Amorfi Fract. irregular Lluïssor vitre Fràgil.

* formació de vitrinita
 *. * inici de l'hullificació

Taula 15. Classificació dels diferents tipus de carbons segons el rang (I.C.C.P., 1963/71/75).

La matèria orgànica és molt sensible a l'acció de la temperatura (Bostick, 1971a; Alpern, 1976; Wright, 1980; Simoeit i al., 1981; Bekin, 1984; Robert, 1985); aquesta varia en funció del temps (Bostick, 1971b; Wright, 1980; Price, 1983; Bustin i England, 1989) i de les característiques geològiques de l'entorn (Dulhunty, 1954; Huc, 1983; Jones i al., 1986; Mc. Cabe, 1989). La transformació de la matèria orgànica es tradueix en la producció de diferents fenòmens:

- gelificació.
- pèrdua de volàtils, d'oxigen, hidrogen i nitrogen.
- enriquiment en carboni i hidrocarburs.
- increment de les estructures químiques aromàtiques alhora que s'empobri-
 xen en les alifàtiques.

- i pèrdua de fluorescència dels macerals liptínífics fins a desaparèixer quan el poder reflector és major que 1.3%.

Tots aquests fenòmens enumerats són indicadors dels canvis que ha sofert la matèria orgànica original. La mesura d'aquests paràmetres ens permetran conèixer el grau d'evolució o rang del sediment organògen en qüestió, tal i com veurem en els propers apartats (Brown i al., 1964; Barrabé i Feys, 1965; Tissot, 1967; van Gijzel, 1967; Murchison i Westoll, 1968; Nicholls, 1968; Stach, 1968; Teichmüller i Teichmüller, 1968; Correia, 1969; Ottenjann i al, 1974; Durand, 1975; Jonathan i al., 1976; Alpern, 1980; Robert, 1980; Meyers, 1982; Espitalié, 1983; Barnes i al, 1984; Cardott i Lambert, 1985).

2.4.1. MESURA DEL RANG.

En la determinació del rang o estadi de transformació tèrmica de la matèria orgànica que constitueixen les fàcies organògenes garumnianes s'han emprat mètodes de tipus:

- * òptic com és l'avaluació de la reflectància.
- * i geoquímic amb la caracterització del estadi diagenètic a través del mètode de piròlisi.

Ambdós anàlisis han estat complementades per els valors de poder calorífic i contingut en materials volàtils (dades facilitades per Carbons de Berga).

2.4.1.1. Avaluació del poder reflector.

L'anàlisi microscòpica conjuntament amb la mesura de la reflectivitat de la vitrinita es fa servir com indicador: del grau de maduresa de la matèria orgànica -rang-, del seu potencial generador d'hidrocarburs, del medi deposicional i en definitiva de la història tèrmica de la conca (Alpern, 1975; Blanquart i Meriaux,

1975; Alpern i Cheymol, 1978; Agus, 1981; Batten, 1980/81/82; Bellet i al., 1982; Cardott i Lambert, 1985; Correia i Peniguel, 1975; Daumas, 1976; Durand, 1975; Goodarzi, 1987a i b; Robert, 1980/83; Tissot i Welte, 1984; Garcia-Vallés, 1985/-86/89; Pareek, 1986; Salehy, 1986; Suárez, 1987; Misra i al., 1987; Murchison, 1987; Thompson-Rizel i Woods, 1987; Dononsoro i al., 1988; Bustin i Moffat, 1989; Goodarzi i al., 1989).

L'utilització d'altres paràmetres de forma complementària amb la mesura del poder reflector, pot ser necessària per a la detecció d'influències en algunes fàcies organògenes sobre les que es mesura el rang. Com seria el cas d'una mostra molt rica en còssos liptínics, que podrien impregnar la vitrinita i enmascarar així la reflectivitat i el rang de la mostra (Corrêa da Silva, 1989).

Si ens atenem al poder reflector, en la taula 16 veiem com pot anar canviant el paràmetre de reflectivitat a mesura que augmenta el rang i els diferents processos que aquest fet origina.

REFLECTIVITAT	PROCES
0.5-0.6%	Inici de la bituminització: GENERACIO DE PETROLI
0.8-0.9%	Es produeixen canvis més forts en els macerals liptínics que en els vitrínics.
1.2-1.6%	Pèrdua de fluorescència de la liptinita. Final del procés de bituminització:
	GENERACIO DE GAS
> 2.1%	Límit hulla-antracita.

Taula 16. Evolució del rang dins el procés general de la carbonificació.

En aquest estudi, l'anàlisi de reflectància s'ha realitzat de forma regular al llarg de cadascuna de les sèries i ha estat valorat a través de criteris estadístics. El grup maceral de la vitrinita (col.linita) ha estat l'objecte de l'esmentada anàlisi, havent estudiat un total de noranta mostres aproximadament. De forma puntual,

s'ha mesurat també la reflectància dels còssos inertínitics. Apreciem que les inertínites són, doncs, els còssos orgànics determinats que tenen els paràmetres més alts de reflectància, però els seus valors no han estat inclosos en els histogrames de reflectància de la vitrinita.

El nombre de mesures que s'han realitzat per mostra ho ha estat en funció de la quantitat, la mida i la qualitat de vitrínites existents en cada mostra. Aquest nombre s'ha tendit en tot moment que arribés cap al centenar de mesures de còssos vitrinítics per mostra. L'obtenció de la proporció no ha estat possible en les mostres on la matèria mineral és majoritària, donat que en elles hi ha molt poca matèria orgànica i per tant el nombre vitrínites és escàs, algunes estan deteriorades i/o mineralitzades, i d'altres fragmentades en troços de mida petita i difícil mesura.

Els valors de reflectància del conjunt de vitrínites mesurades queden representats en les taules de distribució de còssos orgànics (apartat 2.2.), en els perfils de l'anex II, i en el anex I en els histogrames i en la taula on hi ha representada la reflectància mitja, la desviació estàndard i el nombre de mesures corresponents a cadascuna de les mostres. En elles s'aprecia una vegada més la uniformitat general dels valors obtinguts en les tres àrees d'estudi. Així per tant, no s'observen canvis de rang significatius ni a l'ample ni al llarg de les conques.

Cal esmentar que l'amplia dispersió de valors que queda representada en els histogrames (anex I) es atribuïble a que s'han mesurat conjuntament diferents tipus de macerals de la vitrinita (col.linita) com són la telocol.linita, la gelocol.linita, la desmocol.linita i la corpocol.linita. En general, establim que els valors de mesura de reflectància més alts corresponent als còssos de corpocol.linita; els més baixos coincideixen amb les desmocol.linites; i els intermedis entre la corpocol.linita i la desmocol.linita són els de la gelocol.linita i telocol.linita.

