

4.2 SECTOR CENTRAL: FREIXE - GERRI

Un dels trets distintius d'aquesta zona és la presència de l'escata de **Freixe** (fig. 4.42 A), que és la més important en dimensions de tota la zona d'estudi (31 km de llarg, per 7.5 km d'ample en el punt de màxim aflorament) Incorpora un sòcol principalment Devonianà de l'àrea de subfàcies de Comte (Mey, 1967b; Muñoz, 1992) i els afloraments de roques estefano-permianes són pràcticament inexistent. La disposició geomètrica d'aquesta escata canvia bruscament a la vall de la Noguera Pallaresa. A l'oest d'aquesta vall el seu encavalcament basal (e. de Freixe) és subvertical o invertit, i la posa en contacte amb la làmina d'Arcalís - España, que és un sistema d'escates de dimensions molt menors, que contenen les formacions Rueda i Baciver del Devonianà i sediments estefano-permians, i es troba en contacte encavalcant sobre el mantell d'Erta (fig. 4.42 A). A l'est de la Noguera Pallaresa, desapareix la làmina d'Erta i l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* canvia ràpidament la seva orientació, i es troba lleugerament inclinat cap al sud, en replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri (fig. 4.42 A). El mantell de l'Orri incorpora en el sòcol roques cambro-ordovicianes i una sèrie estefano-permiana reduïda que augmenta de potència cap a l'est, on constitueix el límit occidental de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló (Martí, 1991), que és la més important en extensió cartogràfica de les conques estefano-permianes del sud dels Pirineus. El Buntsandstein d'aquesta escata presenta potències molt variables, amb un màxim de 500m al port del Cantó, i gruixos inferiors a 200m en les valls de la Noguera Pallaresa i el Segre.

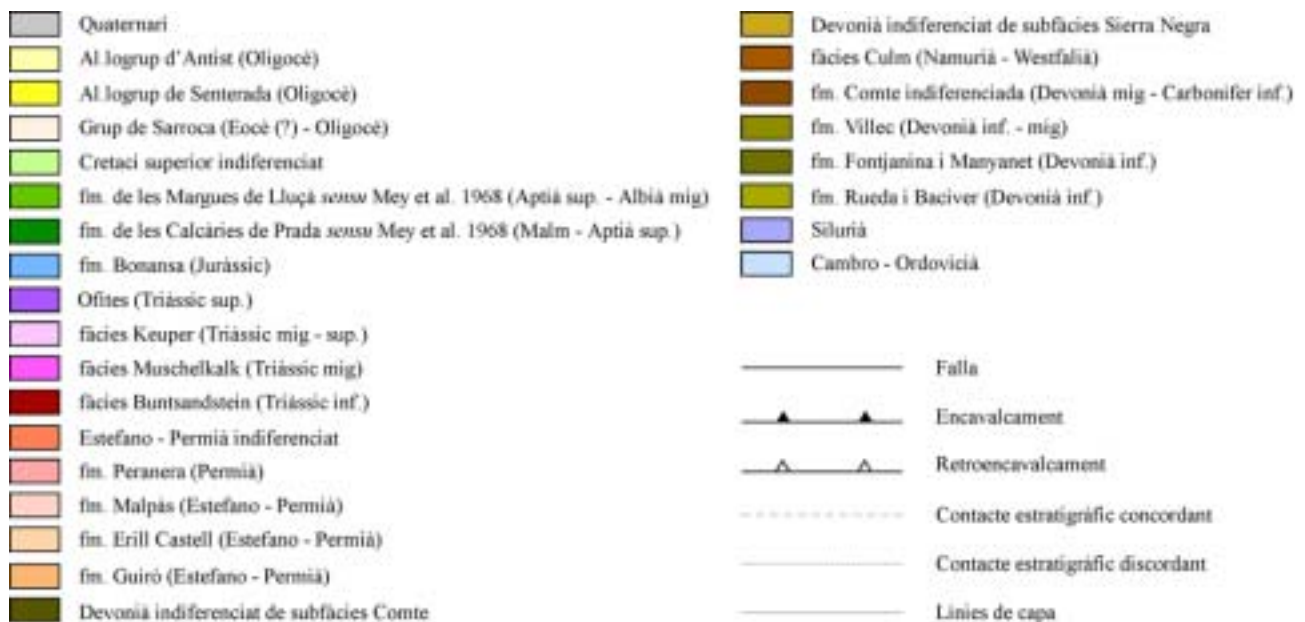


Fig. 4.41.- Llegenda del mapa geològic i els talls del sector central de la zona de les Nogueres.

Per sobre de la làmina tectònica de Freixe, apareix un altre grup de làmines encavalcants de menor extensió, que tot i ser discontinües, tenen una similitud estructural i litològica que permet considerar-les com

Fig. 4.42.- (pag 149bis) **A.**- Unitats estructurals del sector central de la zona de les Nogueres. Les zones limitades per línies discontinües corresponen a la localització de les figures 4.42 **B** i **C**. **B.**- Detall de l'escata de Castells *s.s.* a la transversal de Taús. **C.**- Mapa geològic de la vall de la Noguera Pallaresa (Llegenda a la figura 4.41).

a una sola làmina encavalcant, que anomenaré de Castells *s.l.*. El seu encavalcament basal és subvertical i es troba desarrelat en pràcticament tot el seu traçat. Les escates d'aquest grup (Bretui, Pujol i Castells *s.s.*) es troben capgirades, incorporen en el sòcol el Devonianà de l'àrea de subfàcies de Comte i no s'hi ha observat en cap punt la presència de materials estefano-permians. El seu límit meridional està definit pel retroencavalcament de Morrerres (Muñoz, 1992), que posa en contacte la zona de les Nogueres amb la USC, i que esporàdicament pot estar cobert pels conglomerats terciaris.

En aquest sector he elaborat 6 talls (fig. 4.42 **A**), dels quals només n'he restituit tres. El més occidental d'aquests talls és el del Cogulló (tall 6), a l'est de la vall del Flamicell, que és l'únic que ha estat restituit geomètricament i cinemàticament. Els talls 7 i 8 corresponen a les vessants occidental i oriental de la vall de la Noguera Pallaresa i no han estat restituïts, donada la presència d'estructures transversals amb direccions de lliscament obliqües al pla de tall. El tall 9 és l'únic tall perpendicular a la direcció d'escurçament tectònic. Finalment, els talls compensats 10 i 11, a oest i est del port del Cantó, mostren l'estil tectònic entre les valls de la Noguera Pallaresa i el Segre.

4.2.1 Transversal del Cogulló (tall 6)

En aquesta transversal he elaborat dues versions del tall, restituïdes geomètricament i cinemàticament, que transcorren paral·leles a la vall del Flamicell per la carena que defineixen els alts topogràfics de St. Quiri¹ i el Cogulló, i baixa cap al sud fins a l'estany de Montcortés (fig. 4.42 **A**, 4.43 i 4.45), uns 2km a l'oest de la línia ECORS-Pirineus. El seu traçat creua les làmines encavalcants de l'Orri i d'Erta, el dúplex d'Ancs, les escates de Freixe i Bretui, i la conca terciària de Senterada. Tal com ja he fet amb les transversals de Coll de Sas i Sta. Bàrbara les característiques litològiques i geomètriques d'aquesta transversal seran descrites a partir del tall restituit geomètricament, i només especificaré els aspectes del tall restituit cinemàticament que es diferenciïn significativament del primer.

Tall actual i restitució geomètrica de la transversal del Cogulló

En aquesta transversal (fig. 4.43) disminueix molt el gruix de la làmina encavalcant d'Erta respecte a la transversal de St. Bàrbara (a l'oest). El sòcol pre-hercinià de l'escata de l'Orri, representat a la part nord del tall, es caracteritza en aquesta zona un extens aflorament de les pissarres de la formació Civis,

¹ Cal recordar que a la zona d'estudi existeix més d'un turó amb aquest nom. Per altra banda, també és pertinent recordar en aquest punt que l'estructura referida com a encavalcament de Rialp per Poblet, 1991 i Soriano et. al, 1996, correspon en aquesta tesi a l'encavalcament de l'Orri, i el referit aquí com a encavalcament de Rialp és l'encavalcament basal mai aflorant del mantell de sòcol subjacent (segons la nomenclatura de Muñoz, 1992).

Tall 6 versió A

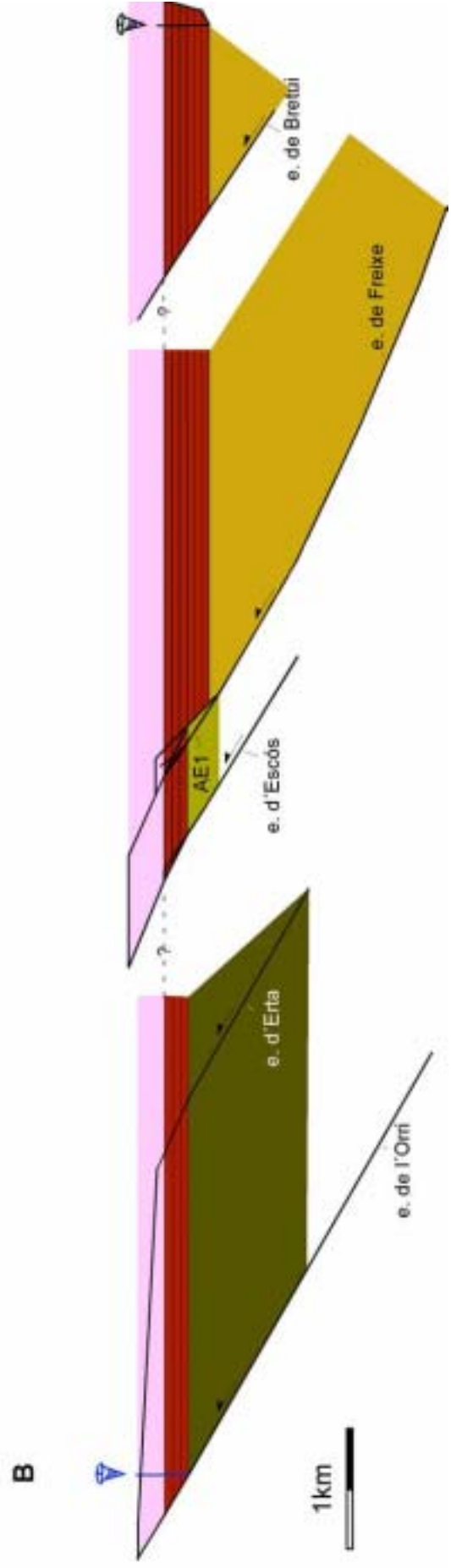
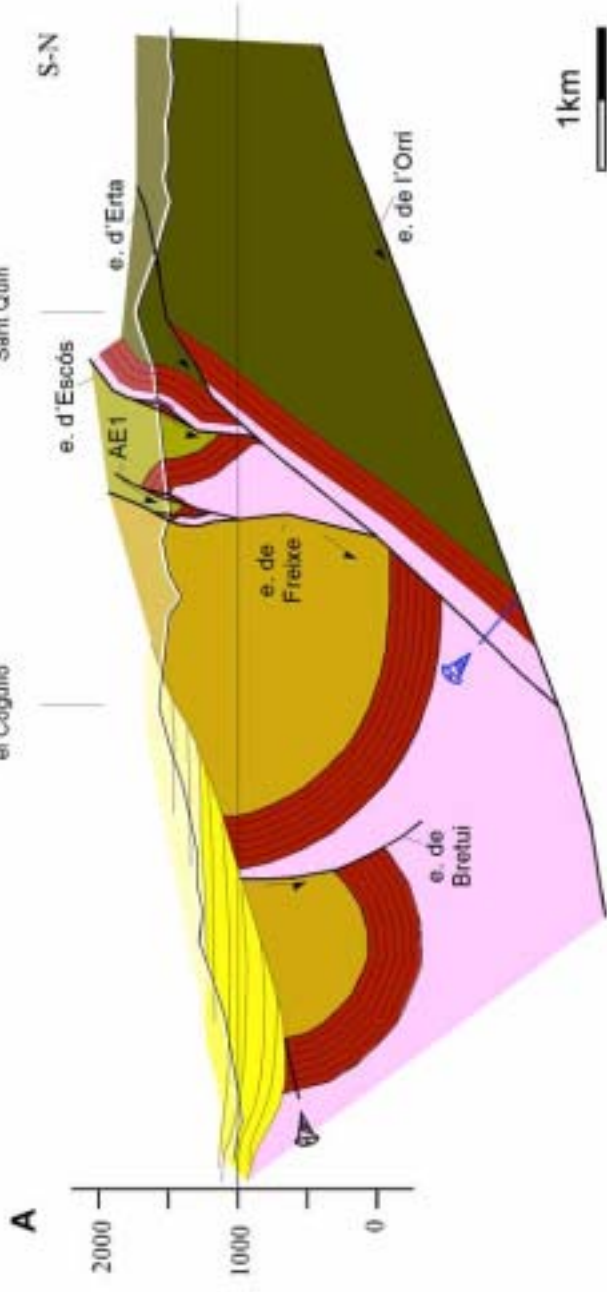


Fig. 4.43.- (pàg. 151) **A.**- Tall compensat geomètricament de la transversal del Cogulló. **B.**- Restitució del tall. (llegenda a la figura 4.41).

amb una estructura interna definida per un clivatge hercinià que dibuixa un ampli anticlinal lax de direcció E-W amb immersió cap a l'est (Poblet, 1991), i que el mateix autor defineix com una manifestació de la deformació alpina de la làmina encavalcant de l'Orri.

El traçat de l'encavalcament de l'Orri ha estat projectat del tall ECORS-Pirineus (Beràstegui *et al.*, 1993), des d'una cota de 420m al límit nord del tall fins a una profunditat de 1500m per sota del nivell del mar, a la vertical de la làmina de Freixe. L'aflorament d'aquest encavalcament a la finestra de Rialp permet veure que en aquesta zona es troba per sobre del Keuper del mantell de Rialp, i per tant el salt mínim és de 4200m.

L'encavalcament d'Erta està inclinat cap a l'avantpaís. El *cutoff* de bloc inferior del Buntsandstein n'aflora al nord d'Anes, uns 1600m a l'est del tall, a una cota aproximada de 1400m, i amb un angle de rampa observat de 24°. Aquest aflorament és el més occidental del Buntsandstein del mantell de l'Orri, i té una potència aproximada de 200m. L'orientació d'aquest nivell varia de subvertical a inclinat cap al sud entre 50° i 70°, tot i que localment pot estar invertit allà on està afectat per repeticions internes d'ordre menor. En el tall s'ha projectat el Buntsandstein en profunditat amb una inclinació més o menys constant, fins a l'encavalcament de l'Orri.

La làmina d'Erta transporta el Devonià inferior de subfàcies Sierra Negra (formacions Sierra Negra i Baciver), cobert en discordança pel Buntsandstein. Els afloraments de materials estefano-permians són escassos, i allà on apareixen la potència no supera els 20m. El salt cap al sud deduït per a l'encavalcament d'Erta és de 600m, valor que suposa una disminució important respecte la transversal de Sta. Bàrbara. Aquesta reducció del salt es pot correlacionar amb la desaparició entre aquestes dues transversals de la fossa estefano-permiana d'Erill Castell, fent evident una vegada més la importància d'aquesta conca en la localització i evolució de les estructures de deformació alpines. Per altra banda, les formacions prehercinianes de les escates de l'Orri i Erta són diferents, i donat que la discordança entre el Buntsandstein i el Devonià aflora en els dos blocs, es pot deduir la reactivació d'un encavalcament hercinià per part de l'encavalcament d'Erta. Aquesta observació ja va ser feta per Poblet (1991). El salt relatiu dels encavalcaments de l'Orri i d'Erta varia lateralment. Així, allà on la làmina d'Erta conté un gruix important de materials estefano-permians, la major part de l'escurçament està acomodada pel seu encavalcament basal, mentre que allà on la fossa d'Erill Castell perd importància volumètrica, l'estructura principal d'acomodament d'escurçament és l'encavalcament de l'Orri. Aquesta relació pot significar que malgrat que aquestes unitats presenten una seqüència de bloc inferior en una mateixa transversal, el seu funcionament hagi estat parcialment simultani en dues transversals diferents.

L'encavalcament basal de les Nogueres és l'encavalcament d'Escós, que aflora en replà de bloc inferior 60m per sobre del sostre del Buntsandstein de la làmina d'Erta en la línia de tall, però 750m a l'est ho fa directament sobre el Buntsandstein, mitjançant una falla transversal que afecta la làmina d'Erta (veure el mapa de la làmina 1, en annex). Cap a l'oest aquesta unitat s'uneix frontalment amb l'encavalcament basal de la làmina encavalcant de Freixe. Per sobre de l'encavalcament d'Escós apareixen diverses repeticions amb

Devonià de subfàcies de Sierra Negra *s.l.* i Triàsic. El salt mínim calculat per a l'encavalcament basal d'aquest sistema és de 950m, i el sumatori del salt acumulat per les repeticions internes és de 1300m.

A l'est del tall, les escates que configuren aquest dúplex (dúplex d'Arcalís – España) contenen sediments estefano-permians de les formacions Erill Castell, Malpàs i Peranera, amb gruixos que poden superar el centenar de metres. La situació d'aquestes escates, a l'est de la terminació de la fossa d'Erill Castell – Guiró indica que les falles estefano-permianes estaven en una situació més septentrional, fet que posteriorment es tradueix en una distribució diferent dels encavalcaments alpins. En conseqüència, la suma de l'escurçament associat al dúplex d'Arcalís – España i a la làmina encavalcant de l'Orri compensarien la disminució de l'escurçament que presenta l'encavalcament d'Erta en aquesta transversal.

La làmina encavalcant de Freixe aflora en rampa per sobre de les escates de la làmina d'Arcalís - España, però es disposa en replà sobre el Keuper a poca profunditat, amb una orientació que varia entre subvertical i invertida, i s'entronca frontalment en l'encavalcament d'Escós. El sòcol pre-hercinià d'aquesta unitat està format per roques silurianes i devonianes de l'àrea de subfàcies del Comte, coberts discordantment pel Buntsandstein amb una potència de 380m, observada a la vall del Flamicell. El *cutoff* de la base del Buntsandstein s'ha situat a una profunditat pròxima als 0m, tenint en compte que a l'oest de la Plana de Mont-ros aflora el tancament periclinal de l'anticlinal de rampa d'aquesta làmina, i en funció del salt calculat per a l'encavalcament de les Freixe en les altres transversals d'aquest apartat. En el tall, el salt calculat per a aquest encavalcament és de 2100m, considerant que el seu *cutoff* de bloc inferior aflora.

La làmina de Freixe està encavalcada en aquesta transversal per l'escata de Bretuí. La successió paleozoica d'aquesta escata és la mateixa, i el gruix deduït per al Buntsandstein també és el mateix. El *cutoff* de la base del Triàsic s'ha dibuixat invertit i cabussant cap al sud, assumint que l'encavalcament basal d'aquesta escata forma una rampa de baix angle sobre el Keuper de la làmina de Freixe. Això implica un salt com a mínim de 1350m (fig. 4.43 A).