Al observar les mesures de reflectància dels còssos vitrinítics analitzats ens adonem de la presència de dos poblacions ben diferenciades:

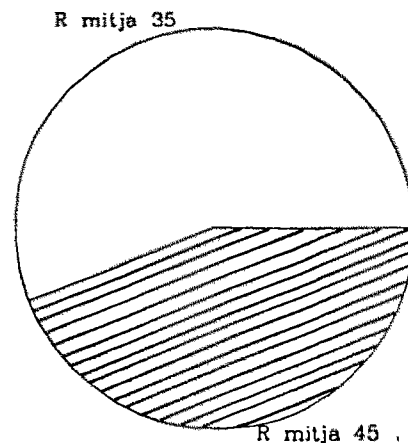
- **vitrínites amb reflectància (R) mitja de 0.35 %** . Corresponen a les vitrínites mesurades en nivells fonamentalment inorgànics (calcàries i/o lutites-mar-

goses), denominats més endavant com a fàcies mixtes. Aquesta població ha estat determinada en les zones de Tremp (R mitja = 0.33 %) i de l'Alt Berguedà (R mitja = 0.35 %), mentre que en el sector d'Ager no s'ha pogut fer l'anàlisi per la manca de vitrinites.

- **vitrinites amb valors de reflectància (R) de 0.45 %.** Aquesta població de vitrinites correspon a les mesures en els nivells fonamentalment orgànics o carbonosos. A la zona de Tremp aquestes vitrinites han presentat valors de R mitja de 0.44 %, a la zona de l'Alt Berguedà la R mitja ha estat de 0.45 % i finalment al sector d'Ager la R mitja ha sigut de 0.42 %.

Valorats els resultats de ambdós poblacions de vitrinites en les zones estudiades podem afirmar que hi ha un predomini de les vitrinites mesurades en els nivells inorgànics i que la reflectància d'aquests nivells ha estat un 10 % més baixa que en els pròpiament orgànics (veure figura 18.).

Figura 18. Diagrama de les poblacions de vitrinita mesurada segons la reflectància en el conjunt global de les zones de Tremp, Berga i Ager.



Els valors de reflectància inferiors en els nivells carbonàtics podrien explicar-se per la menor efectivitat del gradient geotèrmic sobre els restes vegetals originals, motivat per un "efecte curt-circuit" d'aquests nivells carbonàtics que impedirien la seva total evolució. El gradient geotèrmic ha tingut un comportament diferencial sobre els cossos orgànics segons la naturalesa dels nivells que els contenen.

L'intervall (0.35-0.45 %) de reflectància de les vitrinites en les mostres que ens ocupen, ens situa dins l'estadi evolutiu de diagènesi (Cardott i Lambert, 1985), i determina que aquests materials garumnians els clasifiquem com a sub-bituminosos (figura 19.). El color de fluorescència dels còssos liptinitics (groc, verd i algùn ataronjat) recolza, també, la classificació de la matèria orgànica garumniana dins d'aquest estadi.

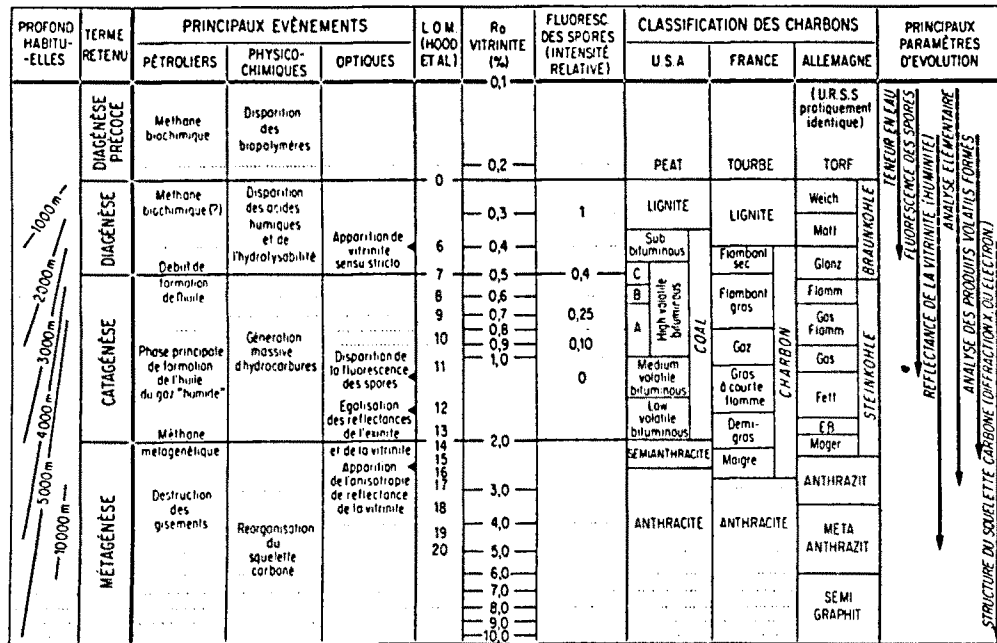


Figura 19. Paràmetres evolutius de la matèria orgànica basat en Vassoyevich en Pelet 1980.

Si correlacionem el rang dels carbons garumnians obtinguts a través de les dades de reflectància de la vitrinita exposades al llarg d'aquest capítol amb la classificació de la ASTM (American Society of Testing and Materials) i DIN (normativa alemanya), que afegeixen a més el contingut en matèria volàtil i el poder calorífic; observem que aquesta correlació és significativa (taula 17).

Respecte la classificació de la ASTM, Alpern i al. (1989) al proposar una nova classificació de carbons (Alpern Coal Classification) basant-se en l'interrelació de diferents paràmetres informatitzats i havent revisat les correlacions ja establertes per altres autors, critica el sistema ASTM quan s'emprea com a paràmetre valoratiu del rang en carbons quan el contingut en macerals tipus liptinita i inertinita varia molt.

Rank		Refl. $R_{m, oil}$	Vol. M. d. a. f. %	Carbon d. a. f. Vitrite	Bed Moisture	Cal. Value Btu/lb (kcal/kg)	Applicability of Different Rank Parameters		
German	USA						bed moisture (ash-free)	caloric value (moist. ash-free)	caloric value (dry. ash-free)
Torf	Peat	0.2	68						
			64	ca 60	ca 75				
Weich-	Lignite	0.3	60			7200 (14000)			
Matt-			56		ca 35				
	Sub-Bit. C	0.4	52						
Glanz-		Sub-Bit. B	0.5	48	ca 71	ca 25	9900 (15500)		
	C	0.6	44						
Flamm-			0.7	40	ca 77	ca 8-10	12600 (17000)		
Gasflamm-	High Vol. Bituminous A	0.8	36						
Gas-			32						
Fett-	Medium Volatile Bituminous	1.0	26	ca 87		15400 (18650)			
Ess-	Low Volatile Bituminous	1.2	20						
	Semi-Anthracite	1.5	16						
Mager-			2.0	12					
Anthrazit	Anthracite	3.0	8	ca 91		15500 (18650)			
Meta-Anthr.		Meta-A.	4.0	4					

Taula 17. En aquesta taula queden representats els diferents estadis de carbonificació, en base a caràcters físics i químics, d'acord amb la normativa alemanya (DIN) i l'americana (ASTM). En ella s'aprecien en sobreimpresió els valors obtinguts en els mostres analitzades en el present estudi.