Fig. 4.44.- Visió panoràmica del marge sud de la conca de Senterada a la transversal del Cogulló. S'observa la disposició en ventall dels conglomerats de l'al·logrup de Senterada que es troben inclinats cap al nord a la base i s'horitzontalitzen al pujar en la sèrie.

Les làmines de Freixe i de Bretui estan cobertes pels conglomerats terciaris de la conca de Senterada. La geometria dels sediments sintectònics en aquesta zona és molt similar a la descrita en la transversal de Sta. Bàrbara, amb l'al·logrup de Senterada a la base i l'al·logrup d'Antist a la part superior. La formació basal es disposa en *onlap* a sud i a nord, definint un sinclinal lax, amb discordances progressives al marge sud (fig. 4.44) i escalant un paleorelleu superior als 600m cap al nord. Per sobre, l'al·logrup d'Antist es disposa subhoritzontalment, registrant el final de la deformació alpina. Aquests materials seran descrits més àmpliament en l'apartat 4.1 d'aquest capítol.

Restitució cinemàtica de la transversal del Cogulló (tall 6, versió B)

Aquesta restitució cinemàtica és l'única de les presentades que inclou el mantell de l'Orri i l'he elaborat en una sola fase de restitució. Com he fet amb les restitucions prèvies, només en descriu les particularitats.

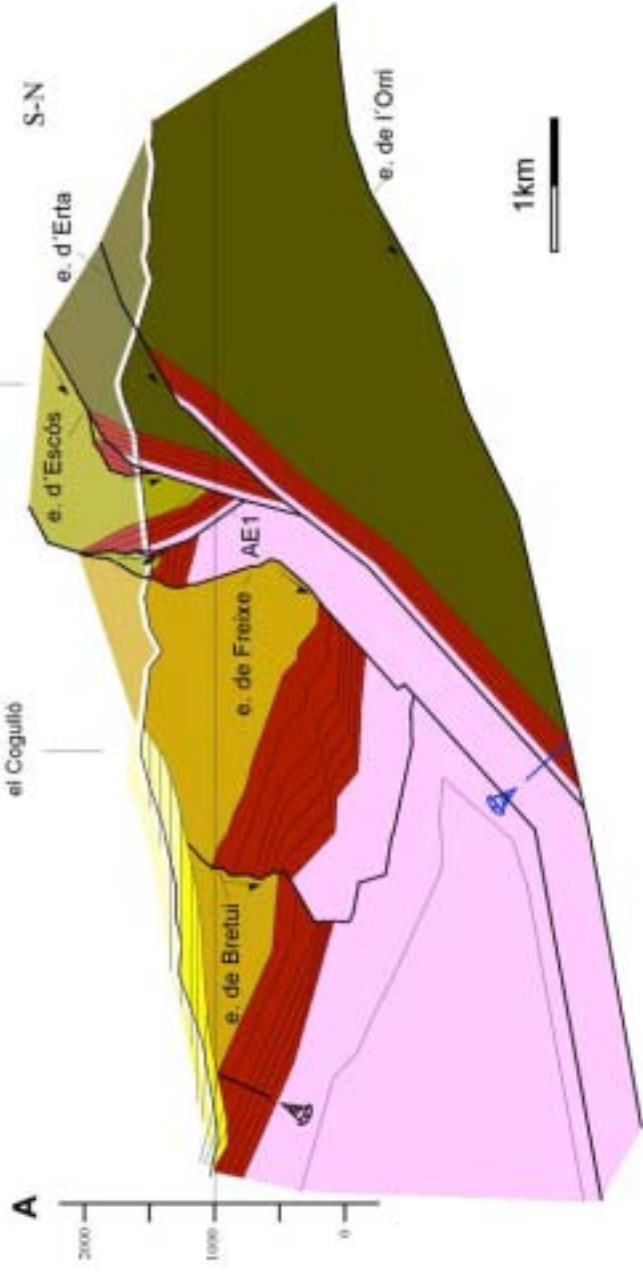
La taula 4.8 mostra la relació entre els valors obtinguts a partir de les dues restitucions. En general la correspondència entre els salts calculats per a cada estructura amb els dos mecanismes de restitució es troba dins una variabilitat acceptable, amb l'excepció de l'encavalcament de l'Orri (recordem que el valor d'aquest és un mínim requerit pel programa per obtenir el basculament desitjat).

	Restitució FPF		Restitució LLU
	Desp.(m)	λ (°)#	Desp. (m)
e. de l'Orri	8500	0	4100
"Rialp b"	5400	35	
e. d'Erta	1162	30	600
e. d'Escós a	315	0	950
e. d'Escós b	980	45	690
AE1a	100	0	315
AE1b	520	30	330
e. de Freixe	1600	30	2100
e. de Castells	700	30	1350
X_0 (min)	12750m		12140m
X_f	-2500m		-3140m

Taula 4.8.- Comparació dels valors de desplaçament dels encavalcaments segons les restitucions cinemàtica (FPF) i geomètrica (LLU). Desp.- Desplaçament. λ - Cisalla angular. Les posicions inicial i final dels models (X_0 i X_f) estan mesurades prenent la *pin line* del *cutoff* de bloc superior del Buntsandstein en l'encavalcament de l'Orri com a punt 0, amb els valors positius a la seva dreta. El valor "Rialp B" correspon a una operació que necessita el programa per produir el basculament de l'encavalcament de l'Orri.

Pel què fa a la distribució i geometria de les estructures, es pot observar com aquestes presenten la mateixa tendència en la comparació entre els dos talls (fig. 4.46), malgrat les irregularitats que s'observen en la geometria del Buntsandstein de les escates de Freixe i Bretui, i l'augment de la profunditat dels encavalcaments de l'Orri i Erta deduït en la restitució cinemàtica. Aquestes diferències són degudes bàsicament al fet que la restitució cinemàtica s'hagi elaborat de forma contínua, i això requereix que totes les escates de la secció es trobin en replà sobre el Buntsandstein d'aquest mantell, pel darrera de la superfície axial de la transició rampa – replà.

Tall 6 versió A



B

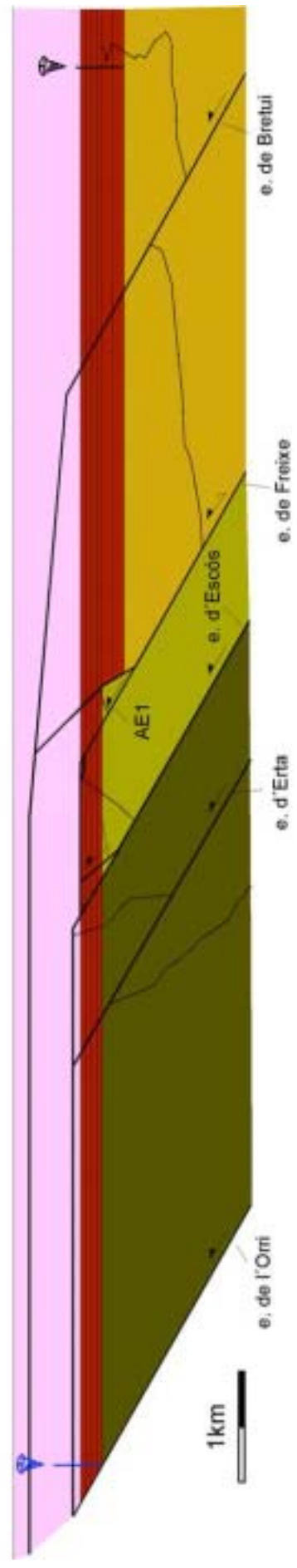


Fig. 4.45.- (pàg. 155) **A.**- Tall compensat cinemàticament de la transversal del Cogulló. **B.**- Restitució del tall (llegenda a la figura 4.41).

Una de les estructures que presenta una major divergència de salt entre una i altra restitució (taula 4.7, fig. 4.46) és l'encavalcament de Castells (640m de diferència). El salt tectònic utilitzat en la restitució cinemàtica comportaria que el Buntsandstein aflorés al sud dels conglomerats de Senterada, fet que no s'observa en aquesta transversal, però sí 1.5km a l'est del tall (X a la fig. 4.47). He optat pel salt que es presenta en la taula 4.8 perquè considero que un salt menor s'allunyaria massa del real, i a més, el fet que el Buntsandstein no aflori a la zona de Montcortés pot ser explicat per l'acció dels retroencavalcaments presents en aquesta zona.

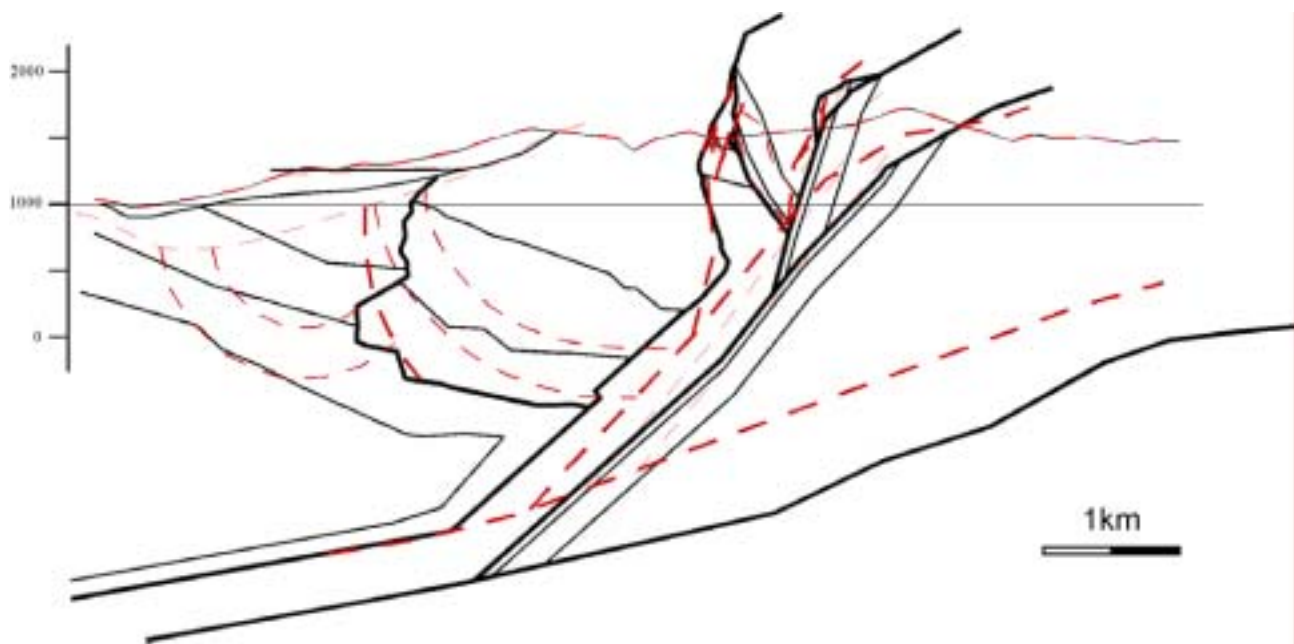


Fig. 4.46.- Superposició del talls compensats geomètricament (en traç discontinu) i cinemàticament (en traç continu). Les estructures estan localitzades en situacions equivalents, però la seva geometria interna presenta diferències com a conseqüència de procés utilitzat en la restitució cinemàtica.

La continuïtat lateral de l'escata de Bretui representa un altre problema donada la seva interrupció pels conglomerats terciaris. Com que a banda i banda d'aquests la geometria és força diferent, no és descartable que en realitat existeixi un altre encavalcament sota dels conglomerats i que l'escata estigui dividida en dues de menors (fig. 4.47). Tanmateix, això no canvia de forma important la geometria general, tot i que la segona opció implicaria un augment de l'escurçament.

Donada la similitud estructural que s'observa en els talls actuals i les restitucions, en les que les principals diferències són degudes a qüestions procedimentals, la interpretació de l'estructura i evolució temporal de les escates inferiors d'aquesta transversal queda validada. La distorsió de les capes del Buntsandstein i d'alguns dels encavalcaments és fruit de l'aplicació de l'algoritme FPF per tal d'obtenir la geometria general d'apilament desitjada.

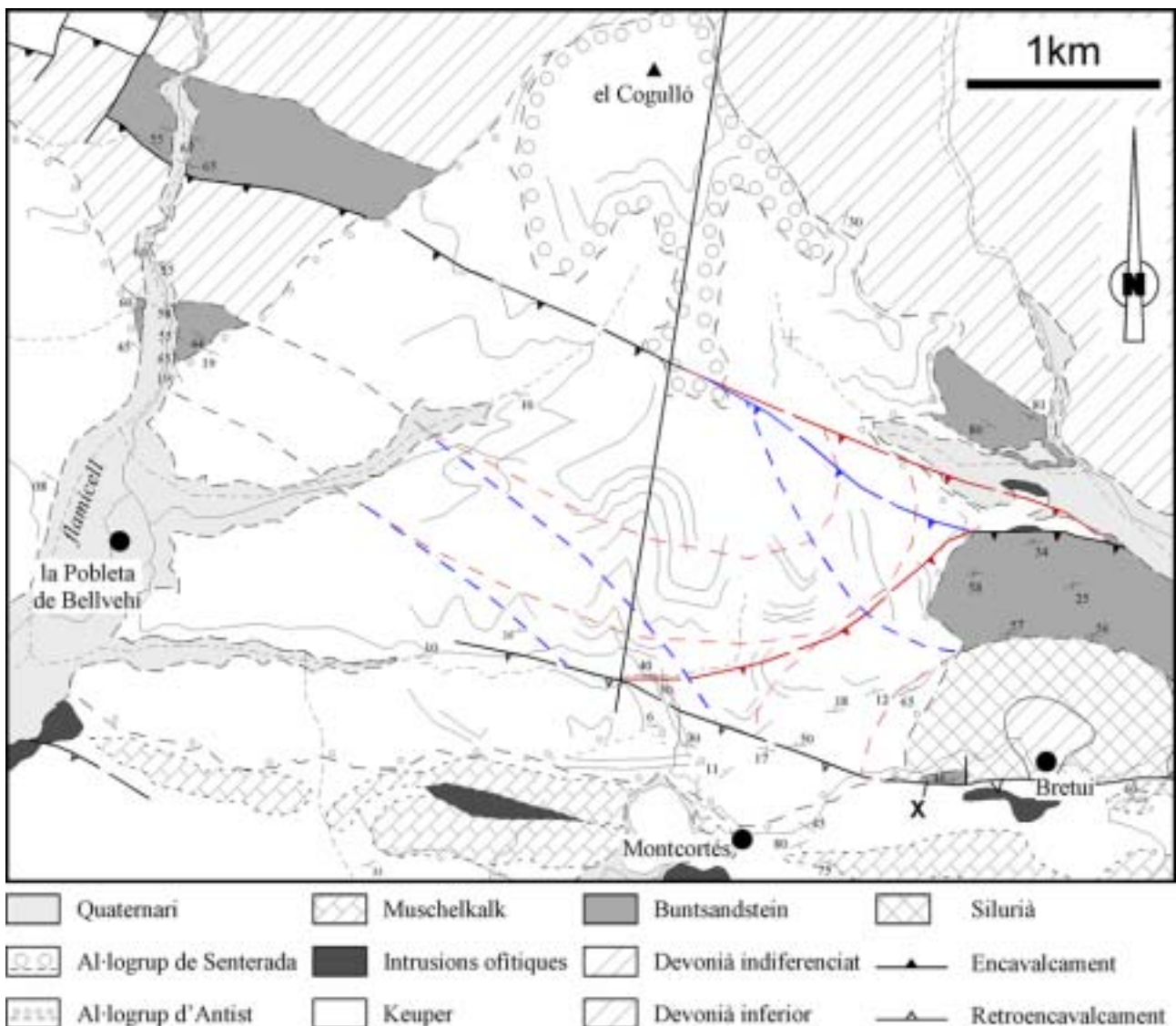


Fig. 4.47.- Mapa geològic del límit oriental de la conca de Senterada, en la mateixa zona que es mostra a la figura 4.44. S'observa com al nord els conglomerats terciaris reposen sobre la làmina de Freixe i al sud sobre el Keuper. En la part central són discordants sobre la làmina encavalcant de Castells, representada en aquesta transversal per l'escata de Bretui, que reposa en replà de bloc inferior sobre la làmina de Freixe. La continuació lateral d'aquesta escata no és evident, de tal forma que els afloraments a est i oest dels conglomerats terciaris poden correspondre a una única escata (línies discontinües blaves) o a dues escates (línies discontinües vermelles).

4.2.2 Transversal de la Noguera Pallaresa (talls 7, 8 i 9)

El canvi estructural lateral més important de la zona de les Nogueres es produeix en la transversal de la Noguera Pallaresa, i per això he elaborat un tall a cada vessant d'aquesta vall (fig. 4.48)². De nord a sud, les

² La majoria dels talls que es presenten en l'apartat 4.2.2 són oblics a la direcció de transport tectònic. Això implica que el gruix de les làmines i formacions estratigràfiques que apareixen en cada tall siguin aparents i que algunes relacions de tall entre làmines adjacents siguin "anòmales" (i.e. encavalcaments que baixen en la sèrie). Com a norma general s'ha mantingut constant la potència de les capes en cada escata tenint en compte la seva orientació i traçat en superfície.

estructures que s'observen en aquesta zona són el mantell de Rialp, que aflora en finestra tectònica entre Rialp i Sort, el mantell de l'Orri, la fossa estefano-permiana d'Estac, que forma el marge est del mantell d'Erta, les escates de la làmina d'Arcalís - Españaén, la làmina encavalcant de Freixe, la làmina encavalcant de Castells *s.l.* i les formacions Juràssiques i Cretàciques de la USC en contacte amb la zona de les Nogueres mitjançant el retroencavalcament de Morrerres. En aquesta zona, són importants les falles amb traçat i direcció de moviment oblics respecte a la direcció del tall (encavalcament d'Erta, falla de Malmercat, fig. 4.42) i per això no he restituït els talls 7 i 8, que descriu per separat seguidament.

Tall geològic del vessant oest de la Noguera Pallaresa (Tall 7)

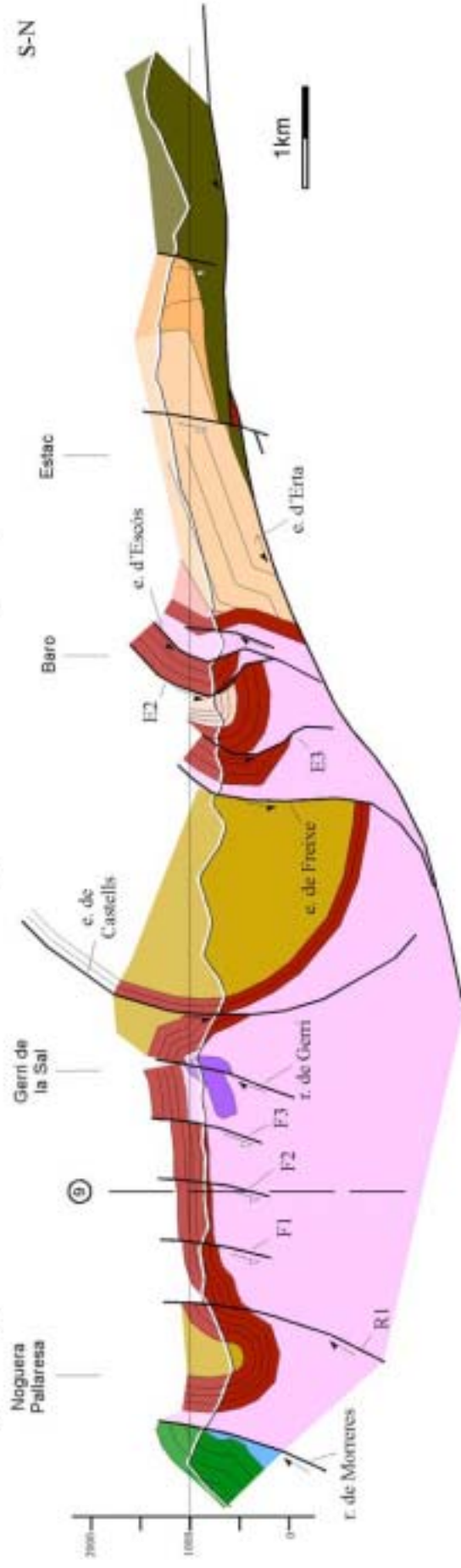
Aquest tall coincideix aproximadament amb un tall realitzat per Muñoz (1986) (fig. 4.48). En aquesta zona, el mantell d'Erta conté el Devonian de l'àrea de subfàcies Sierra Negra *s.l.*, roques estefano-permianes de la fossa d'Estac (Martí, 1986, 1990) i la cobertora triàsica. L'estructura interna d'aquest mantell és complexa, donat el control de la deformació que exerceix la conca estefano-permiana.