El contingut en matèria volàtil d'un carbó depen de la composició maceràlica -de la seva diversitat i proporció relativa de cadascun d'ells- i del rang. En general, els paràmetres de rang: reflectància i contingut en volàtils són inversament proporcionals. En el present estudi hem intentat establir aquesta relació entre la matèria volàtil i la reflectància de la vitrinita; concretament ho hem fet en els nivells carbonosos de les sèries estratigràfiques M, Pb i V, corresponents al Membre Sant Corneli (Zona de Berga). En aquest cas, els percentatges en matèria volàtil han estat obtinguts a través de Carbons de Berga seguint la normativa UNE 32.019. Amb els valors d'aquestes anàlisis hem calculat el percentatge de volàtils sobre combustible pur (C.P.) (taula 18) d'aquelles mostres que tenen menys d'un 15 % de cendres sobre sec (s/s); la resta de mostres degut a l'alt contingut en cendres que presenten impossibiliten el càlcul d'aquest paràmetre. El càlcul de les mostres amb un contingut de cendres < 15 % ha estat realitzat mitjançant la següent fórmula:

$$\text{M.V. C.P.} = \frac{100 \times \text{M.V. s/s}}{(100 - \text{cendres s/s})}$$

	Mostra	Cendres	M.V.s/s	M.V. C.P.	Re
< 10 % cendres s/s	V-3	9.0	45.9	50.4	0.29
	V-15	5.4	41.6	44.0	0.43
	M-20	7.6	39.2	42.4	----
	M-21	2.9	46.9	48.3	0.51
	M-26	9.1	40.3	44.3	----
	Pb-22	9.7	41.4	45.8	0.51
> 15 % cendres s/s	V-5	13.4	39.2	45.3	0.37
	V-11	11.4	39.6	44.7	0.42
	V-14	13.5	43.6	50.4	----
	V-17	11.7	36.2	41.0	0.52

Taula 18. Taula de valors dels resultats del contingut en matèria volàtil i reflectància dels nivells de carbó del Membre Sant Corneli.

Un cop calculats els valors de matèria volàtil sobre combustible pur, hem passat a establir qual ha estat la correlació que presenten aquests valors amb els de reflectància de vitrinita anteriorment establerts.

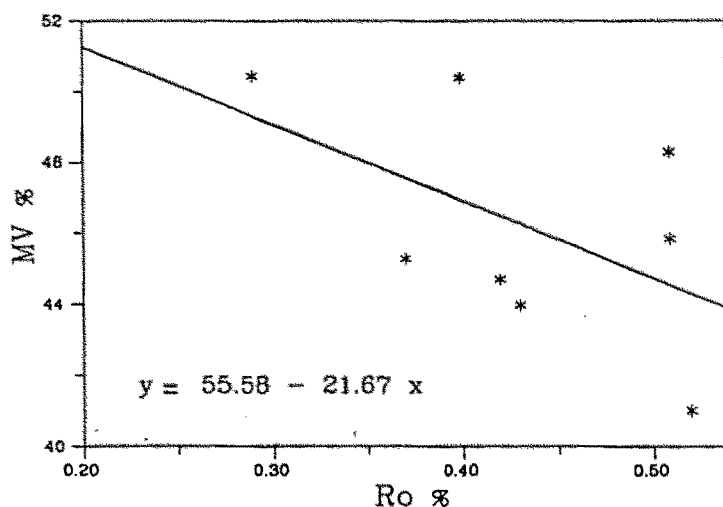


Figura 20. Relació Matèria Volàtil-Reflectància.

Al comparar ambdós paràmetres tal i com veiem en la figura 20, ens adonem que la recta de regressió lineal calculada té un coeficient de 0.281, de manera que podem afirmar que els llits de carbó del Membre Sant Corneli no presenten una relació estadísticament significativa entre la matèria volàtil i la reflectància. Alguns autors com Mc Cartney i Teichmüller (1972), quan el contingut en matèria volàtil de la mostra és superior al 30 %, com és el cas que ens ocupa aconsellen que no s'emprei com a únic paràmetre de rang i que no es faci servir aquesta correlació. Cal afegir que el paràmetre matèria volàtil no és correlacionable, en general, quan la mesura de la reflectància de la vitrinita és menor a 0.50 % (Prado, com. pers.).

Un altre paràmetre interessant alhora de classificar els carbons dins d'un estadi evolutiu és el poder calorífic superior sobre combustible sec (s/s). Per determinar aquest paràmetre es necessari conèixer els valors de poder calorífic i

percentatge en cendres. En els llits de carbó dels sondejors M, Pb i V, aquestes dades ens han estat facilitades, també, per Carbons de Berga. En l'ànalisi de poder calorífic han emprat la normativa internacional DIN 51.900, que ha estat realitzada sobre mostres a les que previament s'els hi ha determinat l'humitat (UNE 32.001); en quant a les cendres han fet servir la normativa UNE 32.004. Així doncs, el paràmetre poder calorífic queda representat en el diagrama de la figura 21. en Mj/Kg.