La subconca d'Estac, que se situa entre les conques d'Erill Castell i de Gramós - Prats d'Aguiló, representa una acumulació important de sediments estefano-permians (>1000m) en un graben estret limitat a est i oest per dues falles amb orientació aproximada N-S i fortament inclinades (Soriano et al., 1996) i al sud per una falla normal amb una inclinació deduïda menor. Aquestes falles s'entronquen en l'encavalcament d'Erta i això permet considerar que el funcionament normal d'aquestes falles es produeix simultàniament al de la falla d'Erta. Les falles que limiten la fossa d'Estac a est i oest (falles d'Estac i Malmercat respectivament, fig. 4.42 i 4.50) són reactivades com a falles de transferència per la tectònica alpina. La rotació que experimenta l'escata d'Erta (produïda per l'emplaçament dels mantells de l'Orri i Rialp) la porta a la seva posició actual, definint una geometria aparent de falla de direcció amb salt horitzontal (fig. 4.50).

La geometria de l'encavalcament d'Erta es caracteritza per canvis bruscos d'orientació. El *cutoff* de bloc inferior del Buntsandstein aflora 1km a l'oest del tall (fig. 4.41B, 4.50) a una cota de 1300m, en una zona on l'encavalcament d'Erta canvia la seva traça d'E-W a N-S. Aquest canvi coincideix amb un plec que defineix el clivatge que afecta el sòcol del mantell de l'Orri (Poblet, 1991) i amb la transició rampa-repla del bloc inferior de l'encavalcament d'Erta. A més, l'encavalcament d'Erta esdevé fortament inclinat cap a l'est, de tal forma que a la vall de la Noguera Pallaresa aflora a la base de la fossa d'Estac directament sobre el Keuper, a una cota de 700m.

Per sobre del mantell d'Erta, afloren tres escates formades principalment per sediments estefano-permians i del Triàsic, tot i que a l'est de la Noguera Pallaresa s'hi observa el sòcol, format per formacions devonianes de l'àrea de subfàcies de Comte. L'encavalcament basal d'aquest sistema (e. d'Escós, fig. 4.48) reposa en replà de bloc inferior sobre el Keuper del mantell d'Erta, tot i que a est i oest descendeix fins al sostre del Buntsandstein, i interpreto que sota terra s'entronca frontalment en l'encavalcament d'Erta. El sumatori del salt dels encavalcaments que formen el dúplex d'Arcalís - Españaén en aquesta transversal és de 3350m.

A.- Tall geològic del vessant oest de la Noguera Pallaresa (tall 7)



B.- Tall geològic del vessant est de la Noguera Pallaresa (tall 8)

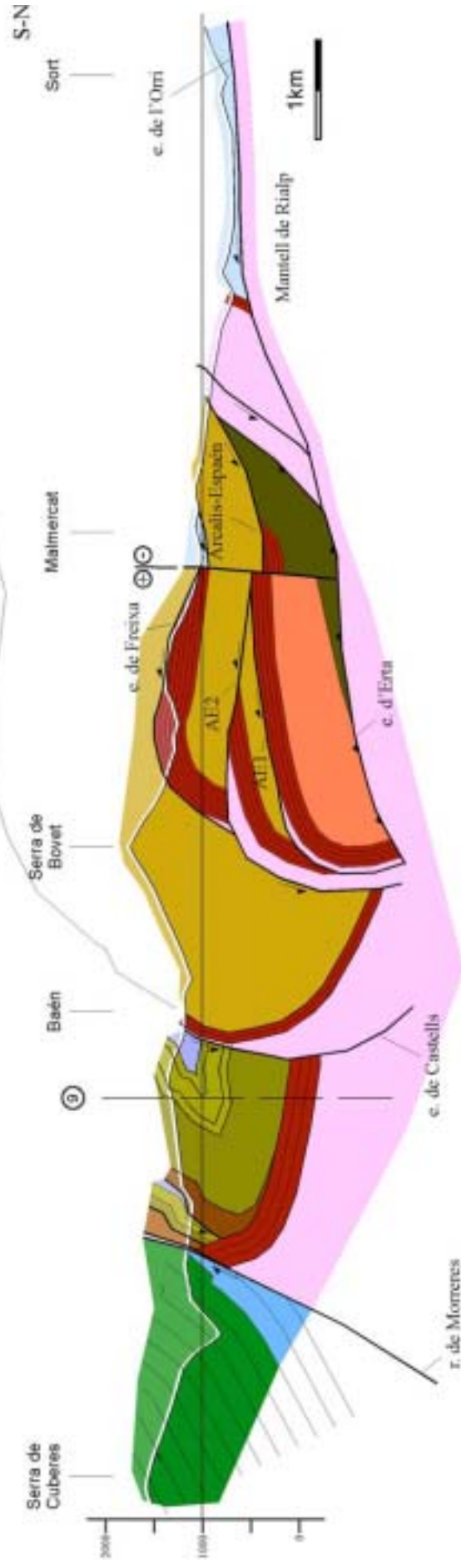


Fig. 4.48.- (pàg. 159) Talls geològics de les vessants oest (A) i est (B) de la vall de la Noguera Pallaresa (llegenda de colors a la figura 4.41).

Més al sud es troba la làmina de Freixe, que conté les mateixes formacions que a la transversal Cogulló, però a la vall de la Noguera Pallaresa el gruix d'aquesta escata és superior (2000m aproximadament), donat que en aquesta transversal l'escata es troba ja en replà de bloc superior. Al fons de la vall, l'encavalcament de Freixe (encavalcament de les Nogueres Superiors de Muñoz, 1992) aflora subverticalment i reposa sobre el Keuper de l'escata subjacent, però descendeix en la sèrie tant a l'oest, on forma una rampa de baix angle sobre les escates del dúplex d'Arcalís – Españaén, com a est, on es disposa en replà de bloc inferior a sostre del Buntsandstein. El salt mínim deduït per aquest encavalcament és de 1900m.

La làmina encavalcant de Castells *s.l.* aflora per sobre de la làmina de Freixe a les proximitats de Gerri de la Sal, i està formada per roques devonians de l'àrea de subfàcies del comte i el Buntsandstein amb una potència superior als 300m. L'estructura d'aquesta escata en aquesta zona es caracteritza per la superposició d'encavalcaments vergents al sud, retroencavalcaments i falles normals tardanes (post-orogèniques ?) de direccions que varien entre E-W i ESE-WNW.

L'encavalcament de Castells (fig. 4.48) es troba verticalitzat en replà de bloc inferior sobre el Triàsic de la làmina de Freixe. El Buntsandstein del bloc superior d'aquest encavalcament forma una rampa, es troba redreçat i arriba a estar invertit més de 180° a poca distància de l'encavalcament basal. Més al sud, l'escata de Castells està tallada pel retroencavalcament de Gerri que posa el Keuper, al sud, en contacte amb el Buntsandstein i, fins i tot, amb el sòcol Silurià a la zona de Bretui (2.5 km a l'oest del tall; fig. 4.42C).

Més de mig quilòmetre al sud del retroencavalcament de Gerri, un sistema de falles normals tardanes tornen a fer baixar el Buntsandstein a la superfície topogràfica (escata de Pujol, Séguret, 1972; fig. 4.42). Els afloraments del Buntsandstein d'aquesta escata es disposen subhoritzontals però invertits, fins que més al sud, tornen a estar tallats per un retroencavalcament (R1).

El grau d'inversió que presenta l'escata de Pujol és superior al que seria d'esperar si entre aquesta escata i la làmina encavalcant de Freixe no existeix cap altre encavalcament. Per tant, és probable que per sobre de la topografia existeixi alguna altra escata que actualment es troba erosionada, tot i que per la seva posició estructural podria ser correlacionable amb l'escata inferior de Bretui (fig. 4.47), i per tant confirmaria que en la transversal del Cogulló la làmina de Castells *s.l.* està dividida en dues escates menors (Bretui inferior i superior).

Al sud del retroencavalcament R1 aflora un anticlinal sinforme, limitat meridionalment pel retroencavalcament de Morrerres. El plec que es troba entre aquests dos retroencavalcaments presenta una geometria gairebé isoclinal amb desenvolupament de clivatge de pla axial que no ha estat observada en cap altra làmina de les Nogueres. Interpreto aquesta estructura com producte de la deformació tardana (contemporània al retroencavalcament de Morrerres) que reactiva un plec de rampa anterior.

Tall geològic del vessant est de la Noguera Pallaresa (Tall 8)

L'estructura més septentrional representada és el mantell de l'Orri, que està constituït per un sòcol Cambro-Ordovicià cobert directament pel Buntsandstein. L'encavalcament basal d'aquest mantell es disposa subhoritzontal a poca profunditat fins que en creuar el Keuper s'inclina cap al sud. El Keuper d'aquest mantell presenta un gruix superior als 700m que contrasta amb el de la resta de làmines d'aquesta zona, i ha estat interpretat com a conseqüència de repeticions internes.

Per sobre del mantell de l'Orri, i per sota de la superfície, s'ha projectat la làmina encavalcant d'Erta. Considerant els afloraments d'aquest mantell a l'oest de la Noguera Pallaresa, he dibuixat el sòcol principalment amb roques devonians de l'àrea de subfàcies de Sierra Negra *s.l.*, separat de l'estefano-permià de la subconca d'Estac per la falla de Malmercat.

La falla de Malmercat, que definia el límit oriental de la subconca d'Estac, apareix en el tall geològic amb una disposició subvertical i un moviment aparent senestre. Com ja he comentat en la transversal occidental de la Noguera Pallaresa, la falla de Malmercat actua com una falla de transferència durant la inversió de la subconca d'Estac. Per tant, el seu moviment senestre és el resultat d'un avanç relatiu superior del seu bloc W respecte del bloc E. El posterior emplaçament del mantell de l'Orri genera la rotació de la làmina d'Erta i les estructures associades, resultant en una direcció NNW-SSE de la falla de Malmercat, i un sentit de moviment aparent SSE per a l'encavalcament d'Erta.

Per sobre de l'escata d'Erta continua havent-hi un dúplex compost per dues escates, la inferior de les quals ha estat deduïda per criteris geomètrics, ja que no aflora (AE1, fig. 4.48B). La superior (escata d'Arcalís; AE2, fig. 4.48 B) incorpora el Devonià de l'àrea de subfàcies de Comte i la formació Malpàs.

L'encavalcament basal del dúplex d'Arcalís – España (fig. 4.48 B) aflora per sobre del Buntsandstein del mantell de l'Orri al NE de la falla de Malmercat (fig. 4.50) i sobre el Buntsandstein de la làmina d'Erta al SW de la mateixa falla. Per tant, interpreto que al NE de la falla de Malmercat, l'encavalcament d'Ancs – Arcalís s'entronca caudalment per sota de la superfície topogràfica amb l'encavalcament d'Erta, que desapareix menys de 2km a l'est d'aquest tall, on l'encavalcament d'Arcalís – España es disposa en replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri.

La unió d'aquests encavalcaments planteja un nou problema ja que el sòcol Devonià dels blocs inferior i superior de l'encavalcament d'Arcalís – España es litològicament diferent (subfàcies de Sierra Negra i Comte, respectivament). Això pot indicar que aquest encavalcament reactiva una falla herciniana preexistent.

Una altra opció passa per considerar que la unió entre els dos encavalcaments és lateral, i es produeix a nivell del Keuper de la làmina d'Erta, que tindria la seva terminació oriental justament en aquesta zona mitjançant una rampa lateral (fig. 4.49). Aquesta hipòtesi permetria atribuir part del Keuper de la finestra de Rialp a la làmina d'Erta, i implicaria que el Buntsandstein d'aquesta làmina es troba en part sota els quaternaris del vessant est de la Noguera Pallaresa a la zona de la Ribera de Montardit.

Per sobre de les escates del dúplex d'Ancs – Arcalís aflora la làmina encavalcant de Freixe, que incorpora en el sòcol el Cambro-ordovicià, el Silurià, el Devonià de l'àrea de subfàcies de Comte i el Carbonífer

sintectònic (fàcies Culm o formació Bellver). El gruix deduït per aquesta escata és de 2km. L'encavalcament basal dibuixa un plec anticlinal amb el flanc nord subhoritzontal o lleugerament inclinat cap al nord i el flanc sud subvertical o invertit.

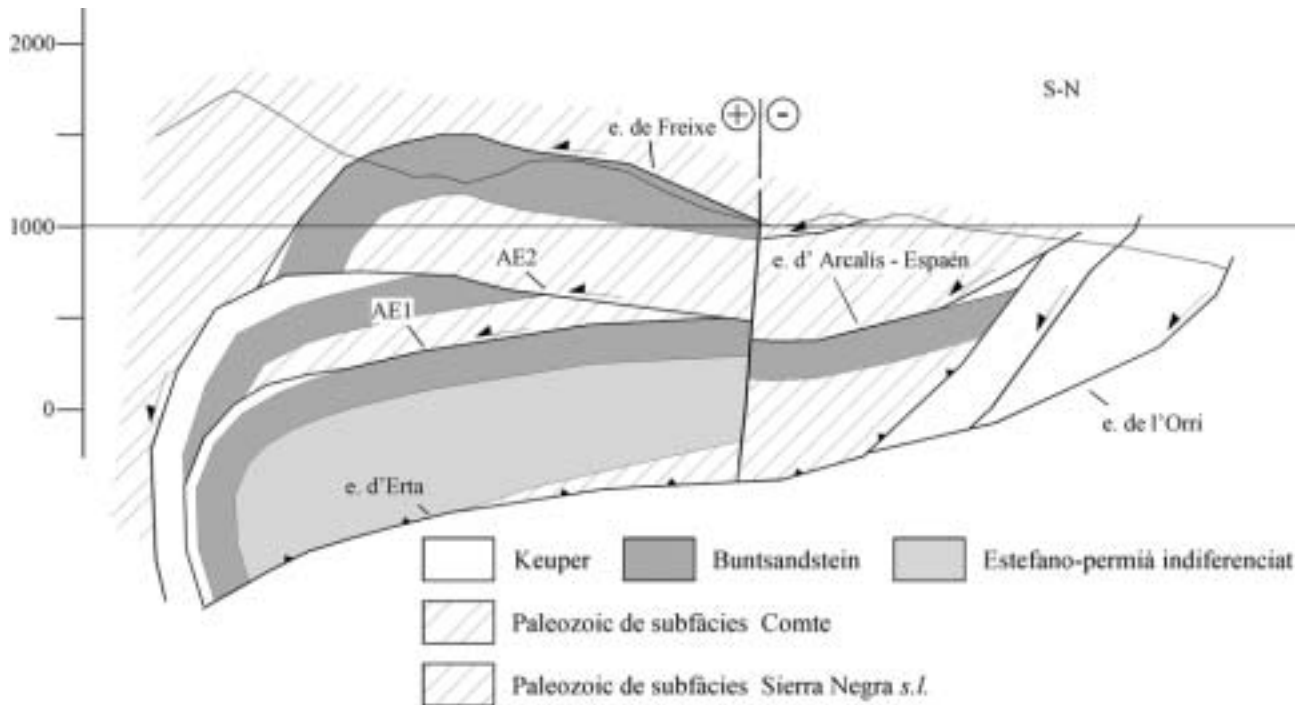


Fig. 4.49.- Interpretació alternativa de la relació entre la làmina d'Erta i les escates de les Nogueres suposant que el límit nord de l'encavalcament d'Erta en el tall correspon a una rampa lateral, tallada obliquament per la secció.

Al NE de la falla de Malmercat, l'encavalcament de Freixe aflora a nivell del sòcol superposant el Cambro-ordovicià al Devonian de l'escata d'Arcalís, i més a l'est (entre 4 i 5km) s'entronca en l'encavalcament d'Arcalís – España, disposant-se en replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri. Al SW de la falla de Malmercat, l'encavalcament de Freixe aflora en rampa sobre el Buntsandstein de l'escata d'Arcalís i després en replà al sostre d'aquesta formació. A una cota aproximada de 1000m torna a formar una rampa a nivell del Keuper, tal com s'observa al fons de la vall de la Noguera Pallaresa (fig. 4.42 i 4.48).

Per sobre de la làmina de Freixe aflora la làmina de Castells *s.s.* que presenta en el sòcol el Silurià, el Devonian de l'àrea de subfàcies de Comte i el Carbonífer sintectònic. El Buntsandstein d'aquesta escata no aflora i s'ha representat en profunditat amb cabussaments invertits tenint en compte la disposició d'aquesta formació en l'escata de Pujol. L'encavalcament de Castells aflora en replà de bloc inferior sobre el Keuper de la làmina subjacent a les proximitats de Baén (veure el mapa geològic de la làmina 1, en annex). El gruix de l'escata de Castells en aquesta transversal és similar al de la làmina de Freixe (2km aproximadament), i presenta una estructura interna caracteritzada per diferents repeticions a nivell del sòcol atribuïbles a l'orogènia hercinana, ja que en altres zones s'observen fossilitzades pel Triàsic.

Finalment, els carbonats juràssics i cretácics de la USC estan en contacte amb el sòcol de la làmina de Castells mitjançant el retroencavalcament de Morreres (que en aquesta zona està duplicat per un *horse* estret de Keuper), inclinat més de 50° cap al sud.

Relacions tridimensionals entre els mantells del marge sud de la finestra de Rialp

La finestra de Rialp correspon a un aflorament de Triàsic del mantell de Rialp entre les localitats de Rialp i Sort al fons de la vall de la Noguera Pallaresa, que va ser descrit inicialment per Jacob *et al.* (1926). Els materials que s'observen en aquesta zona són els estructuralment més baixos que afloren a la Zona Axial, que Muñoz (1992) va definir com a mantell de Rialp. Aquesta finestra, de 6km de llarg per menys de 500m d'ample, està limitada per un encavalcament de geometria complexa que a la zona d'estudi posa en contacte els sòcols de les làmines d'Erta i l'Orri sobre el Keuper (fig. 4.50).

Per sobre de la finestra de Rialp, l'estructura interna del bloc superior de l'encavalcament de l'Orri està determinada per la terminació oriental de la làmina encavalcant d'Erta. El control de la localització de les estructures encavalcants que exerceix la conca estefano-permiana d'Estac genera un entramat complex de rampes laterals, falles de transferència, entroncaments caudals, frontals i laterals dels encavalcaments de l'Orri i les Nogueres *s.l.*, que posteriorment és deformat per l'emplaçament de la làmina de Rialp. Malgrat aquesta complexitat estructural, a la figura 4.51 es proposa una solució a la geometria prèvia a l'emplaçament del mantell de l'Orri amb l'objectiu d'aportar arguments a la comprensió d'aquesta zona.

La finestra de Rialp: Antecedents

La finestra de Rialp ha estat estudiada per diferents autors que han interpretat aquesta estructura de manera diversa (Jacob *et al.*, 1926; Dalloni, 1930; Schmidt, 1931; Almela i Rios, 1947; Sitter, 1959, 1964; Séguret, 1972; Zwart i Roberti, 1976; Muller i Roger, 1977; Speksnijder, 1986, 1987b; Bates, 1987, 1989; Muñoz, 1988, 1992; Poblet, 1991). Malgrat la divergència en les interpretacions, la tendència majoritària és considerar que el Triàsic que aflora a la finestra es troba estructuralment per sota del Paleozoic de les dues vessants de la vall, ja sigui per encavalcament o per formació de grans plecs ajaguts, amb un posterior desenvolupament de falles que emmascaren la relació original entre el Paleozoic i el Triàsic. Muñoz (1992) considera que la finestra de Rialp està limitada per un encavalcament que descriu un anticlinal obert, amb l'eix orientat E-W, com a conseqüència de la deformació produïda per l'encavalcament de Rialp subjacent.

Un dels trets més destacables d'aquesta finestra és el canvi d'alçada dels seus límits que s'observa entre les dues vessants de la Noguera Pallaresa, amb els afloraments de la part occidental uns 150m més alts que els de la part Oriental (Zwart i Roberti, 1976). Aquesta diferència topogràfica ha estat explicada per la presència d'una falla N-S subvertical, falla de Sort, deduïda a partir de criteris estratigràfics (Poblet, 1991). El mateix autor descriu l'evolució temporal d'aquesta falla en dues etapes d'activitat, la primera durant la fase distensiva estefano-permiana amb un salt d'ordre quilomètric i moviment dextre o enfonsament del bloc oest, i la segona etapa durant l'orogènia alpina posterior a l'encavalcament de l'Orri, amb enfonsament del llavi est. Soriano *et al.* (1996) dedueixen per aquesta estructura un salt superior a 1km, tot i que en opinió meua aquest valor no pot ser tan elevat, ja que no sembla que aquesta falla es propagui cap al sud de la finestra.

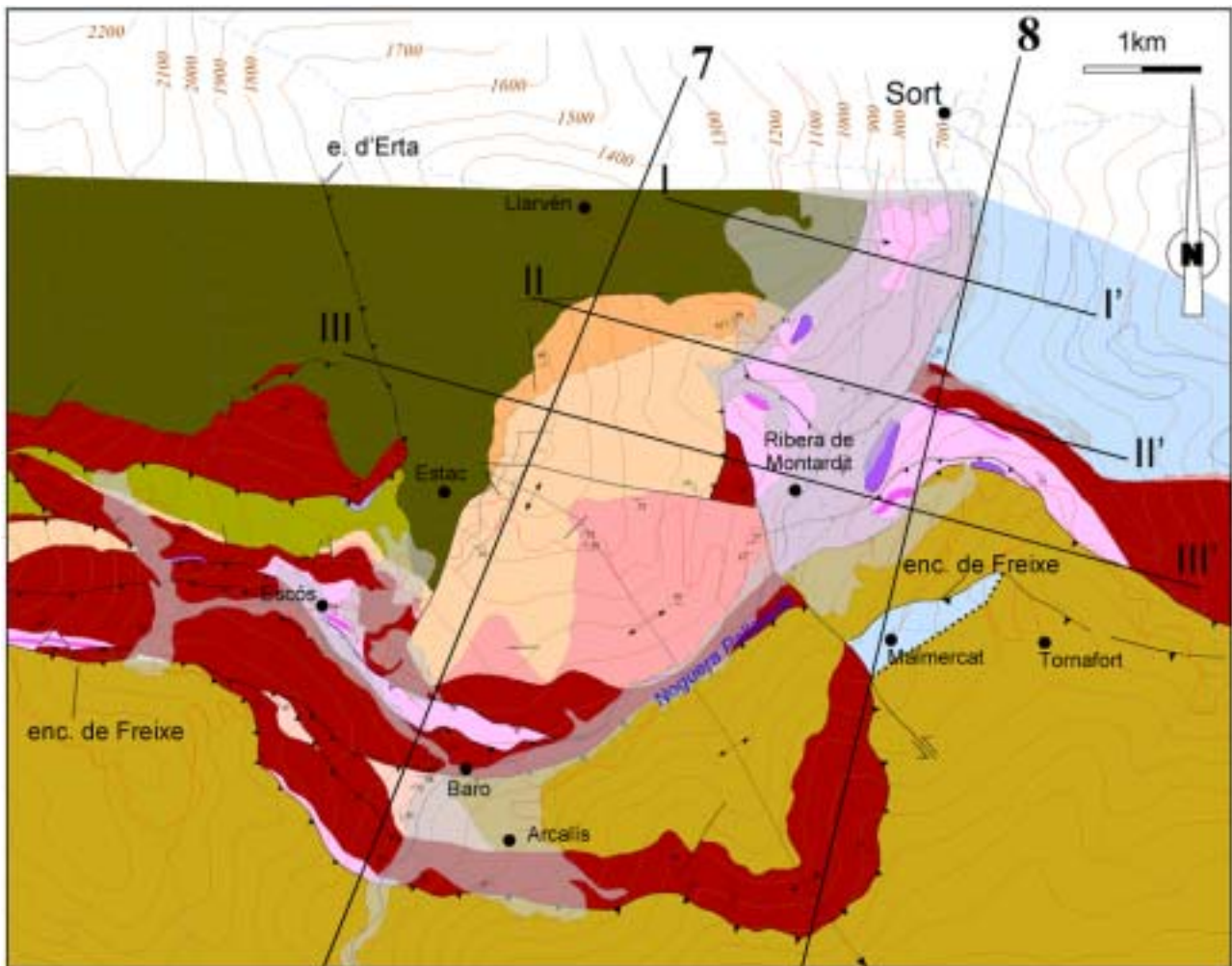


Fig. 4.50.- Mapa geològic del marge sud de la finestra de Rialp i les unitats adjacents (llegenda de colors a la figura 4.41). Per sota dels quaternaris s'ha indicat el traçat que es proposa per a les principals estructures. I-I', II-II' i III-III': talls laterals de la figura 4.52.

La cronologia relativa entre l'encavalcament de l'Orri i els encavalcaments suprajacents configura un altre motiu de divergència entre diferents autors. Mentre Muñoz (1988, 1992) considera que l'encavalcament de l'Orri és una estructura més dins la seqüència piggy-back de l'apilament antiformal de la Zona Axial, Poblet (1991) el descriu com una estructura fora de seqüència, prenent en consideració les relacions de tall entre aquest encavalcament i les repeticions tectòniques que afecten el Triàsic al sector nord de la finestra de Rialp. L'elecció d'una o altra interpretació és una qüestió d'escala, i per tant, ambdues són correctes en certa manera. La formació d'un apilament antiformal requereix 1) que les rampes dels encavalcaments es trobin per sobre de les rampes de les làmines encavalcants que tenen per sota, i 2) l'existència d'un nivell estratigràfic que representi un salt reològic suficient per afavorir la inflexió dels encavalcaments i conseqüent formació de replans, enlloc de permetre la seva propagació en rampa a través de les làmines suprajacents formant encavalcaments fora de seqüència. En els Pirineus, aquest nivell està representat pel Keuper, que com ja s'ha observat en les transversals descrites presenta nombroses repeticions tectòniques. En el cas de la finestra de Rialp, interpreto que l'estructura del Triàsic del bloc inferior descrita per Poblet (1991) correspon a dos *horses* d'ordre menor amb poc salt i entroncament frontal a nivell del Keuper. Aquest petit dúplex és tallat posteriorment per l'encavalcament de Rialp, que forma el replà en el Keuper del horse superior, i es propaga subseqüentment en replà de bloc inferior sobre la unitat de Rialp. L'encavalcament de l'Orri es pot considerar com una estructura en seqüència a escala de l'orogen pirinenc. La discussió que es presenta seguidament sobre l'estructura del marge sud de la finestra de Rialp i les unitats adjacents es fa tenint en compte les observacions presentades fins aquest punt.

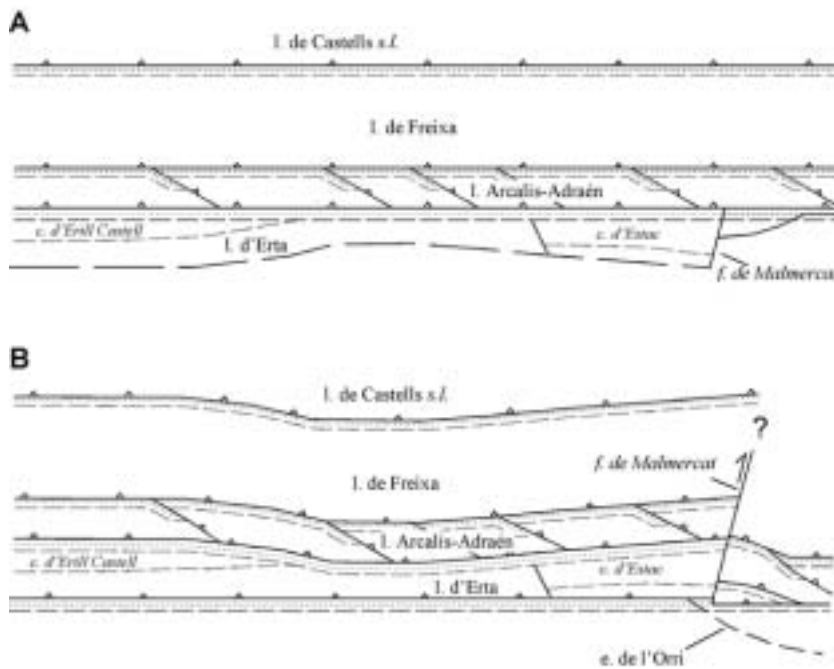


Fig. 4.51.- Talls longitudinals (E-W) esquemàtics que il·lustren de forma sintètica l'estructura del límit oriental de la làmina encavalcant d'Erta abans del seu emplaçament (A) i abans de l'emplaçament del mantell de l'Orri (B). Per tant, la secció A correspon a una transversal més al nord que la secció B. A l'oest de la falla de Malmercat, la transversal B està situada per davant de l'entroncament dels encavalcaments de l'Orri i Erta.

Com ja s'ha introduït en la descripció dels talls 7 i 8 (fig. 4.48), el límit est de la làmina encavalcant d'Erta està relacionat amb la falla de Malmercat que limitava la fossa d'Estac (fig. 4.51 A). La inversió d'aquesta falla està acompanyada de la seva propagació a través de les escates de les Nogueres, produint les relacions de tall que s'observen en l'actualitat (fig. 4.50, 4.51 B). La falla d'Estac, a l'oest de la fossa, també és reactivada per la tectònica alpina tot i que el seu salt és menor. Aquesta solució és vàlida independentment d'on s'arrela l'encavalcament d'Arcalis - España (fig. 4.48 i 4.49), que en tot cas, hauria de ser al nord del límit septentrional de la fossa d'Estac.

El traçat de l'encavalcament de l'Orri que es mostra a la figura 4.51 B correspon al paral·lel de la Ribera de Montardit. Aquest paral·lel, es troba al sud de l'entroncament frontal dels encavalcaments d'Erta i Orri a l'oest de la falla de Malmercat, però a l'est d'aquesta falla l'encavalcament de l'Orri presenta una rampa lateral obliqua (NNW-ESE) que explica l'augment de gruix del mantell que porta per sobre a l'est de la Noguera Pallaresa, i que també és pot correlacionar amb la terminació oriental de la làmina encavalcant d'Erta. En transversals més septentrionals, l'encavalcament de l'Orri manté amb l'encavalcament d'Erta una relació geomètrica que canvia en funció de la transversal.

La interpretació de l'estructura interna del bloc inferior de l'encavalcament de l'Orri en el límit meridional de la finestra de Rialp, es pot plantejar segons dues hipòtesis de partida (fig. 4.52). La primera hipòtesi és considerar que tot el Triàsic que aflora a la finestra pertany al mantell de Rialp (fig. 4.52 A), i la segona és atribuir part dels afloraments triàsics de la finestra al mantell de l'Orri (fig. 4.52 B).

En el primer supòsit, tot el Keuper de la finestra correspon al mantell de Rialp, la diferència de cota de l'encavalcament de l'Orri a est i oest de la Noguera Pallaresa, ha d'estar generada per a un plec anticlinal de amb orientació N-S i/o una falla transversa com la que proposen Poblet (1991) i Soriano et al. (1996) (no representada en el tall esquemàtic I-I'A, fig. 4.52). Aquesta possibilitat es veu reforçada per la identificació

de plects tardans amb eixos N-S afectant el sòcol (Poblet, 1991), i en concret, amb un anticlinal d'eix subparalel a la finestra tectònica, que és tallat per l'encavalcament de l'Orri al nord-oest de Sort. Per altra banda, aquesta hipòtesi planteja el problema de les diferències estratigràfiques entre els sòcols dels mantells d'Erta (Devonià) i l'Orri (Cambro-ordovicià). La solució proposada és ubicar l'encavalcament a nivell del Silurià per sobre de la superfície topogràfica, tenint en compte els materials d'aquesta edat que afloren al nord-oest de la finestra entre Sort i Rialp (Zwart i Roberti, 1976; Losantos *et al.*, 1989), amb una orientació que permet projectar-los a la posició que es mostra al tall I-I'A. En qualsevol cas, aquest encavalcament ha de perdre desplaçament cap a l'est, o disposar-se en replà a nivell del Triàsic del mantell de l'Orri i unir-se lateralment amb l'encavalcament de les Nogueres *s.l.*

Més al sud, l'encavalcament d'Erta puja en la sèrie i es disposa en rampa a nivell del Keuper (tall II-II'A, fig. 4.52). Per sobre del mantell d'Erta s'ha representat l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* en replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein, tot i que és possible que el replà estigui per sobre del Keuper, com ho fa en el mantell de l'Orri, a l'est del mantell d'Erta.

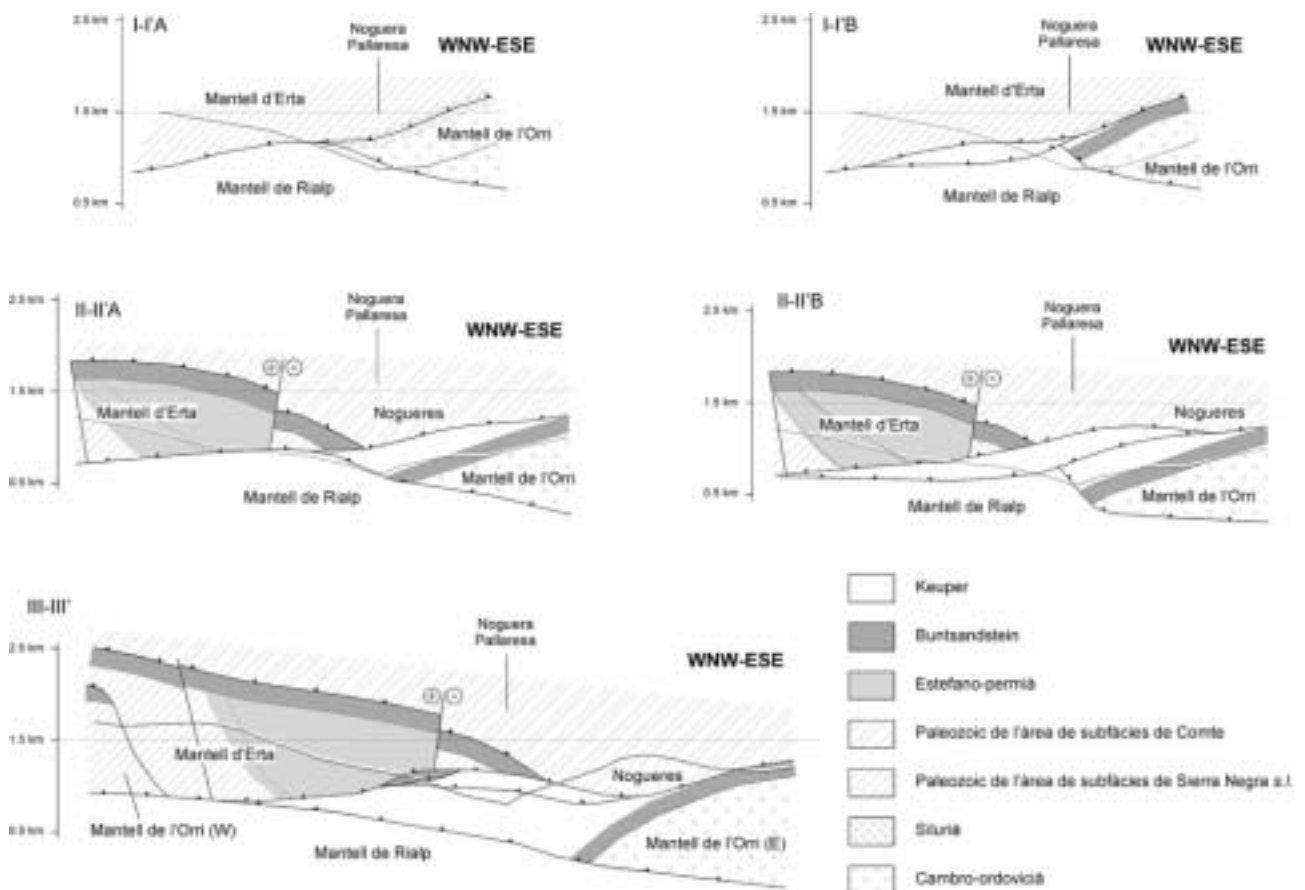


fig. 4.52.- Talls longitudinals de la finestra de Rialp considerant que A) tot el Keuper que aflora a la finestra correspon a la làmina encavalcant de Rialp i B) part del Keuper correspon al mantell de l'Orri. El tall III-III' és compatible amb les dues hipòtesis ja que està més al sud (situació dels talls a la figura 4.50).

La segona hipòtesi, consistent en considerar que el Keuper de la finestra de Rialp pertany al mantell de l'Orri, permet explicar la diferència de cota entre els límits est i oest de la finestra de Rialp com a conseqüència de la repetició tectònica del Keuper del mantell de l'Orri, i a més, implica que les estructures que limiten la finestra a est i oest no són la mateixa, ja que corresponen a l'encavalcament de l'Orri a la vessant oriental i l'encavalcament d'Erta a l'occidental. En aquest cas, la falla de Sort hauria d'aixecar el llavi est, que en la figura he representat com a una rampa lateral, orientada N-S, del mantell de l'Orri. En el tall més septentrional (tall I-I'B, fig. 4.52) l'encavalcament d'Erta es disposa en replà de bloc inferior sobre el Keuper del mantell de l'Orri, i per tant el seu arrelament s'ha de situar més al nord que en la hipòtesi descrita prèviament. Més al sud, la geometria és la mateixa, però es produeix un augment de gruix del Keuper.