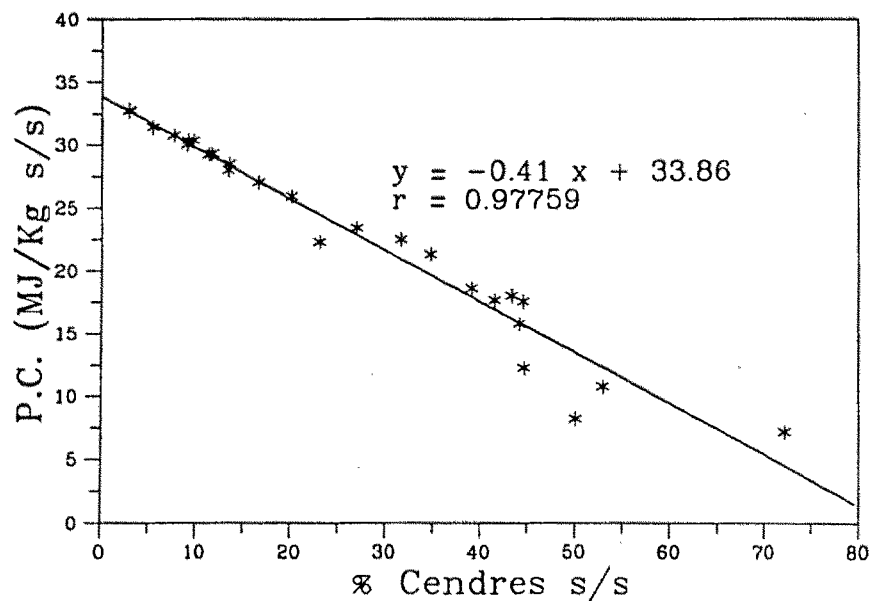
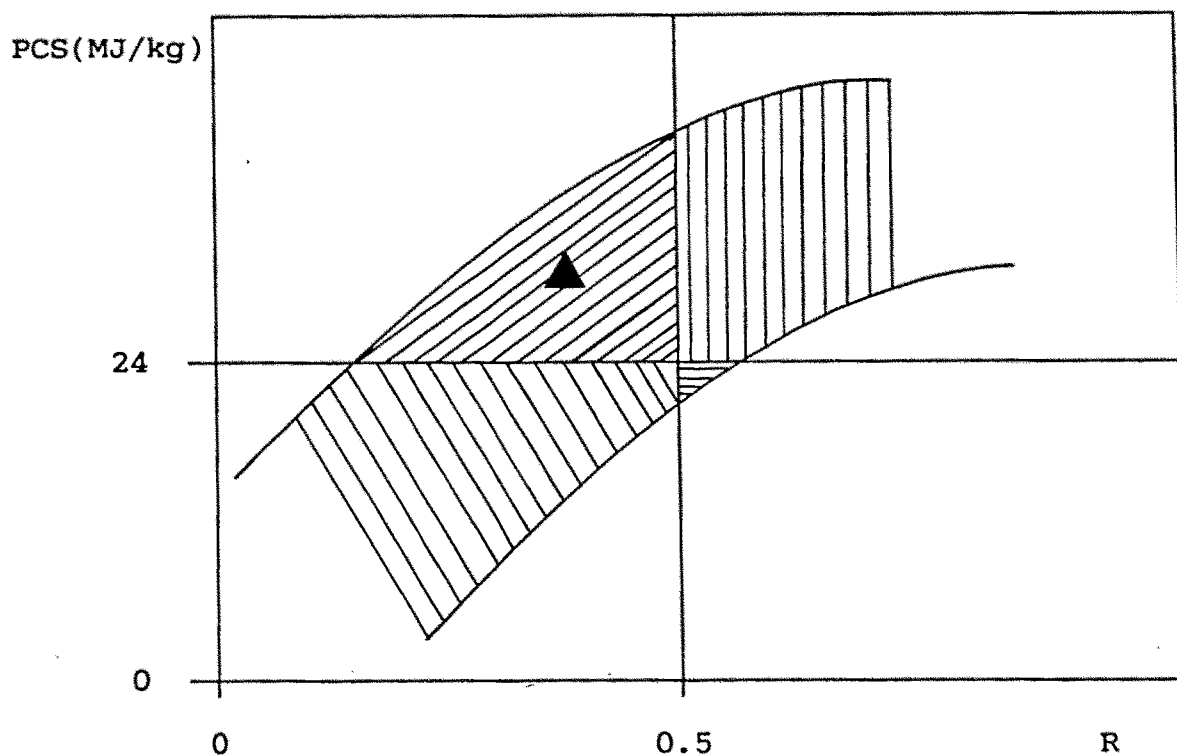


Figura 21. Diagrama de relació poder calorífic i cendres.

En la figura 21. apreciem la bona relació que s'estableix en ambdós paràmetres, on el coeficient de correlació és 0.97759. Mitjançant la recta de regressió lineal calculem el valor del poder calorífic superior sobre combustible sec de les mostres garumnianes estudiades, aquest valor és 33.86 Mj/Kg s/s.





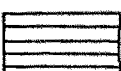

	< 0.5 R	< 24 MJ	Lignit
	< 0.5 R	> 24 MJ	Sub-bituminós
	> 0.5 R	< 24 MJ	Sub-bituminós
	> 0.5 R	> 24 MJ	Bituminós

Figura 22. Classificació de carbons de Ginebra (O.N.U.), en elaboració (Prado, com. personal).

Recordem que els valors de reflectància dels materials garumnians estudiats són inferiors a 0.50 %, i que el valor de poder calorífic calculat és superior a 24 Mj. Si correlacionem ambdós paràmetres a través del diagrama de la figura 22. - proposta en estudi de la classificació internacional de carbons- les nostres dades queden situades en l'àrea corresponent als carbons sub-bituminosos.

Com a conclusió d'aquest apartat, afirmem que el conjunt de mostres estudiades restarien incloses alhora de determinar el rang en:

- el nivell lignit dur o sub-bituminòs, segons l'anàlisi de reflectància basat en la classificació del ICCP (1963).
- lignit A, segons el poder calorífic de la classificació ASTM (1981).
- el grup de carbó sub-bituminòs, segons la classificació de Ginebra.

Donada l'equivalència d'aquests termes, en el nostre estudi optem per denominar aquestes fàcies organògenes d'edat garumniana com a carbons sub-bituminosos.

2.4.1.2. Caracterització del estadi diagenètic.

El grau de maduresa de la matèria orgànica així com el seu tipus i qualitat són paràmetres força importants alhora d'avaluar el potencial petrolífer d'una roca i caracteritzar-la en un estadi diagenètic determinat. Per tal d'establir el grau de maduresa dels sediments garumnians estudiats hem emprat mètodes petrogràfics, com els ja descrits en l'apartat anterior, i de piròlisi que tot seguit establirem, aquest darrer ens informarà, també, del potencial petrolífer del sediment.

L'anàlisi de piròlisi rock-eval, desenvolupada per Espitalié et al. 1977, realitzat sobre roca bruta en un total de 250 mostres, ens portarà a determinar el grau de maduresa del sediment garumnià estudiat en base als canvis geoquímics que en ell s'experimenten, i alhora ens donarà a conèixer la seva capacitat generadora de petroli (Clementz i al., 1979; Robert i al., 1979; Durand i al., 1982; Tarafa i al., 1983; Bréhéret i al., 1985).

Un dels paràmetres obtinguts mitjançant aquesta anàlisi és el de la temperatura màxima de piròlisi de la matèria orgànica residual, que queda representat a través del pic S₂. La temperatura màxima s'incrementa de manera proporcional al grau d'evolució de la matèria orgànica (Barker, 1974; Espitalié i al., 1977a; Espitalié i al., 1977b; Tissot i Welte, 1978; Espitalié i al., 1983), és per això que s'uti-

Com a conclusió d'aquest apartat, afirmem que el conjunt de mostres estudiades restarien incloses alhora de determinar el rang en:

- el nivell lignit dur o sub-bituminòs, segons l'anàlisi de reflectància basat en la classificació del ICCP (1963).
- lignit A, segons el poder calorífic de la classificació ASTM (1981).
- el grup de carbó sub-bituminòs, segons la classificació de Ginebra.

Donada l'equivalència d'aquests termes, en el nostre estudi optem per denominar aquestes fàcies organògenes d'edat garumniana com a carbons sub-bituminosos.

2.4.1.2. Caracterització del estadi diagenètic.

El grau de maduresa de la matèria orgànica així com el seu tipus i qualitat són paràmetres força importants alhora d'avaluar el potencial petrolífer d'una roca i caracteritzar-la en un estadi diagenètic determinat. Per tal d'establir el grau de maduresa dels sediments garumnians estudiats hem emprat mètodes petrogràfics, com els ja descrits en l'apartat anterior, i de piròlisi que tot seguit establirem, aquest darrer ens informarà, també, del potencial petrolífer del sediment.