El tall III-III' (fig. 4.52) és el més meridional i és el mateix en els dos supòsits, ja que considero que tot el Keuper que aflora al límit sud de la finestra de Rialp correspon al mantell de l'Orri. Per tant, els encavalcaments de l'Orri i d'Erta s'han d'unir lateralment per sota de la superfície topogràfica, a la base de la fossa d'Estac. A l'oest d'aquesta fossa torna a aflorar el mantell de l'Orri (fig. 4.50) per sota de la làmina d'Erta que perd gruix de forma considerable. La relació entre les parts oriental i occidental del mantell de l'Orri és difícil d'establir, donada la presència de la fossa d'Estac entre aquest dos elements, que pot comportar una diferència important del salt del seu encavalcament basal a est i oest de la Noguera Pallaresa. Aquesta relació també es pot observar en un dibuix tridimensional del límit est de la làmina d'Erta (Fig. 4.53), en la que s'observa el descens de l'encavalcament de l'Orri tant cap al sud com cap a l'est.

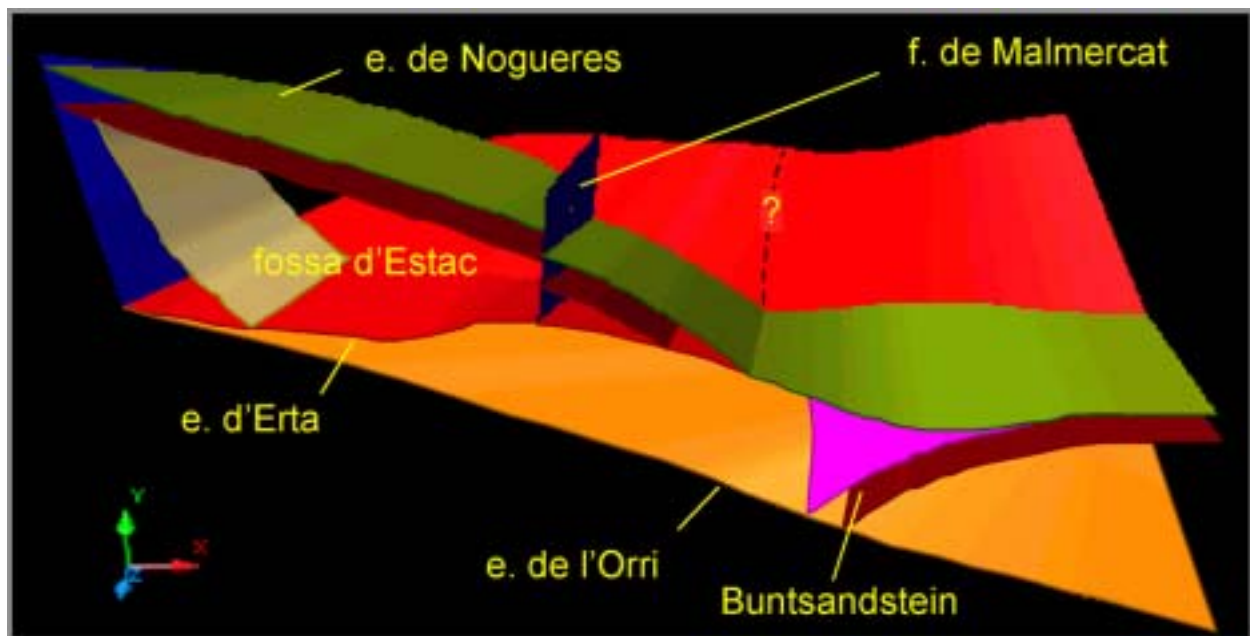


Fig. 4.53.- Reconstrucció tridimensional de l'estructura entorn el límit sud de la finestra de Rialp (Punt de vista al sud). S'observen les unions laterals entre l'encavalcament de l'Orri i l'encavalcament d'Erta, i entre l'encavalcament d'Erta i l'encavalcament d'Arcalís – Españ. En gris la base del reompliment de la conca d'Estac; en blau la falla d'Estac. En marró i rosa la base i el sostre del Buntsandstein, respectivament. Comparar amb la figura 4.52.

La diferència principal entre les dues opcions presentades fa referència a l'arrelament de la làmina d'Erta, amb les implicacions que això pugui tenir a efectes d'escurçament tectònic, i el subseqüent arrelament de l'encavalcament de les Nogueres *s.l.*, que com ja he dit en la descripció dels talls geològics, dependrà en gran part de si es considera que la diferència en les fàcies devonians del seu bloc superior i inferior és conseqüència d'un encavalcament hercinià o únicament de la deformació alpina. Tenint en compte la relació entre les escates del límit sud de la Zona Axial en les altres transversals, considero que la hipòtesi més probable és el descens al sòcol de l'encavalcament d'Erta al sud de Sort (tall I-I'A), donada la terminació oriental de la làmina d'Erta i el replà de bloc inferior que forma l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* a l'est de la Noguera Pallaresa (Fig. 4.53, làmina 1, en annex).

La reconstrucció tridimensional de la figura 4.53 il·lustra les relacions laterals entre les lamines de l'Orri, Erta i les Nogueres *s.l.*, fent evident que la complexitat que hi ha als voltants límit sud de la finestra de Rialp es deu a que es tracta d'una zona on es relleven algunes de les estructures majors de la zona d'estudi.

Tall longitudinal de la làmina encavalcant de Castells s.l. (Tall 9)

Al sud de la vall de la Noguera Pallaresa, la làmina de Castells es caracteritza per la diferència en el nivell estructural amb que aflora a les dues vessants de la vall (fig.4.42C i 4.54). En els afloraments de l'oest s'observa el Buntsandstein i el Keuper completament capgirats (fig. 4.48 i 4.54), mentre que a l'est la cobertora triàsica d'aquesta unitat no aflora fins 5.6km a l'est del tall 8, a les proximitats de la vila de Castells (fig. 4.42 C). Aquesta diferència estructural l'explico per l'existència d'una falla de transferència amb orientació N-S (que anomeno falla d'Useu) associada al retroencavalcament de Morreres (fig. 4.54).

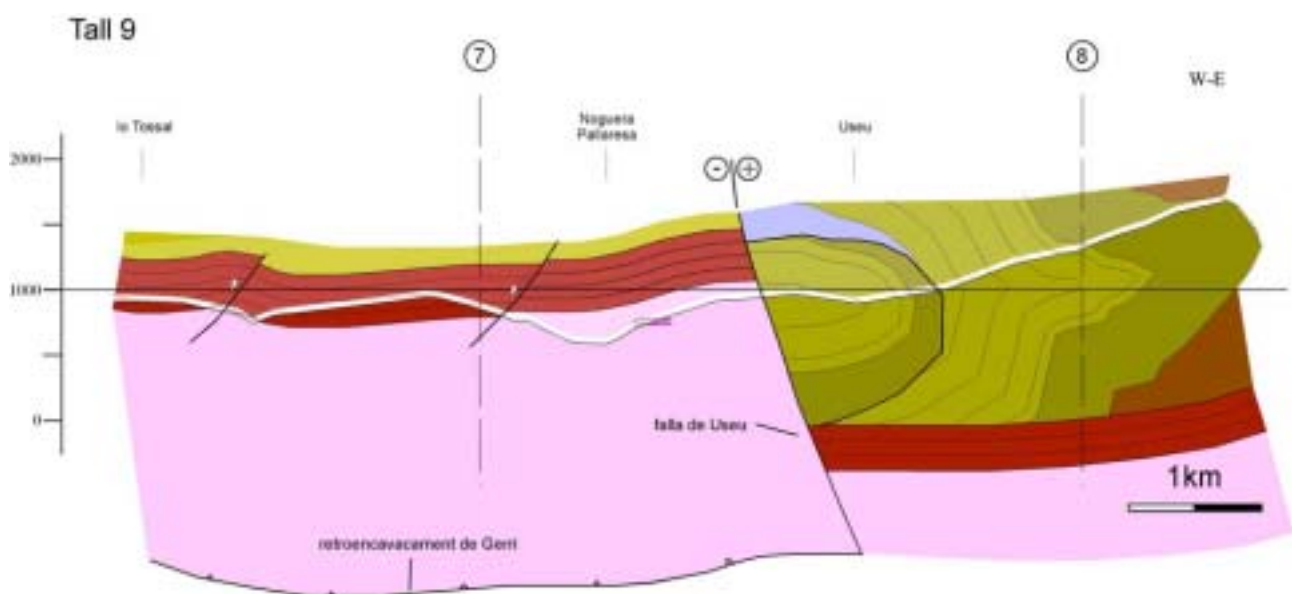


Fig. 4.54.- Tall geològic longitudinal de la làmina de Castells a la zona de Gerri (tall 9, fig. 4.42A). Les línies discontinües indiquen les transversals dels talls de la vessant oest i est de la Noguera Pallaresa. (llegenda de colors a la figura 4.41). L'encavalcament plegat a l'àrea d'Useu és un encavalcament hercinià.

Per tant, la falla d'Useu separa a l'est una zona en la que tot l'escurçament retroencavalcant es produeix al sud de la làmina de Castells al llarg de Morrerres, d'una zona a l'oest en la que l'escurçament vergent al nord es divideix entre els retroencavalcaments de Morrerres al sud i Gerri al nord (fig. 4.48 i 4.54). La distribució de les estructures a est i oest de la falla d'Useu, que posa en contacte el sòcol Devonian amb el Keuper, dóna lloc a una relació aparent de falla normal, però tal com s'indica en la figura correspon a una falla de direcció dextra. L'estructura interna del sòcol de la làmina de Castells, amb repeticions tectòniques hercinianes, és coherent amb el tall transversal 8 (fig. 4.48).

4.2.3 Transversal de Taús (Tall 10)

Aquest tall transcorre entre la Noguera Pallaresa i el port del Cantó, i creua el mantell de l'Orri, les làmines encavalcants de Freixe i Castells *s.l.*, el límit nord del mantell de Bóixols (USC) i la conca terciària de Taús (fig. 4.55, làmina 1, en annex i fig. 4.42A). La restitució d'aquesta secció s'ha efectuat utilitzant l'algoritme FSU del programa 2DMove.

El mantell de l'Orri incorpora en el sòcol la formació cambro-ordoviciana de la Seu, i en la cobertora el Buntsandstein amb una potència pròxima als 500m. Entre aquestes dues formacions aflora una sèrie permiana molt reduïda (60m de potència màxima) que aflora entre Vilamur i Guils del Cantó (veure mapa topogràfic de localització en CD annex).

El clivatge principal hercinià que afecta el sòcol del mantell de l'Orri dibuixa un ampli anticlinal amb immersió cap a l'est (Poblet 1991), similar al que s'observa en la transversal ECORS (Muñoz, 1992), originat per l'emplaçament del mantell subjacent de Rialp, sobre el que es troba en replà de bloc inferior. Per tant extrapolant aquesta geometria a la transversal de Taús, l'encavalcament de l'Orri s'ha dibuixat reproduint el plec i atribuint al mantell de l'Orri un gruix d'aproximadament 2km que permet dibuixar el seu límit meridional en una cota similar a la que s'observa a la finestra de Rialp, i alhora està en consonància amb el gruix de les làmines que té per sobre. Cap al sud l'encavalcament de l'Orri guanya profunditat amb una inclinació paral·lela al Buntsandstein, i la inflexió replà – rampa de bloc superior s'ha situat al pla axial del plec que afecta aquests materials en superfície, considerant que correspon a l'anticlinal de rampa. La diferència de profunditat del *cutoff* del Buntsandstein entre aquesta transversal i la del vessant est de la Noguera Pallaresa estaria originada per la seva situació més meridional, fet que comporta que la línia de contorn del *cutoff* del Buntsandstein és obliqua a la direcció d'escurçament tectònic, suggerint la presència en aquesta zona d'una rampa obliqua, que podria relacionar-se amb la falla de Sort.

Per sota de la superfície topogràfica he projectat els afloraments de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló de la vall del Segre basant-me en què: la rampa obliqua del mantell de l'Orri, proposada en el paràgraf anterior, correspon al límit oriental de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló, fet que indicaria que aquesta estructura correspon a una falla d'edat estefano-permiana, falla de Gramós (fig. 4.55) que la tectònica alpina hauria invertit positivament. Per altra banda, els sediments permians que afloren sota la base del

Tall 10

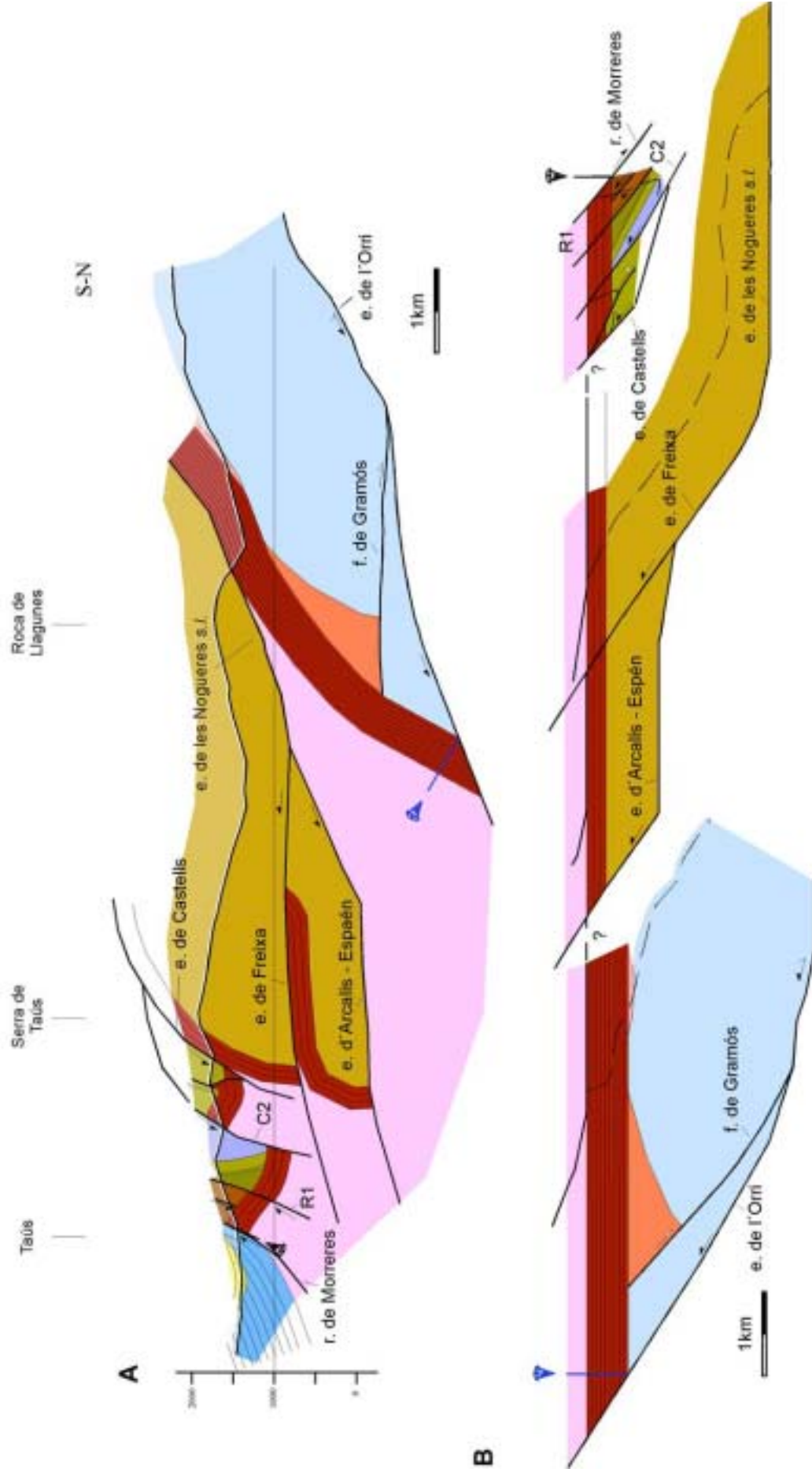


Fig. 4.55.- (pag 170) **A.**- Tall compensat geomètricament de la transversal de Taús. **B.**- Restitució del tall. Les línies discontinües corresponen al traçat de la topografia actual en la restitució. (llegenda de colors a la figura 4.41).

Buntsandstein entre les valls del Segre i la Noguera Pallaresa, indiquen que aquesta zona era tectònicament activa en temps estefano-permians, i per tant, donen més força arguments a l'existència d'una falla en profunditat.

El salt cap al sud de l'encavalcament de l'Orri no es pot calcular ja que no aflora al nord del tall, i els afloraments del *cutoff* de bloc inferior del Buntsandstein de la finestra de Rialp estan separats d'aquesta transversal per la falla de sort, que impedeix projectar-los cap a l'est.

En replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri aflora l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* (fig. 4.56) que a poca profunditat puja en la sèrie triàsica, i més al sud, per sota de la superfície, interpreto que es bifurca en els encavalcaments d'Arcalís – España i Freixe. El sòcol d'aquestes làmines encavalcants està format pel Silurià, el Devonian de l'àrea de subfàcies de Comte i el Carbonífer sintectònic (fàcies "Culm"), que és la formació d'aflorament més extens en aquestes escates (Zwart i Roberti, 1976). Discordant sobre el sòcol, el Buntsandstein està afectat per diverses falles subverticals d'orientació N-S.



Fig. 4.56.- Fotografia de l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* al port del Cantó, en la que s'observa com aquest encavalcament es disposa en replà de bloc inferior a sobre del Buntsandstein del mantell de l'Orri. L'ample de la fotografia a la zona del port del Cantó és d'aproximadament 1km.

Les característiques de les escates d'Arcalís - España i de Freixe (enruncament, *cutoffs*, etc.) ha estat projectada unint els afloraments d'aquests elements en les transversals de la Noguera Pallaresa i Trejuvell (fig. 4.48**B** i 4.57, respectivament). La geometria resultant permet deduir un gruix pròxim als 2km per a la làmina de Freixe, i superior als 600m per a l'escata d'Espana (per sobre l'encavalcament d'Arcalís - España). La cinemàtica d'aquest sistema, que no aflora en aquesta transversal, però sí més a l'est, a la zona compresa

entre Espaén i Trejuvell (veure mapa topogràfic, en CD annex), estaria definida per una primera etapa de funcionament de l'encavalcament de Freixe en continuïtat amb l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* amb un salt de 2200m, seguida d'una segona etapa en la que l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* es propaga en replà formant l'encavalcament d'Arcalís - Espaén, amb un salt mínim de 7500m.

Algunes de les falles que afecten el Permo-triàsic de la làmina de Freixe separen a est i oest blocs que contenen la formació Peranera de blocs que no ho fan. No totes arriben al sostre del Buntsandstein, i no creuen l'encavalcament de Castells (immediatament per sobre). Tenint en compte aquestes observacions, concloc que aquestes falles són estructures actives entre el Permià tardà i el Triàsic inferior, que en algun cas han estat reactivades durant l'etapa compressiva alpina, malgrat que el salt en aquesta fase no és molt elevat (desenes de metres).

Per sobre de la làmina de Freixe hi ha la làmina de Castells *s.l.*, que en aquesta transversal està dividida en dues escates menors que incorporen el Silurià, el Devonià de subfàcies de Comte i el Carbonífer coberts en discordança pel Buntsandstein (veure mapa geològic de la làmina1, en annex). L'escata inferior de Castells es troba en rampa de bloc inferior a sostre del Buntsandstein, tot i que en planta la relació amb la làmina de Freixe és variable com a conseqüència de les falles permo-triàsiques que la afecten (fig. 4.42 **B**). El bloc superior de l'encavalcament de Castells està format per un anticlinal sinforme, amb el flanc nord tallat per una falla, que també atribueixo a l'etapa permo-triàsica, i que no permet l'aflorament de la rampa de bloc superior a nivell del Buntsandstein.

Tal com passa en les transversals descrites anteriorment, l'arrelament de l'encavalcament de Castells tampoc aflora en aquesta transversal. Allà on el sòcol de l'escata inferior de Castells està en contacte amb el sòcol de la làmina de Freixe (1.3km a l'est del tall, fig. 4.42 **B**) les formacions del bloc superior (Devonià inferior) són més antigues que les del bloc inferior (Carbonífer sintectònic), fet que interpreto com a resultat de les falles permo-triàsiques. A la línia de tall, per altra banda, el sòcol que forma el bloc inferior de la falla permo-triàsica presenta la formació Comte directament en contacte sobre el Devonià inferior (fig. 4.42 **B**), situació que no s'observa en cap dels afloraments de la làmina subjacent de Freixe (Zwart i Roberti, 1976). Per tant, la longitud de la làmina de Freixe i el salt de l'encavalcament de Castells dependran d'on se situï el *cutoff* de bloc inferior del Buntsandstein. Per això a la figura 4.55 només s'indica els límits estratigràfics del Buntsandstein. Tenint en compte el que he exposat, el salt mínim cap al sud de l'encavalcament de Castells és de 500m.

L'escata superior de Castells també presenta el Buntsandstein invertit, tot i que un quilòmetre a l'oest de la línia de tall està en posició normal. Aquest canvi d'orientació probablement sigui degut a la disminució de gruix cap a l'oest que experimenta l'escata inferior de Castells (fig. 4.42 **B**), i per tant el grau de rotació de l'escata superior és menor. El sòcol d'aquesta escata està afectat per encavalcaments d'edat herciniana i per falles permo-triàsiques, que en algun cas han estat reactivades com a retroencavalcaments (R1). L'encavalcament basal d'aquesta escata (C2), amb un salt deduït de 800m, està situat a nivell del Silurià i s'uneix lateralment amb l'encavalcament de Castells 3.5km a l'est d'aquest tall, a la zona de la Guàrdia d'Ares (veure mapa topogràfic en CD annex). Per això he dibuixat l'entroncament entre aquestes dues

escates per sobre de la superfície topogràfica. L'estructura del sòcol més meridional a la que es pot arrelar l'encavalcament C2 és una encavalcament que Zwart i Roberti. (1976) cartografiaren a la zona de Sant Quir, a l'oest de Freixe (no representat en el mapa geològic). Aquesta hipòtesi correspon a la situació de l'escata de Castells que es mostra en la restitució del tall d'aquesta transversal (fig. 4.55 **B**), i situa l'entroncament caudal de l'encavalcament de Castells en l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* al nord del límit meridional de la làmina de Freixe en el tall actual, amb un salt mínim pròxim als 2.5km.

El límit sud de la làmina de Castells està definit pel retroencavalcament de Morrerres que la posa en contacte amb el Juràssic i Cretaci inferior de la USC. Les capes de la USC estan inclinades entre 35° i 70°, amb un angle de rampa suau respecte el retroencavalcament.

Al sud del retroencavalcament hi ha un aflorament de conglomerats terciaris discordants sobre el mesozoic. Els conglomerats dibuixen un sinclinal suau. En aquesta conca (que anomeno conca de Taús) s'ha observat una formació basal formada per bretxes de composició carbonàtica, derivades de les formacions de la USC, sobre la que reposa un conglomerat poligènic amb còdols arrodonits amb l'àrea font a la zona de les Nogueres. Els significat tecto-sedimentari d'aquests materials serà discutit en l'apartat 4.3 d'aquest capítol.

El sumatori del salt dels encavalcaments de la zona de les Nogueres en aquesta transversal és de 13km, que juntament amb les altres estructures d'escurçament es tradueix en un desplaçament mínim cap al sud de la *pin-line* caudal (*cutoff* de la base del Buntsandstein en el retroencavalcament de Morrerres) lleugerament superior als 20km, mesurats en relació al *cutoff* del Buntsandstein en l'encavalcament de l'Orri (fig. 4.55).

4.2.4 Transversal de Trejuvell (Tall 11)

Aquest tall transcorre 7.5km a l'oest del riu Segre, entre aquest riu i el port del Cantó, i creua les mateixes unitats tectòniques que l'anterior (fig. 4.57). La restitució d'aquesta secció s'ha efectuat utilitzant l'algorisme FSU del programa 2DMove.

L'estructura interna i els materials inclosos en el mantell de l'Orri són molt similars als de la transversal de Taús mostrant evidències de plegament alpí (Poblet, 1991), que també interpreto com a resultat de la deformació generada per l'emplaçament del Mantell de Rialp.

Els sediments de la formació Peranera, discordants sobre el Cambro-ordovicià augmenten de potència respecte als afloraments de l'oest del port del Cantó (150m) i estan en continuïtat estratigràfica amb la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló, de la que estan separats per una falla normal inclinada cap al nord-oest. Aquesta és una falla tardana, amb un salt superior als 100m, que creua l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* i que pot atribuir-se a l'etapa extensiva neògena que afecta aquesta part dels Pirineus.

El límit oest en superfície de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló (làmina 1, en annex) està definit per una falla d'orientació aproximada E-W que separa el Cambro-ordovicià al nord, de la formació Erill Castell al sud. Aquesta falla està fossilitzada per la formació Peranera, que augmenta la seva potència cap a l'est i en profunditat. Més a l'est (3km) apareixen els primers afloraments de la formació Malpàs de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló, que són discordants sobre la formació Erill Castell i més a l'est (4.3km)

Tall 11

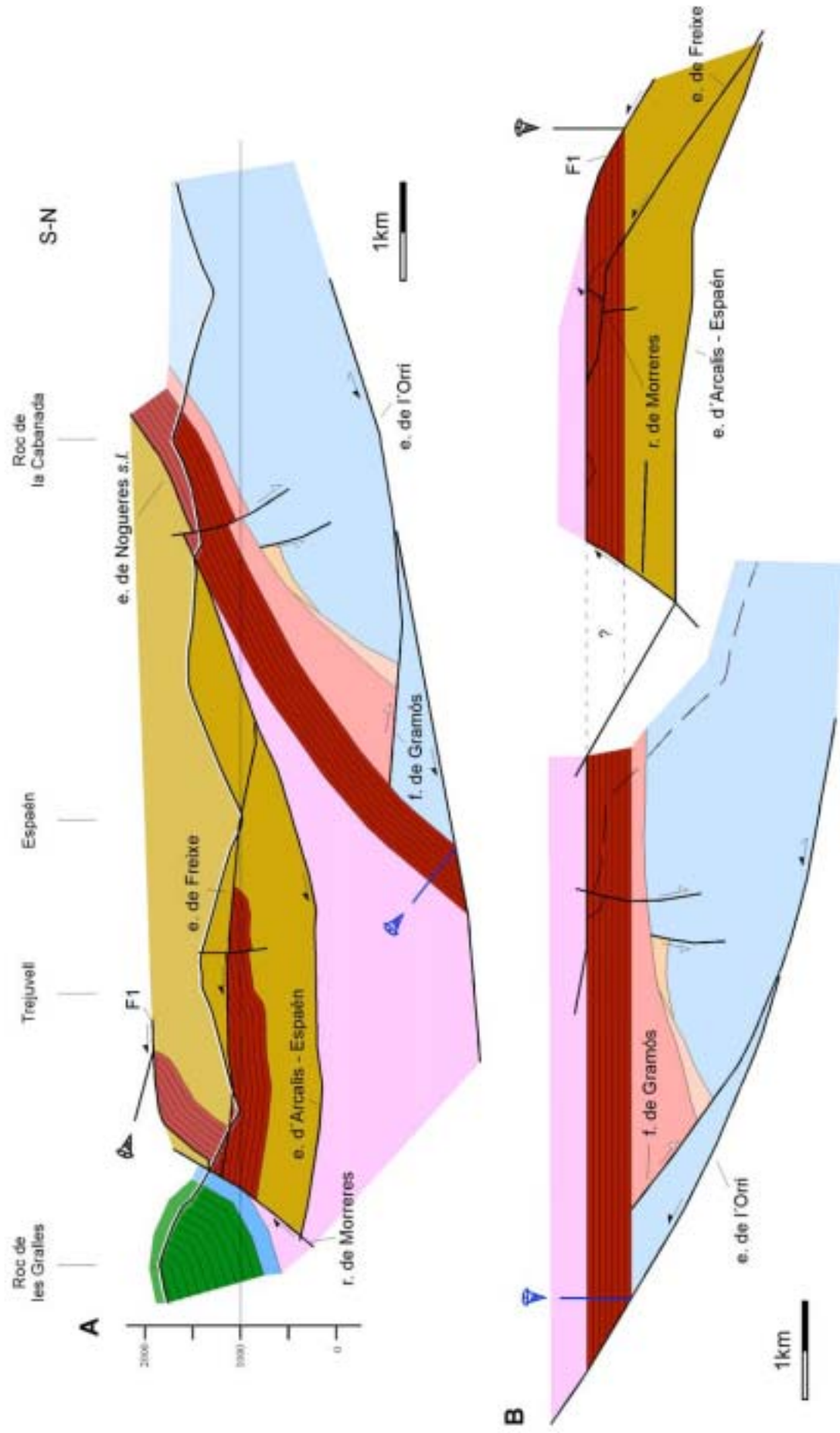


Fig. 4.57.- (pàg. 174) **A**.- Tall compensat geomètricament de la transversal de Trejuvell. **B**.- Restitució del tall. Les línies discontinües corresponen al traçat de la topografia actual en la restitució. (llegenda de colors a la figura 4.41).

sobre el sòcol. Aquestes relacions geomètriques, que també estan associades a un descens topogràfic superior als 800m, han estat projectades per sota de la superfície topogràfica actual en el tall (fig. 4.57 A). El límit sud de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló l'he representat mitjançant una falla normal inclinada cap al nord (falla de Gramós), que no considero que hagi estat invertida per la tectònica alpina en el seu tram superior, sinó que l'encavalcament de l'Orri forma un *short cut* de bloc inferior (fig. 4.57). La deducció d'aquest fet la discutiré en la descripció dels talls del sector oriental.

En replà de bloc inferior a sostre del Buntsandstein del mantell de l'Orri aflora l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* que defineix la base de la làmina de Freixe. Aproximadament 150m per sota de la topografia aquest encavalcament puja en la sèrie triàsica i forma una rampa sobre el Keuper del mantell de l'Orri. Tal com s'observa a les proximitats de Trejuvell (veure mapa geològic de la làmina 1, en annex) l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* es bifurca en dues branques: la superior la correlaciono amb l'encavalcament de Freixe i la inferior amb l'encavalcament d'Arcalís - España (Fig. 4.57 i 4.58).

Les làmines d'Arcalís - España i de Freixe estan formades en el sòcol pel Silurià, el Devonià de l'àrea de subfàcies de Comte i el Carbonífer sintectònic, que es troba en discordança angular sobre les formacions subjacents. Per sobre del sòcol aflora el Buntsandstein amb una potència aproximada de 400m.

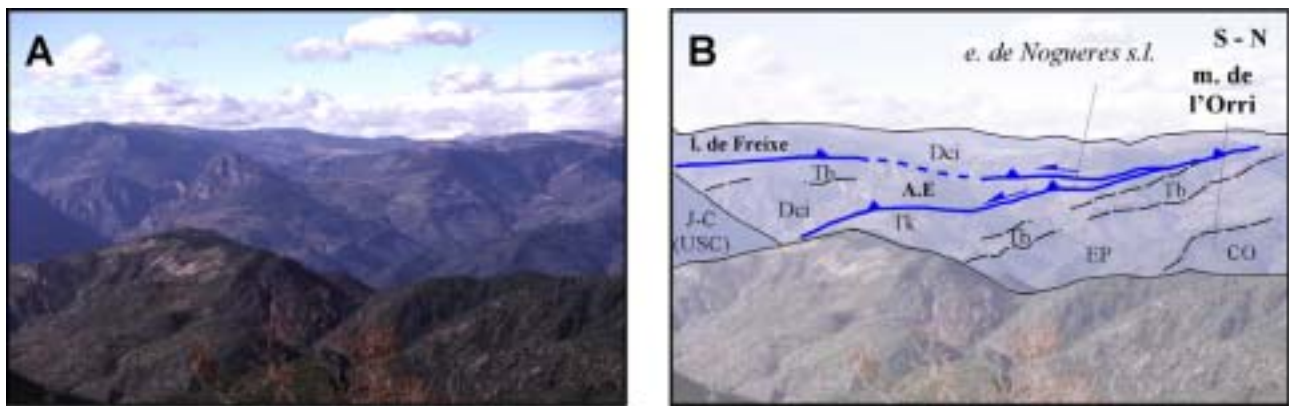


Fig. 4.58.- Visió panoràmica de la transversal de Trejuvell (A) i representació de les principals estructures (B). S'observa l'entroncament caudal entre els encavalcaments de Freixe i d'Arcalís - España. Aquesta figura també permet apreciar el canvi estructural que es produeix entre els sectors central i occidental (que es veu a les figures 4.7, 4.12, 4.16, 4.22 i 4.26 i 4.34), amb làmines de dimensions superiors al sector central, fet que es tradueix en una cota mitja superior en aquest sector respecte a l'occidental. CO.- Cambro-ordovicià; Dci.- Paleozoic indiferenciat de l'àrea de subfàcies de Comte; EP.- Estefano-permià; Tb.- Buntsandstein; Tk.- Keuper + Muschelkalk; J-C.- Juràssic i Cretaci inferior indiferenciats. A.E.- làmina d'Arcalís - España.

L'encavalcament d'Arcalís - España s'horitzontalitza a poca profunditat formant un replà de bloc superior respecte al Buntsandstein, 550m per sota de la seva base. El límit sud d'aquesta escata està definit pel retroencavalcament de Morreres. Aquesta estructura no permet l'aflorament de la rampa de bloc superior de l'encavalcament d'Arcalís - España. En la restitució he situat la inflexió replà - rampa just al *cutoff* en el retroencavalcament de Morreres (Fig. 4.57 B), possibilitat que correspon al menor escurçament, i implica un

salt com a mínim de 9.3km (contant el salt de l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* al nord de l'entroncament amb l'encavalcament d'Arcalís - España).

L'encavalcament de Freixe aflora en rampa de bloc inferior sobre el Buntsandstein de la làmina d'Arcalís - España al sud d'España. En creuar el Buntsandstein forma una rampa de baix angle d'aproximadament 1.2km de llarg, al sud del qual torna a pujar en la sèrie fins a disposar-se en replà a sostre d'aquesta formació. Aquesta disposició es manté fins que és tallat pel retroencavalcament de Morrerres al sud de la vall del riu de Guàrdia. El salt cap al sud d'aquest encavalcament és de 2.5km.

A l'est de la Guardia d'Ares el Buntsandstein de la làmina de Freixe està tallat per un encavalcament (F1, fig. 4.57) que presenta en el seu bloc superior una sèrie paleozoica des del Silurià fins al Carbonífer inferior, i el Buntsandstein. L'encavalcament F1 baixa en la sèrie paleozoica en el sentit de transport tectònic, està fortament inclinat cap a l'oest, i es probable que s'entronqui en l'encavalcament de Freixe a la zona del roc de les Esplugues (veure mapa topogràfic en CD annex), tenint en compte els afloraments de Paleozoic d'aquesta zona (Zwart i Roberti, 1976), i per tant representi una rampa lateral de l'encavalcament basal de la làmina de Freixe, relacionada amb la terminació oriental d'aquesta làmina. El retroencavalcament de Morrerres també talla aquesta escata, impeding l'aflorament del cutoff del Buntsandstein.

El bloc superior del retroencavalcament de Morrerres, que està inclinat més de 50° cap al sud, presenta en aquesta zona el Juràssic i el Cretaci superior, que en superfície són subparalels al retroencavalcament.

El sumatori del salt dels encavalcaments de la zona de les Nogueres en aquesta transversal és de 13.25km, que juntament amb les altres estructures d'escurçament es tradueix en un desplaçament mínim cap al sud de la *pin-line* al *cutoff* de la base del Buntsandstein en F1 lleugerament superior als 14km, mesurats en relació al *cutoff* del Buntsandstein en l'encavalcament de l'Orri (fig. 4.57).

4.2.5 Relació entre les làmines encavalcants de les Nogueres i el mantell de l'Orri

La descripció presentada fins aquest moment de l'estructura del sector central de la zona d'estudi mostra la necessitat de revisar la divisió entre Nogueres inferiors i superiors proposada per Muñoz (1992; veure descripció al capítol 1). Segons aquest autor l'encavalcament d'Erta és l'encavalcament basal de les Nogueres (inferiors), i inclou l'escata d'Erta en el dúplex d'Ancs. Entre la Noguera Pallaresa i el Flamicell, l'escata d'Erta té molt poc desplaçament relatiu al mantell de l'Orri. L'encavalcament que es troba immediatament per sobre de la làmina d'Erta, que anomeno encavalcament d'Escós, es troba sempre en replà sobre el Triàsic (Buntsandstein o Keuper en funció de la transversal), i desarrelat (fig. 4.50). El traçat de l'encavalcament d'Escós i la seva relació amb la làmina subjacent, em porten a considerar que aquest encavalcament té major importància i correspon a la continuació cap a l'oest de l'encavalcament d'Arcalís - España³. A l'oest de la Pallaresa, aquesta estructura i l'encavalcament de Freixa estan diferenciades cartogràficament, però a l'est de la vall s'uneixen caudalment en l'encavalcament basal del sistema (que

³ De fet, és també la continuació de l'encavalcament que he anomenat de les Iglésies al sector occidental de la zona d'estudi.

degut a això anomeno encavalcament de les Nogueres *s.l.*), el qual es disposa en replà sobre el Triàsic del mantell de l'Orri a l'àrea del Port del Cantó.