L'anàlisi de piròlisi rock-eval, desenvolupada per Espitalié et al. 1977, realitzat sobre roca bruta en un total de 250 mostres, ens portarà a determinar el grau de maduresa del sediment garumnià estudiat en base als canvis geoquímics que en ell s'experimenten, i alhora ens donarà a conèixer la seva capacitat generadora de petroli (Clementz i al., 1979; Robert i al., 1979; Durand i al., 1982; Tarafa i al., 1983; Bréhéret i al., 1985).

Un dels paràmetres obtinguts mitjançant aquesta anàlisi és el de la temperatura màxima de piròlisi de la matèria orgànica residual, que queda representat a través del pic S₂. La temperatura màxima s'incrementa de manera proporcional al grau d'evolució de la matèria orgànica (Barker, 1974; Espitalié i al., 1977a; Espitalié i al., 1977b; Tissot i Welte, 1978; Espitalié i al., 1983), és per això que s'uti-

litza de manera aproximada com a valor indicatiu del grau de maduresa i per tant s'han establert relacions estàndards entre la temperatura màxima i el grau evolutiu de la matèria orgànica. Aquestes relacions són les següents: temperatures inferiors a 430-440° C corresponen a zones evolutivament inmadures; valors de temperatura màxima entre 430-465° C es relacionen amb la zona anomenada de producció de petroli, en ella es situen les roques en el seu estat óptim per a generar petroli; i finalment, valors superiors a 465° C s'inclourien en la zona de la producció de gas.

ZONA	SERIE	Tmax	COT	S ₂	S ₁	IP
mitjana dels nivells de carbó						
BERGA	Sb	438	25.00	28.00	0.50	0.02
	Sa	436	13.30	9.61	0.36	0.07
	Ta	425	43.88	110.58	1.86	0.02
	V	426	43.60	142.27	3.80	0.02
	Pb	425	25.01	65.32	1.63	0.05
	M	426	43.30	100.50	2.03	0.04
TREMP	Ll	426	13.49	11.40	0.33	0.04
AGER	C	454	0.00	0.01	0.03	0.75

Taula 18. Taula de valors mitjans de temperatura màxima (Tmax en °C); carboni orgànic total (COT en % en pes); potencial petrolífer residual (S₂ en %.); hidrocarburs lliures (S₁ en mg/g) i índex de producció (IP).

De la mateixa manera que apreciavem en l'apartat anterior, que els valors del poder reflector de la fracció orgànica de les fàcies garumnianes eran força regulars en les tres zones estudiades; observem igual comportament pel que fa referència al paràmetre de temperatura màxima. La mitjana de T màx en els nivells organogènics de les tres zones estudiades (taula 18) oscil·len al voltant dels 430° C. Cal esmentar que el valor de 454° C obtingut en la Zona d'Ager és exclusiu de l'única mostra carbonosa que hi ha en aquesta zona. El conjunt de mostres estudiades ens queda doncs situat en l'àrea limítrof entre la zona inmadura i la de generació de petroli, al voltant de l'anomenada "finestra del petroli".

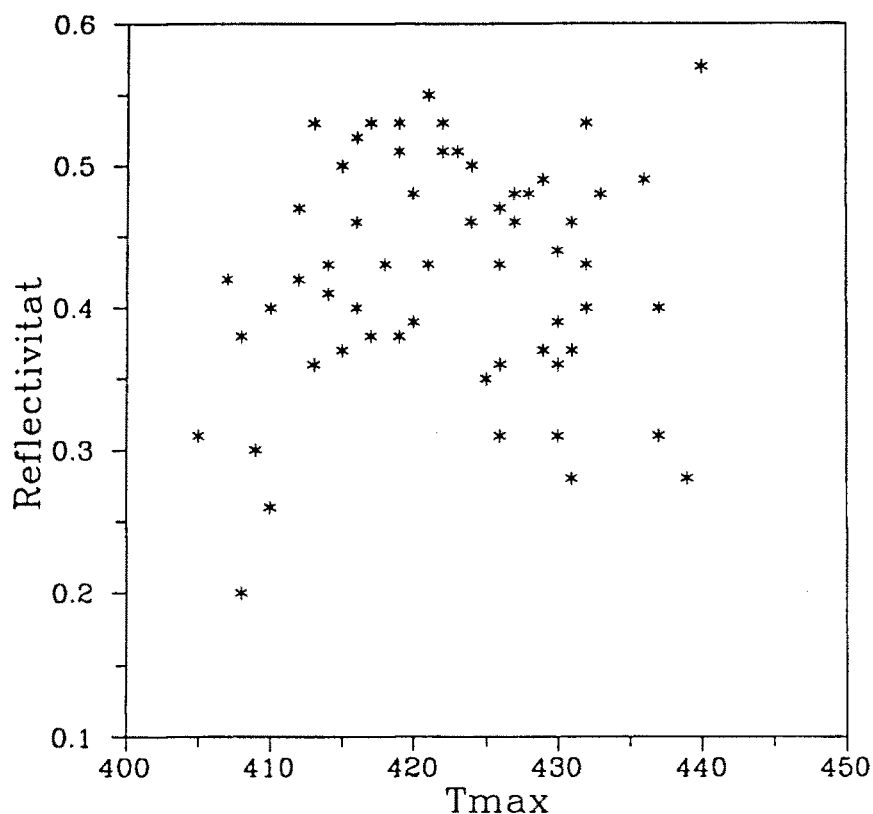


Figura 23. Diagrama de correlació entre els valors de reflectivitat mesurats (R_0 %) i la temperatura màxima obtinguda a través de l'anàlisi de piròlisi rock-eval.

En la figura 23. s'intenta correlacionar les variacions del paràmetre de temperatura màxima amb els valors que els hi correspon de reflectància de la vitrinita (Barker, 1974; Espitalié et al., 1977b/85/86; Herbin i Deroo, 1979; Claret et al., 1981; Teichmüller i Durand, 1983; Garcia-Vallés i al., 1985; Goodarzi i al., 1987; Suarez-Ruiz, 1987; Bustin i Macauley 1988; Laggoun-Défarge 1989). En general, es considera que augments de la reflectància de la vitrinita és corresponen amb increments de la temperatura màxima, que no tenen perquè ser sempre constants. En el cas dels materials garumnians estudiats aquesta correlació entre ambdós paràmetres no és absoluta tal i com s'aprecia en la figura 23.