Per tant, al sector central de la zona d'estudi hi diferencio dos grups estructurals que no es corresponen exactament amb els de Muñoz (1992): 1) El mantell de l'Orri i la làmina encavalcant d'Erta a la part baixa, i 2) les làmines de les Nogueres a la part alta, dividides en tres làmines encavalcants principals (dúplex d'Arcalís – Espaén, mantell de Freixe i mantell de Castells). Aquesta distinció també es consistent amb la composició del sòcol, que en el grup inferior correspon a la subfàcies Sierra Negra *s.l.* i en el superior a la subfàcies Comte. Les escates del dúplex d'Arcalís – Espaén a l'est de la Noguera Pallaresa contenen els termes distintius de la subfàcies Comte, i això permet assumir que les seves equivalents a l'oest de la vall també són d'aquesta subfàcies, malgrat que només contenen els termes inferiors de la sèrie (formacions Rueda i Baciver), comuns a les dues subfàcies. Un altre criteri per agrupar les làmines d'Arcalís, Freixe i Castells és la seva estructura herciniana, molt similar en els tres casos (caracteritzada per encavalcaments de baix angle).

Les fosses estefano-permianes, en canvi, no configuren un element de diferenciació entre les làmines de les Nogueres i la làmina d'Erta, ja que es troben tant a unes com a l'altra, o el que és el mateix, serien discordants sobre les dues àrees de subfàcies devonianes (fig. 4.50). Per tant, la restitució de les estructures alpines als temps estefano-permians defineix una distribució paleogeogràfica en la que la conca d'Erill Castell – Estac estava al sud d'un conjunt de fosses menors, associades a falles normals que posteriorment van ser invertides pels encavalcaments d'Erta i d'Arcalís - Espaén, respectivament.

Un cop establerta la relació entre les làmines de les Nogueres i les làmines encavalcants subjacents, el següent pas és situar l'arrelament d'aquestes estructures. L'anàlisi estructural del sector central aporta nous arguments a l'arrelament de l'encavalcament d'Erta en l'encavalcament de Sallente, discutit en el sector oriental.

Les dues opcions proposades per l'arrelament de l'encavalcament d'Erta en l'estudi de la finestra de Rialp (fig. 4.52) mostren que la relació entre aquesta làmina i el mantell de l'Orri està condicionada per la fossa d'Estac, que a més representa la terminació oriental de la làmina d'Erta. A l'oest d'aquesta fossa el gruix de la làmina d'Erta disminueix fins que a al vall del Flamicell torna a augmentar de gruix significativament, allà on apareix la fossa d'Erill Castell. El seu encavalcament basal es pot seguir cap al nord per sobre de les pissarres de Civis del mantell de l'Orri a la vall del Flamicell (Poblet, 1991), tot i que la continuació cap al nord d'aquesta estructura, avui erosionada, estaria tallada per una falla subvertical tardana (falla d'Espui; fig.4.1). Segons aquest autor, al nord del seu arrelament, l'encavalcament d'Erta té la seva continuació en profunditat en l'encavalcament de Sallente (actualment separats per falles normals tardanes). A l'est de la fossa d'Estac l'encavalcament d'Erta defineix el límit oest de la finestra de Rialp, i puja lateralment en la sèrie disposant-se en replà sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri (fig 4.53). Independentment d'on formi la rampa de cobertora aquest encavalcament, la litologia del sòcol dels seus blocs superior i inferior presenta una relació aparentment sostractiva, ja que superposa en superfície el Devonianà al Cambro-ordovicianà. La solució proposada a aquest problema és situar la rampa lateral de l'encavalcament d'Erta a nivell de sòcol

en el Silurià, per sobre de la topografia actual (fig. 4.53). Per la seva banda, l'encavalcament de l'Orri s'entronca lateralment en l'encavalcament d'Erta a l'est de la Noguera Pallaresa per sota de la superfície topogràfica. Aquesta relació és molt similar a la deduïda per Poblet (1991) entre els encavalcaments de Sallente i Llavorsí – Senet (fig. 4.1). Segons aquest autor, l'encavalcament de Sallente forma un replà entre el Cambro-orodovicià i el Silurià a l'oest de la vall del Montsent de Pallars (vall del Flamicell, veure mapa topogràfic en CD annex), i a l'est d'aquest cim descendeix en la sèrie, per sota del Cambro-orodovicià del dom de l'Orri, a sostre del qual se situa l'encavalcament de Llavorsí – Senet, que té el Silurià del sinclinal de Llavorsí (Zwart, 1979; Zandvliet, 1960) en el seu bloc superior (fig. 4.1).

L'encavalcament que limita meridionalment el sinclinal de Llavorsí va ser definit per Séguret (1972) com l'estructura d'arrelament de la zona de les Nogueres, però posteriorment Casas i Poblet (1989) i Poblet (1991) mostren l'edat principalment Herciniana d'aquest encavalcament, i la subseqüent inversió com a falla normal amb un salt de 700m (per una descripció extensa d'aquesta estructura veure Poblet, 1991). A més, les formacions devonianes que es troben a l'interior del sinclinal de Llavorsí corresponen a l'àrea de subfàcies de Sierra Negra, i per tant, no es corresponen amb les formacions del sòcol de les escates de les Nogueres.

La similitud que presenten els sistemes Erta – Orri i Sallente - Llavorsí, suggereix que poden correspondre a nivells estructurals diferents del mateix element. Aquesta hipòtesi, però, obliga tenir presents les següents consideracions:

- a) El salt normal de l'encavalcament de Llavorsí - Senet calculat per Poblet (1991) és d'un ordre de magnitud correlacionable amb el de les fosses d'Erill Castell i d'Estac, i per tant és probable que l'etapa distensiva estefano-permiana invertís aquest encavalcament. La posterior re-inversió d'aquesta falla per part de la tectònica alpina no ha estat documentada per cap autor, però Poblet (1991) descriu la reactivació alpina d'alguns dels encavalcament hercinians que apareixen a l'interior del sinclinal de Llavorsí. Per tant, l'arrelament de l'encavalcament d'Erta a l'est del Montsent de Pallars s'ha de situar a l'interior del sinclinal de Llavorsí. L'arrelament de l'encavalcament d'Erta en l'encavalcament de Sallente a l'oest del Montsent de Pallars continua essent vàlid.
- b) La relació lateral entre la làmina d'Erta i el mantell de l'Orri proposada a la figura 4.52 I-I'A podria projectar-se al NW de la finestra de Rialp, per sobre del Cambro-orodovicià del mantell de l'Orri al llarg dels afloraments de Silurià d'aquesta zona fins a la falla d'Espui (un encavalcament amb aquestes característiques ja fou cartografiat per Poblet, 1991).
- c) El condicionament de la localització de les estructures alpines exercit per les fosses estefano-permianes implicaria canvis laterals en el gruix de les làmines d'Erta i l'Orri, definits per rampes laterals. D'aquesta forma la làmina encavalcant d'Erta tindria el seu gruix màxim per sota de les fosses d'Erill Castell i d'Estac. En canvi, el gruix del mantell de l'Orri variaria de forma inversa: aquest mantell augmenta de gruix a l'est de la Noguera Pallaresa i en canvi, presenta el seu gruix mínim per sota de la fossa d'Estac. Els encavalcaments d'Orri i Erta convergrien lateralment allà on apareixen fosses estefano-permianes, i se separarien allà on no són presents. Tot i així, no hi ha cap element que permeti determinar-ho amb certesa. En qualsevol cas, el traçat de l'encavalcament d'Orri fora de la finestra de Rialp estaria sempre per sota de la superfície topogràfica.

La discussió presentada fins aquest punt sobre l'arrelament de les làmines d'Erta i l'Orri, i la redefinició proposada per a la divisió de les làmines encavalcants del marge sud de la Zona Axial *s.l.* deixa encara sense resoldre l'arrelament dels encavalcaments d'Escós i d'Arcalís - España.

4.2.6 Reconstrucció tridimensional de les làmines de les Nogueres

Les làmines encavalcants d'Arcalís - Espaén, Freixe i Castells defineixen l'estructura de la zona de les Nogueres en el sector central (fig. 4.59 A i E). A l'oest de la Noguera Pallaresa els encavalcaments d'Escós i Freixe estan separats i s'entronquen frontalment en profunditat (fig. 4.43 i 4. 48 A). En canvi, a l'est de la Noguera Pallaresa l'entroncament caudal dels encavalcaments d'Arcalís - Espaén i Freixe es troba per sota la superfície topogràfica, i per tant, els afloraments en superfície de l'encavalcament basal corresponen al de les Nogueres *s.l.*, que reposa en replà de bloc inferior sobre el Buntsandstein del mantell de l'Orri.

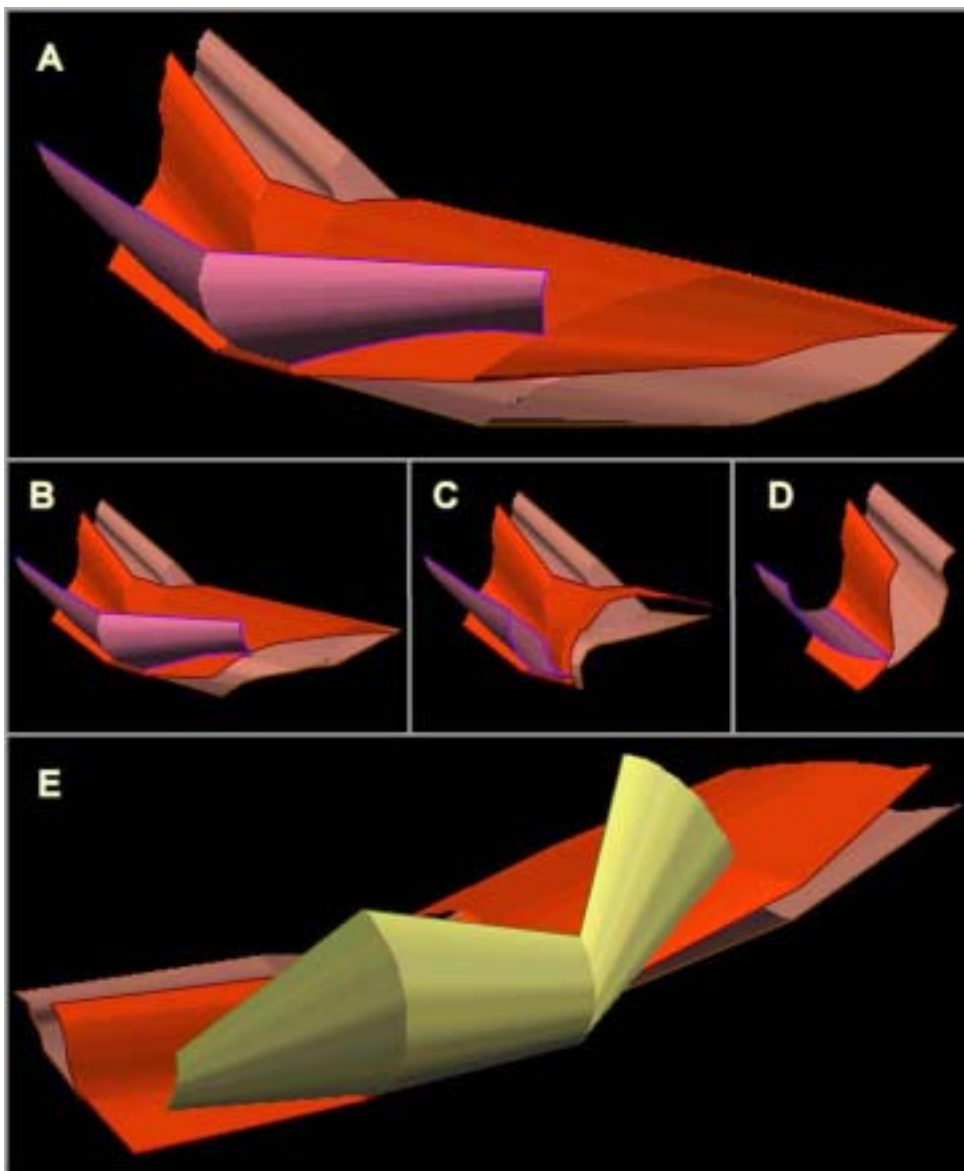


Fig. 4.59.- Reconstrucció 3D dels encavalcaments interns de la zona de les Nogueres en el sector central. A.- Visió 3D dels encavalcaments d'Arcalís - Espaén i Escós (marró clar) i Freixe (vermell) al sud del seu entroncament caudal i de la falla de Malmercat, des d'un punt de vista al SE. La superfície de color morat correspon a la base del Triàsic de la làmina de Freixe. (l'estructura interna de la làmina d'Arcalís - Espaén no ha estat reproduïda) B, C i D.- Talls successius de la figura A segons un pla vertical orientat NE-SW, C correspon a la vall de la Noguera Pallaresa. E.- Visió dels encavalcaments d'Arcalís - Espaén, Freixe i Castells *s.l.* (groc) des d'un punt de vista al SW.

El control que exerceix la fossa d'Estac en la disposició de l'estructura interna de la làmina de les Nogueres *s.l.* es reflecteix en la figura 4.59 A - D. A l'est, on aquesta làmina es troba directament sobre el mantell de l'Orri, el seu encavalcament basal (Nogueres *s.l.*) està subhoritzontal o lleugerament inclinat cap al sud (fig 4.59 A i B). En canvi, a la part central d'aquest sector (fig. 4.59 C), on apareix la làmina d'Erta,

les escates de les Nogueres estan sota la influència d'aquesta, i l'encavalcament basal reproduïx l'anticlinal de rampa de la làmina d'Erta (fig. 4.48 **B**). En aquesta transversal, l'entroncament caudal entre els encavalcaments d'Arcalís – España i Freixa ja estaria per sobre de la superfície topogràfica, en el flanc nord de l'anticlinal descrit. A l'est de la Noguera Pallaresa (fig. 4.59 **D**), l'aflorament de l'encavalcament d'Escós està situat al flanc davanter de l'esmentat anticlinal de rampa, fortament redreçat. Aquests canvis laterals de posició també s'observen en l'encavalcament de Castells (fig. 4.59 **E**), que es disposa subvertical a la transversal de Taús (fig. 4.55) i es troba cada vegada més invertit en desplaçar-nos cap a l'oest. En síntesi, els canvis en l'orientació de les estructures que es produeix a est i oest de la Noguera Pallaresa és el reflex de la terminació oriental en aquesta vall de la làmina encavalcant d'Erta, que genera una major rotació de les estructures que es troben per sobre seu.

La figura 4.59 també il·lustra la relació entre les làmines de les Nogueres, mostrant que les làmines més altes estan més capgirades que les que hi ha per sota, i indicant que la seqüència d'emplaçament és de bloc inferior. Per tant, la successió de la deformació en el sector central s'inicia amb l'emplaçament de la làmina de Castells, i segueix amb l'emplaçament de la làmina de Freixa i finalment el dúplex d'Arcalís – España. Tant a l'est com a l'oest de la Noguera Pallaresa, l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* es forma en continuïtat amb l'encavalcament de Freixa, i posteriorment es ramifica en profunditat, formant l'encavalcament d'Arcalís – España, amb el que defineix l'encavalcament basal de la làmina encavalcant de les Nogueres *s.l.*

4.3 SECTOR ORIENTAL: EL MONTSEC DE TOST

En aquest sector la zona de les Nogueres està caracteritzada per la làmina encavalcant del **Montsec de Tost** (Solé Sugrañes i Santanach, 1970; Seguret, 1972), que és l'escata més oriental de la zona de les Nogueres i es troba completament aïllada de la resta de làmines de les Nogueres pel baix topogràfic que representa la vall del Segre (fig. 4.60). L'aïllament geogràfic d'aquesta làmina configura un *klippe* tectònic que manté relacions complexes amb les estructures adjacents.

L'encavalcament basal del Montsec de Tost aflora desarrelat en el seu marge nord, on reposa sobre el Keuper del mantell de l'Orri, intensament imbricat (Flinch, 1990). Aquest mantell presenta en el sòcol el Cambro-ordovicià per sobre del qual aflora una potent seqüència estefano-permiana (anomenada conca de Gramós - Prats d'Aguiló), sobre la que reposa en discordança angular el Buntsandstein. Al contrari del que passa a la resta de la zona de les Nogueres, sempre que aflora el sostre del Buntsandstein del mantell de l'Orri, el Muschelkalk hi reposa en contacte estratigràfic concordant. Al vessant nord del riu de Tost, per sobre del Keuper, afloren dos *klippes* de dimensions molt menors (fig. 4.60). Aquests *klippes* (*klippes* de la Bastida) els interpreto com a part de la làmina del Montsec de Tost, aïllades per l'encaixament del riu de Tost.

Més al sud l'encavalcament del Montsec de Tost es troba lleugerament inclinat cap a l'avantpaís, i es disposa subhoritzontal en profunditat fins que és tallat pel retroencavalcament de Morrerres i la falla de Colldarnat (fig. 4.60) que separen la zona de les Nogueres de la USC.

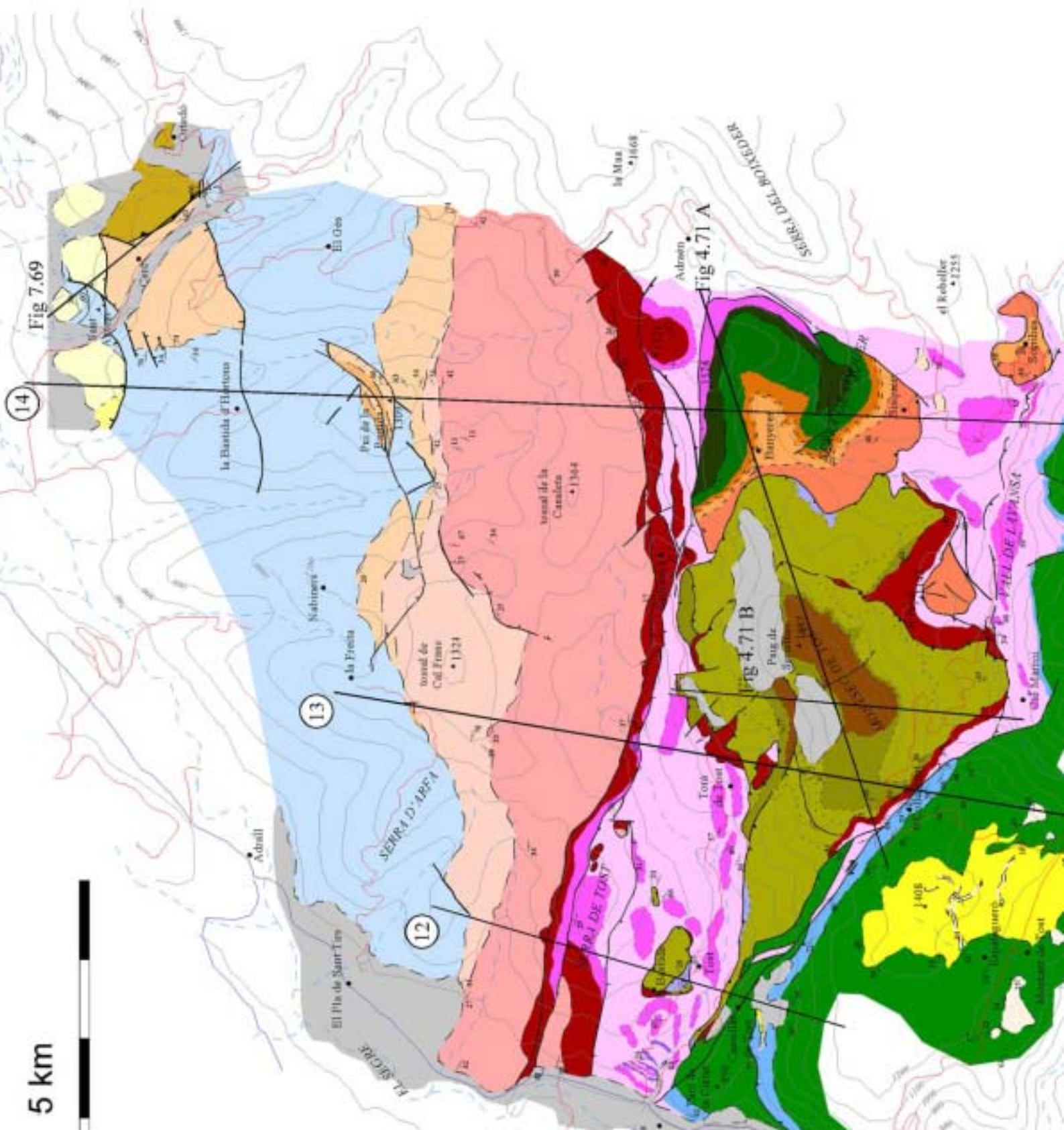
En el marge oriental de la làmina encavalcant del Montsec de Tost, el seu encavalcament basal està inclinat cap a l'oest, i el superposa a l'escata de Banyeres, que representa el límit occidental del mantell del Cadí (fig.4.60).