El contingut en carboni orgànic total (COT) és el paràmetre que ens indica la riquesa orgànica de la roca. El seu valor és significatiu a partir de valors supe-

riors a 0.5%. En general, els nivells rics en carboni orgànic són considerats els millors sediments generadors de petroli. En el cas de palinofàcies húmiques, com ho són les garumnianes analitzades, s'accepta que tenen una qualitat petrolífera inferior a les sapropèliques (Robert, 1985) i és considera que presenten una baixa proporció de COT, aproximadament un 1.5% sobre la roca total (Machhour i Oudin, 1985). Bustin (1988) estableix que les fàcies continentals tenen valors de COT més alts. En el nostre estudi aquests valors són molt superiors a l'indicat (veure taula 15.) en ambdós sectors, arribant a assolir -les mostres carbonoses- valors mitjants d'un: 32% a la zona de l'Alt Berguedà i 14% a la zona de Tremp; mentre que al sector d'Ager aquest paràmetre és nul. Aquests valors que són molt alts pel que fa a la caracterització general establerta en aquests materials, ens pot induir a pensar que estem davant d'una important roca mare. La realitat però és que es tracta de materials que de per sí, ja són molt rics en carboni orgànic i analíticament s'escapen de les escales estàndard emprades en aquest mètode (veure annex II). Aquestes escales estan tabulades per a possibles roques mares de natura argilosa, carbonatada o qualsevol altra però no carbonosa. Així doncs, els valors de COT queden desvirtuats en la present anàlisi encara que siguin valors alts, no segueixen les pautes estàndard de les roques generadores de petroli.

El paràmetre S_2 -potencial petrolífer residual- ens indica els hidrocarburs que la mostra podria generar si la sotmetessim a unes condicions favorables pel cas. Aquest paràmetre S_2 es considera que és molt alt a partir de valors de 10 mg/1 g. Com és pot observar en el gràfic que acompanya les figures estratigràfiques (veure annex II), apreciem que aquest paràmetre està calibrat fins el valor 30%.. En l'anàlisi de les mostres que ens ocupen s'han determinat valors força variables i alts de S_2 que els hem considerat anòmals (taula 18), éssent el valor mig dels nivells organògens de 76%. a la zona de l'Alt Berguedà, 11.40%. en la zona de Tremp i 0.01%. en la mostra carbonosa del sector d'Ager. D'aquesta manera, fent servir els arguments que varem establir pel paràmetre de COT, aquests valors de S_2 estan força desvirtuats i els hi hem atribuït un valor merament indicatiu.

L'índex d'hidrogen (IH) es defineix com la quantitat d'hidrocarburs determinats mitjançant l'àrea del pic S_2 i el carboni orgànic total contingut en la mostra. Tal i

com hem vist fins ara, ambdós paràmetres els hem considerat poc significatius en el present estudi perquè tenen valors fora de l'escala del mètode, degut a la seva gènesi; això fa que l'índex d'hidrogen obtingut pels tres sectors i representat en les figures que acompanyen les sèries estratigràfiques siguin més alts i no els hi atribuïm una total validesa. L'increment en el valor de IH ens afecta negativament alhora de situar les mostres en el diagrama de Van Krevelen (1981) que relaciona Índex d'Hidrogen-Temperatura màxima (IH-T màx), donat que les mostres resten situades en un camp que no els hi correspon dins la classificació de la matèria orgànica (figures 24. i 25.). Aquesta afirmació l'assenyalem en base a les comparances establertes amb l'anàlisi petrogràfica realitzada. L'alt índex d'hidrogen pot atribuir-se a la presència de cossos resinífics procedents de coníferes, descrits anteriorment, els quals ens augmentarien els valors d'aquest índex.

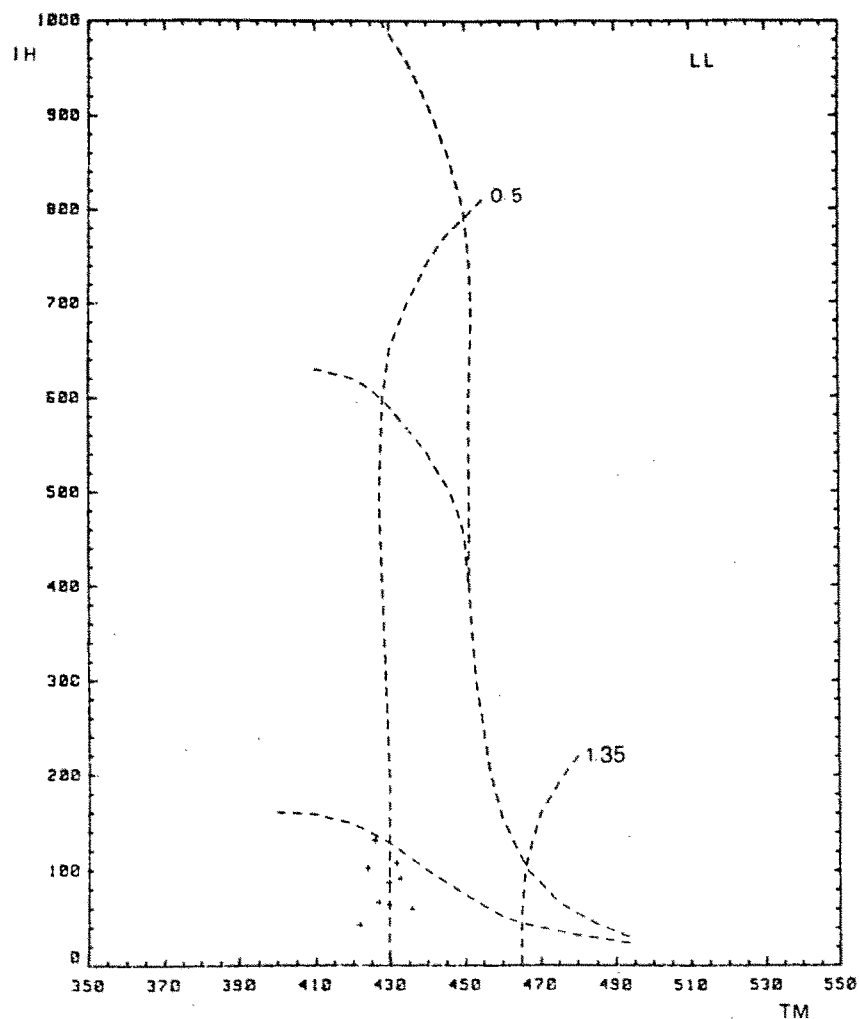


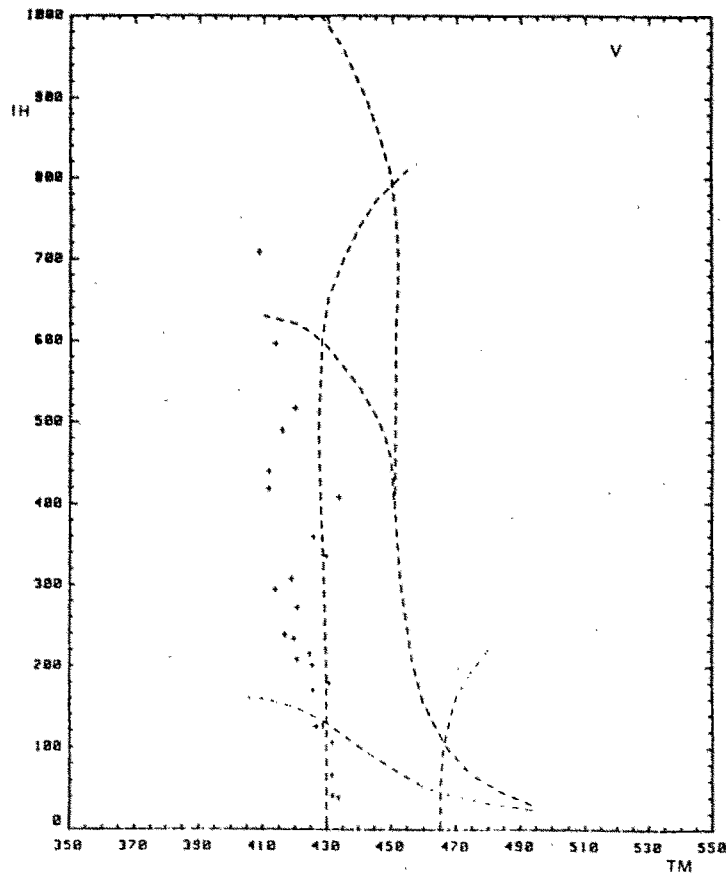
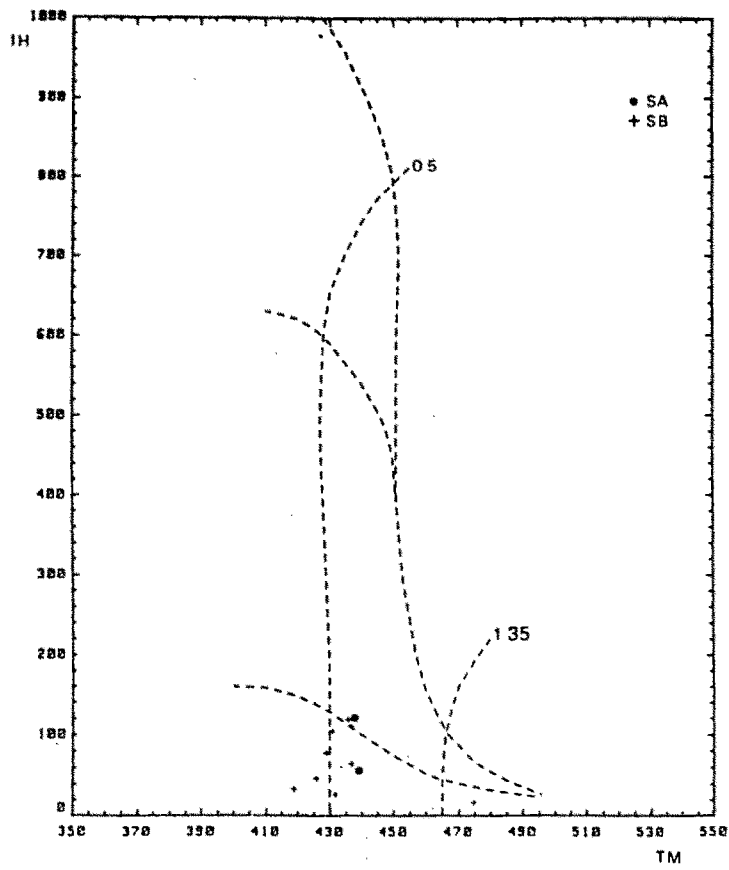
Figura 24. Classificació de la matèria orgànica que constitueix les fàcies garumnianes estudiades en la zona de Tremp, mitjançant el diagrama de van Krevelen IH-T màx.

En el cas del sector d'Ager no hem realitzat cap mena de diagrama de Van Krevelen perquè els valors de COT ha estat nuls (taula 18.). Pel que fa referència a la zona de Tremp (figura 24.), on els paràmetres S_2 i COT no eren tan exageradament alts com en la zona del Berguedà, observem que les mostres representades ens queden enmarcades dins el camp corresponent a la matèria orgànica del tipus III o húmica (Kinghorn i Rahman, 1983), fet que és correlaciona amb la resta d'anàlisis realitzats.

Finalment, en la zona de l'alt Berguedà on els paràmetres que estableixen l'índex d'hidrogen són exageradament alts, les mostres ens queden delimitades dins els camps corresponents a la matèria orgànica del tipus II i III, mixta i húmica respectivament (figura 25.). En elles la proporció de mostres amb caire marí és massa alta si es compara els resultats amb altres tipus d'anàlisis (petrogràfic, mineralògic, pal.linològic). Tan sols una baixa quantitat de mostres, corresponents a la base de les sèries estratigràfiques M, Pb i T, poden ser o tenir una influència de tipus marí. Hem de considerar que quan els valors d'IH ens fan situar una mostra dins el camp de la matèria orgànica del tipus II i el medi sedimentari no té relació amb un ambient marí, cal interpretar aquest resultat com la barreja de matèria orgànica dels tipus I i III, o sigui mixta. En aquest cas, la component I ens l'incorporaria la matèria orgànica amorfa que formava part de la matriu bituminosa que es descrivia en el capítol corresponent a la fracció orgànica. Aquesta matèria orgànica amorfa, rica en hidrogen, provindria de la degradació microambiental de la fracció orgànica terrestre i/o húmica (Powell i al., 1978, Kinghorn i Rahman, 1983 en Ebukanson i Kinghorn, 1985). Recordem que aquesta matèria orgànica de tipus húmic és rica en teixits vegetals, cutícules, reïnes i restes pal.linològics. També s'acompanya de microfòssils continentals i s'emplaça, en general, en litofàcies argiloses i/o carbonàtiques.

Un altre paràmetre al que hem de fer referència és el S_1 o hidrocarburs lliures. Aquest paràmetre ens indicarà la quantitat d'hidrocarburs presents en la matèria orgànica de la mostra i que s'han volatilitzat durant l'anàlisi de piròlisi. Per valors de S_1 superiors a 1%. està estipulat que aquest paràmetre no té cap mena de validesa, doncs el suposat hidrocarbur lliure afecta els valors dels paràmetres de COT i S_2 , tal i com ja afirmàvem en els paràgrafs anteriors. En les mostres que ens ocupa aquests valors són en general superiors al percentage

establert, tal i com es posa de manifest en la taula 18.



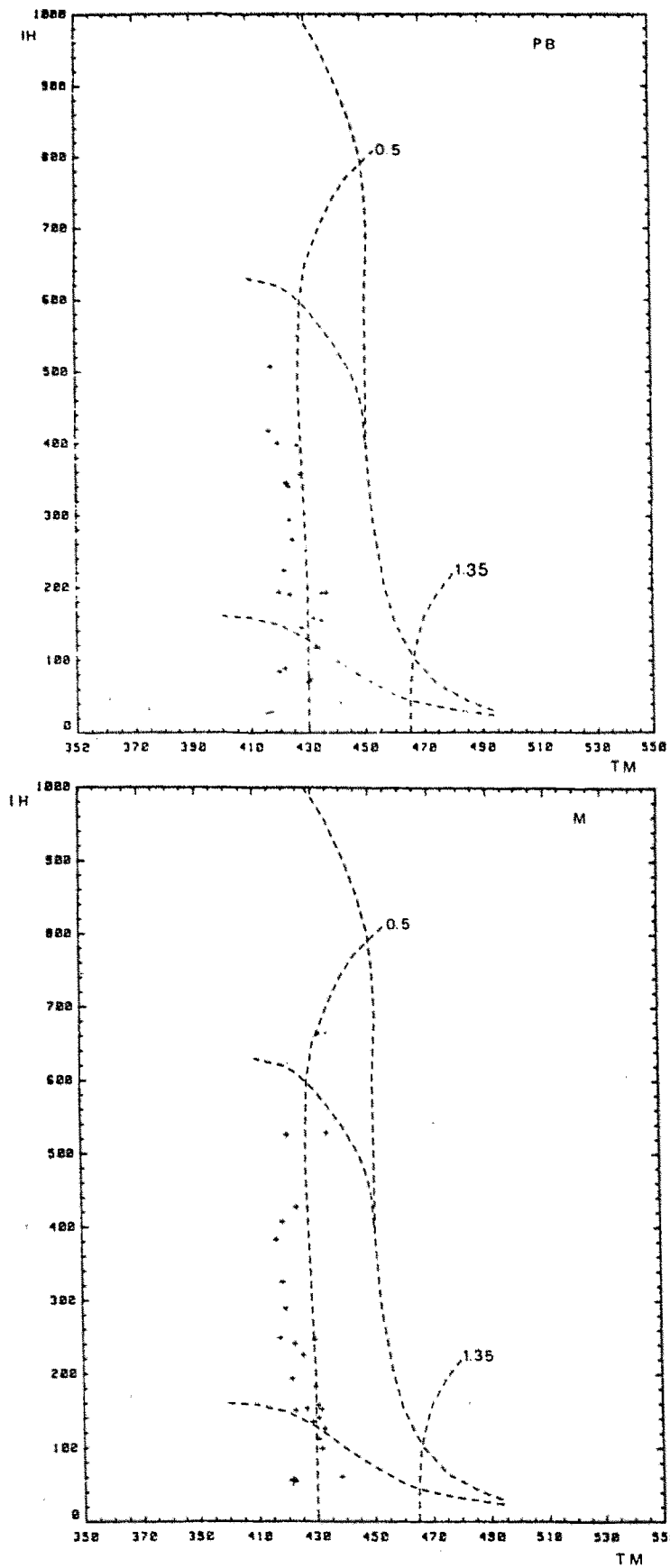


Figura 25. Classificació de la matèria orgànica que constitueix les fàcies garumianes estudiades en la zona de l'Alt Berguedà, mitjançant un el diagrama de Van Krevelen: IH-T màx.

L'índex de producció (IP) és defineix com la proporció d'hidrocarburs lliures en front del total d'hidrocarburs resultants de la pirolització de la mostra. Aquest valor que s'obté a través dels paràmetres $S_1/(S_1 + S_2)$ és significatiu a partir de 0.05-0.1 és llavors quan comença a considerar-se la roca com a possible productora d'hidrocarburs. Els valors màxims de productivitat d'un sediment s'assoleixen quan s'arriba a nivells de 0.3-0.4%.

En el nostre treball, els valors corresponents a l'índex de producció tenen valors mitjos de 0.04 en els nivells típicament organògens de Berga i Tremp, i 0.75 en la mostra corresponent al nivell de carbó d'Ager (veure taula 18). Per altre banda, les mostres on la proporció de matèria orgànica és subordinada i/o inexistent aquest paràmetre sobrepassen, fins i tot, l'índex de màxima productivitat d'hidrocarburs (veure annex II). Al comparar aquests alts valors amb els paràmetres petrogràfics i/o els valors de T màx, hi trobem una certa correspondència.

2.4.2. TRANSFORMACIO I EVOLUCIO.

La bona correlació que s'estableix -en les fàcies organògenes garumnianes de la Formació Margues de Tremp- entre els valors obtinguts de: reflectància de les gelocol.linites, contingut en volàtils, poder calorífic i els colors de fluorescència dels còssos liptinítics, conjuntament amb les dades aportades pels anàlisis de piròlisis, ens han portat a caracteritzar-les com a lignits sub-bituminosos. Sota aquest terme hi ha connotacions que ens impliquen una transformació i evolució relativament petita dels còssos orgànics que els constitueixen.

El poc grau de transformació de la matèria orgànica garumniana, es el resultat d'haver patit un enterrament curt i poc profund. Aquest fet provoca que els còssos organògens no puguin avançar de manera generalitzada cap a bitumens. Així doncs, els còssos transformats són poc nombrosos i tan sols es localitzen de manera puntual en algunes mostres d'aquest estudi. Es tracta dels macerals que anomenavem en l'anàlisi microscòpica de la matèria orgànica com a secundaris -

resultat d'una transformació tèrmica- (Teichmüller, 1974; Robert, 1981) i són: l'exudanita i la resinita secundària.

De la mateixa manera que Teerman et al. (1987), es pot considerar que la variació de resinites -determinades a partir d'una diferent fluorescència- trobades a les fàcies garumnianes estudiades, no és funció d'una transformació tèrmica donat que tan els valors de reflectància (0.40-0.50 %) com els de temperatura màxima no son suficientment alts com per explicar aquesta transformació. Tanmateix, aquesta diferent fluorescència en les resinites no està influenciada pels agents externs ni per l'oxidació. Com veurem més endavant aquestes resinites són diferents degut a que provenen de diversos cossos vegetals.

Tal i com ja hem fet esment, s'han generat de manera puntual els següents productes secundaris:

- la resinita secundària que ha patit una transformació considerada com a doble generació o re-evolució. Són cossos resinítics que segons les classificacions fetes en el present treball correspondrien al grup 3 (resinita groga). Aquesta resinita -en un determinat moment- ha iniciat una fluidificació que ha donat lloc a un gel semi-líquid. Al solidificar-se no ho fa de manera uniforme i ha donat lloc a una heterogeneïtat interna del cos. Aquesta diferenciació queda palesa en l'observació amb llum fluorescent.
- l'exudanita és també una fase orgànica de caire secundari, localitzada en molt poques fractures de retracció dels cossos vitrínics. L'exudanita s'interpreta com a bitumens fluorescents procedents del trencament (cracking) tèrmic dels cossos esporínics existents en la mateixa matriu húmica (Goodarzi, 1987; Goodarzi i al., 1989).

La caracterització realitzada ens permet afirmar que ens trobem davant d'uns sediments de caràcter fonamentalment húmic, en un estat d'evolució de lignits sub-bituminosos. Des del punt de vista d'evolució orgànica aquests materials es localitzen en el límit d'immaduresa i corresponen a l'estadi anomenat de diagènesis (Pelet, 1980; Cardott i Cambert, 1985). Aquests materials serien potencials generadors de gas si haguessin estat sotmesos a una major transformació.

Aquesta transformació vindria donada per un increment de la temperatura i/o de la pressió dels sediments soterrats a nivells majors a 2.500 metres de fondària que provocarien una evolució dels valors de reflectivitat fins a percentatges superiors al 1.3%. En aquesta valoració aproximativa, tenim en compte un gradient geotèrmic mig per la zona i el grau de maduresa al que han arribat fins avui dia aquests materials garumnians, d'uns 1000 m. de potència.