L'escata del Montsec de Tost inclou el Silurià, el Devonià de l'àrea de subfàcies del Comte (Formacions de Rueda, Bacibé, Villec i Comte (A, B i C, no diferenciats en la cartografia)), i Triàsic en fàcies Buntsandstein i Keuper. No s'ha observat en cap punt afloraments de materials de l'àrea de subfàcies de Sierra Negra ni pertanyents a les sèries estefano-permianes.

Internament, la unitat del Montsec de Tost presenta una estructura complexa. El sòcol paleozoic, tot i que no s'ha estudiat en detall en aquest treball, presenta diverses repeticions pre-triàsiques que involucren tots els materials, des de les pissarres silurianes fins als carbonats de la formació Comte. La vergència d'aquestes estructures no és clara, ja que la deformació alpina ha generat en alguns punts rotacions per sobre dels 180° i noves repeticions, i les relacions de tall no sempre semblen indicar desplaçaments inversos. Tot i així, aquesta complexitat no deixa de ser típica de la tectònica polifàsica herciniana, que com ja s'ha indicat, s'escapa dels objectius d'aquest estudi estructural.

Una altra característica d'aquest sector és la proliferació d'estructures associades a l'etapa distensiva neògena. Aquestes estructures es localitzen principalment en el mantell de l'Orri, que en el límit nord de la zona estudiada constitueix el sòcol de la fossa de la Seu. Aquesta depressió permet l'aflorament de nivells

- fm. Pedra (Miocè sup.)
- Conglomerats amb còdols carbonats
- Conglomerats poligènics de Montant
- Bretxes basals de Montant (Eocè s.)
- fm. Cadi (Eocè)
- Garamnià 3 (Eocè)
- Garamnià 2 (Paleocè)
- Garamnià 1 (Cretaci sup.)
- fm. Bona (Cretaci sup.)
- fm. Adraén (Cretaci sup.)
- fm. Prada (Cretaci inf.)
- Juràssic
- coscos ofítics (Triàssic sup.)
- facies Keuper (Triàssic mig- sup.)
- facies Muschelkalk (Triàssic mig)
- facies Buntsandstein (Triàssic inf.)
- fm. Peranera (Permian)
- fm. Malpàs (Estefano - Permian)
- fm. Erill Castell (Estefano - Permian)
- fm. Guiró (Estefano - Permian)
- Devonianà indiferenciat, àrea de sub
- fm. Comte ind. (Devonianà)
- fm. Villec (Devonianà)
- fm. Rueda i Baciver (Devonianà)
- Silurià
- Cambro - Ordovicicà



C

- Fossa de Cerc
(fossa de la Seu)
- Mantell d'Orri
- Conca de Gramós - Prats
- f. de Colldarnat
- I. del MT
- FP
- LB
- Conglomerats de Montant

Fig. 4.60.- (pàg. 181bis) **A.**- Mapa geològic de la zona de les Nogueres a l'est del Segre. **B.**- Llegendes de colors dels mapes i talls d'aquest apartat. **C.**- Mapa de les principals unitats estructurals a l'est del Segre. MT.- Montsec de Tost; LB.- *klippes* de la Bastida; LR.- làmina de Raubet; FP.- finestra de Pujals; FS.- finestra de Sorribes; eSC.- encavalcament de Serra Cavallera.

estructurals erosionats en altres zones i per això el seu marge sud (fossa de Cerc) ha estat estudiat amb l'objectiu d'obtenir nous criteris per a l'arrelament de la zona de les Nogueres.

Els tres talls realitzats en aquest sector (12, 13 i 14; fig. 4.60) han estat restituïts geomètricament amb l'algoritme FSU, que donades les característiques d'aquesta zona permet preservar la longitud de les capes Triàsiques i manté constant la superfície en secció del sòcol

4.3.1 Transversal de Castellar de Tost (tall 12)

Aquest tall transcorre paral·lel al riu Segre 2km a l'est d'aquest riu (fig. 4.60 i 4.61), i creua el mantell de l'Orri i la conca estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló, la làmina encavalcant del Montsec de Tost (el *klippe* de la Bastida) i el límit nord del mantell de Bóixols (USC).

El mantell de l'Orri, amb un gruix mínim deduït de 1.5km, presenta sobre el sòcol Cambro-ordovicià els sediments de la fossa estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló, que estan representats en superfície per les formacions Malpàs (110m) i Peranera (430m). L'angle de discordança entre aquesta formació i el Buntsandstein indica que ha d'augmentar de gruix en profunditat (fig. 4.61).

En el tall l'encavalcament de l'Orri s'ha representat amb una inclinació suau cap al sud per projecció dels talls de la vessant oest del Segre (fig. 4.55 i 4.57). Al nord del tall el sòcol del mantell de l'Orri presenta una sèrie de plects oberts de direcció E-W afectant el clivatge hercinià (Poblet, 1991), que com ja he descrit en les transversals a l'oest del Segre, probablement siguin el resultat de la deformació generada per l'emplaçament del mantell subjacent de Rialp.

El límit sud de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló l'he situat en una falla normal deduïda en profunditat, falla de Gramós, que només és invertida per la tectònica alpina en els seu tram basal (amb menor inclinació), de tal forma que l'encavalcament de l'Orri forma un *short cut* de bloc inferior allà on la falla de Gramós augmenta el seu pendent (veure apartat 4.3.5 per a la discussió d'aquesta estructura).

El mantell de l'Orri està afectat per estructures de fractura subverticals que impedeixen l'aflorament de la discordança basal triàsica (fig. 4.60 i 4.61). Aquestes estructures són principalment falles normals d'edat miocena, amb salts d'ordre decamètric (FN1 i FN2) que afecten en superfície el Buntsandstein i el Keuper. A la vall del Segre aflora una d'aquestes falles mostra un moviment invers. Aquesta estructura, que he anomenat retroencavalcament de la Palanca, és un retroencavalcament similar als de la franja de Sant Quiri, però oblic a l'estratificació permiana. El seu salt cap al nord és superior als 300m, tot i que probablement aquest valor és inferior a l'original, ja que la relació que manté en planta amb les falles FN1 i FN2 (fig. 4.60) suggereix que va ser invertit com a falla normal durant el Miocè.

Tall 12

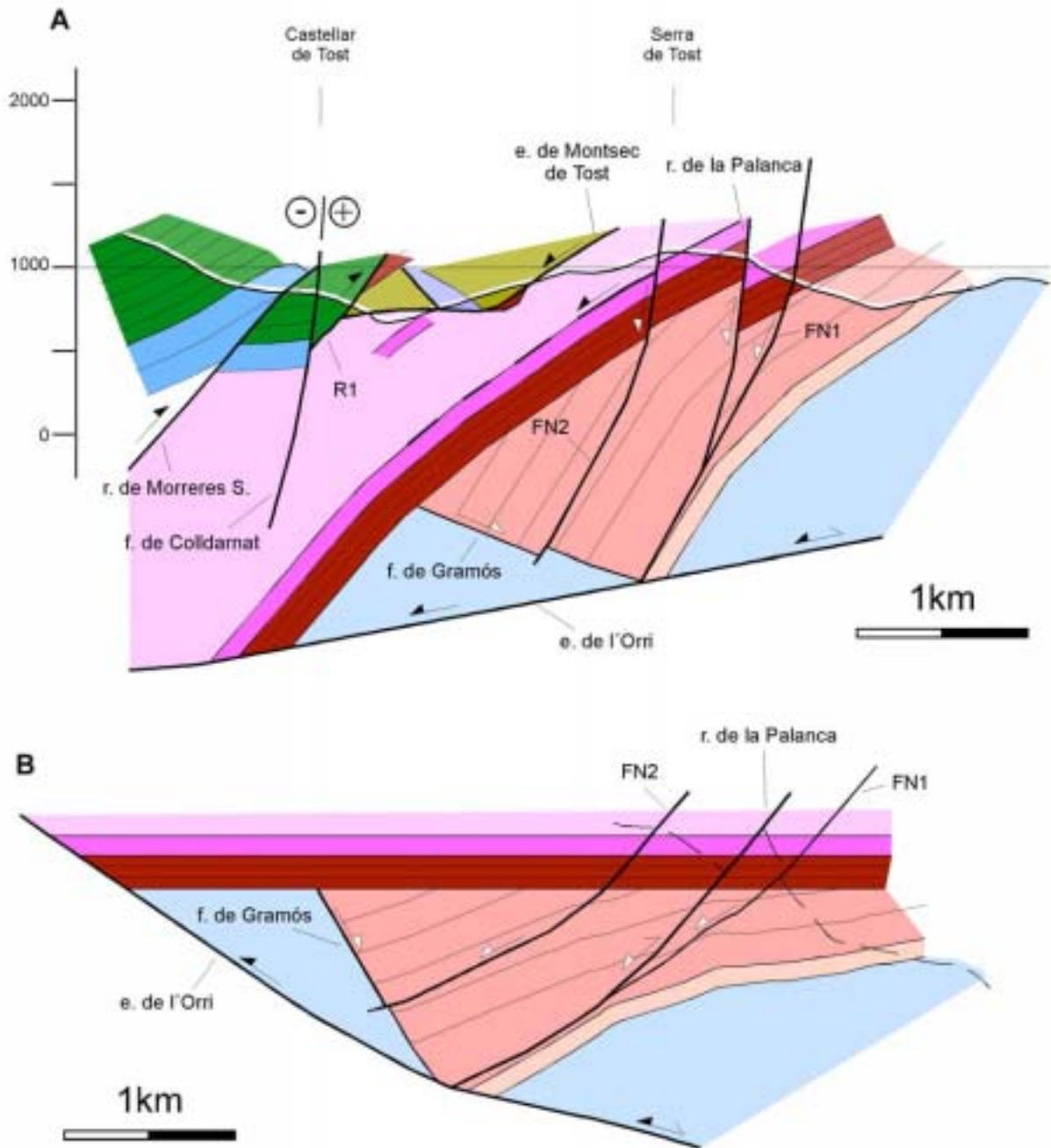


Fig. 4.61.- **A.-** Tall compensat geomètricament de la transversal de la Castellar de Tost. **B.-** Restitució del mantell de l'Orri. Les línies discontinües corresponen al traçat de la topografia actual en la restitució. (llegenda de colors a la figura 4.60). El *short cut* de l'encavalcament de l'Orri està dibuixat per unió de la restitució FSU del *cutoff* del Buntsandstein i de la falla de Gramós, que ha estat desplegada en dues fases de restitució.

La projecció en profunditat de les falles que afecten el mantell de l'Orri (FN1, FN2 i retroencavalcament de la Palanca) proposada a la figura 4.61 s'ha fet assumint que aquestes estructures es disposen paral·leles a

l'estratificació de la formació Peranera i perdent desplaçament en el sentit de transport, de tal forma que ja no continuen per sota de l'encavalcament de l'Orri.

El funcionament bidireccional de les falles que afecten el Triàsic del mantell de l'Orri ja fou descrit per Flinch (1993) i Flinch i Casas (1996), tot i que aquests autors atribueixen part del salt cap al sud a l'etapa compressiva, com a encavalcaments associats a l'emplaçament de la làmina del Montsec de Tost i el mantell de Bóixols. Per altra banda, la falla FN2 (fig. 4.61) és identificada per Vergés (1993) com al límit nord del mantell de Bóixols, i descriu dins el Keuper, en el seu bloc superior, plects amb vergència sud. En síntesi, les observacions realitzades per aquests autors i per mi mateix fan evident la complexitat interna del Keuper del mantell de l'Orri, que registra la superposició de diverses etapes de deformació (Cretaci-inferior, Cretaci Superior – Oligocè i Miocè), de les quals la més important és la que genera el seu desenganxament a sostre del Muschelkalk funcionant com un dúplex per sota de la làmina encavalcant del Montsec de Tost (dúplex dels Hostalets – Adraén; Flinch, 1993), i donant lloc a les repeticions internes que s'observen al camp (fig. 4.62). Al tall de la figura 4.61 només hi ha representat el desenganxament basal d'aquesta estructura. La posterior deformació d'aquesta zona com a conseqüència de l'emplaçament de les làmines subjacents (formació de retroencavalcaments) i de la distensió miocena (falles normals) en configura la seva geometria actual.

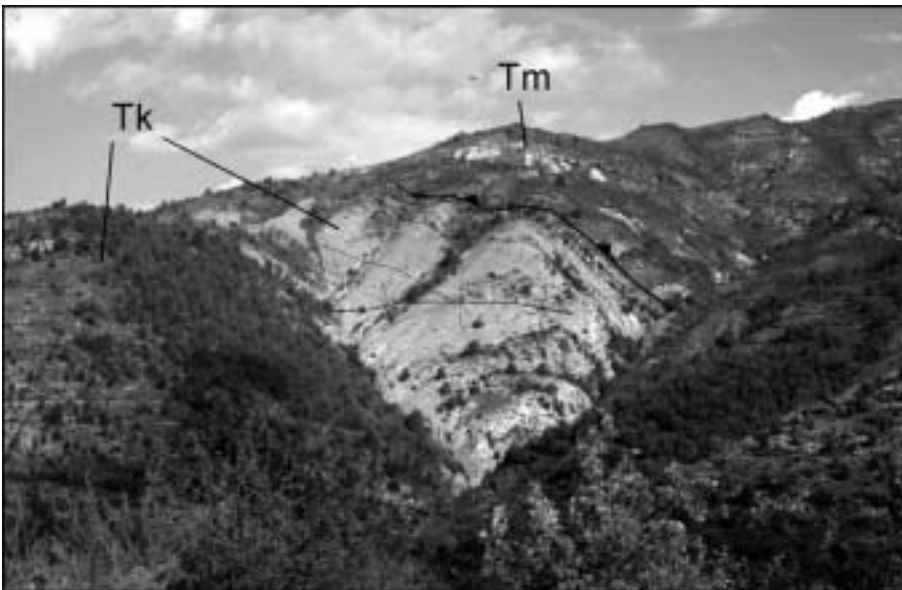


Fig. 4.62.- Imatge de l'aflorament d'un sinclinal de bloc inferior d'una de les repeticions internes del dúplex de Triàsic dels Hostalets – Adraén.

Per sobre del dúplex dels Hostalets – Adraén hi ha la làmina encavalcant del Montsec de Tost. En el tall, els afloraments d'aquesta escata estan separats pel barranc del riu de Tost, on torna a aflorar el Keuper. L'aflorament més septentrional correspon al *klippe* de la Bastida, que presenta en el sòcol el Silurià i la formació devoniana de Rueda, afectats per un encavalcament hercinià. Per sota de l'encavalcament del Montsec de Tost apareix un petit *horse* de lutites vermelles del Buntsandstein.

Els afloraments meridionals de la làmina del Montsec de Tost, en continuïtat cartogràfica amb la resta del massís (fig. 4.60), representen el límit oest d'aquesta escata. L'aflorament del Buntsandstein discordant sobre

el Devonià 300m a l'oest del tall permet veure que el gruix de la làmina en aquesta zona és molt baix, probablement com a conseqüència d'una rampa lateral.

El límit sud de la làmina del Montsec de Tost està definit pel retroencavalcament R1, al sud del qual aflora la USC. L'estructura interna del límit nord del mantell de Bóixols en aquesta transversal és complexa com a resultat de la interacció entre el retroencavalcament de Morrerres que es troba al sud del retroencavalcament R1, i una falla de funcionament alternatiu invers i de direcció dextra que anomeno de Colldarnat (fig. 4.61). En aquesta zona, García Senz (2002) observa canvis de potència de les formacions del Juràssic i Cretaci inferior als dos costats del retroencavalcament de Morrerres i subseqüentment canvis en el salt tectònic en funció del nivell estratigràfic, que el porten a descriure el funcionament d'aquesta falla en dues etapes; la primera amb salt normal durant el Mesozoic i la segona amb salt invers. Per tant, tenint en compte les relacions descrites per Garcia Senz (2002), el retroencavalcament de Morrerres inverteix en aquesta transversal una falla que limitava pel nord la conca cretàica d'Organyà, almenys fins al Berriasià (edat dels materials més moderns que afloren al Turó de la Ciutat, al nord del retroencavalcament de Morrerres).

Degut a la minsa preservació de l'escata del Montsec de Tost, només he restituït el mantell de l'Orri en aquesta transversal (fig. 4.661B). Pel mateix motiu, no té sentit calcular el salt cap al sud dels encavalcaments i donar un valor final de desplaçament cap al sud d'una *pin-line* caudal com he fet a la part occidental de la zona d'estudi.

4.3.2 Transversal de Torà de Tost (tall 13)

Aquest tall se situa 3km a l'est de l'anterior entre la Freita i la vall de Lavansa (fig. 4.60 i 4.63), i creua el mantell de l'Orri i la conca estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló, la làmina encavalcant del Montsec de Tost, el límit nord del mantell de Bóixols (USC) i la conca terciària de Montant. La similitud estructural entre aquesta transversal i l'anterior és molt gran, però tot i així existeixen algunes variacions estructurals, i el Montsec de Tost està molt més preservat. Pels mateixos motius que en la transversal de Castellar de Tost no he restituït la làmina del Montsec de Tost ni he calculat el salt cap al sud dels encavalcaments.

El mantell de l'Orri, amb un gruix deduït de 2.5km, presenta unes característiques molt similars a les de la transversal anterior. En el tall l'he dibuixat fins a la falla de la Freita. Aquesta falla, de direcció aproximada ENE-WSW, és la més meridional del grup de falles miocenes que limiten el marge sud de la fossa de la Seu. El seu salt normal és superior als 50m, i el seu traçat cartogràfic es pot seguir al llarg de 4km afectant la base de la successió estefano-permiana. Aquesta successió és més potent que al tall anterior, principalment com a conseqüència d'una falla transversal que era activa durant la sedimentació de la formació Malpàs (fig. 4.60).

Al sud dels materials estefano-permians, la base del Buntsandstein continua estant afectada per una falla normal neògena (FN1) i la continuació cap a l'est del retroencavalcament de la Plana, que s'ha unit lateralment amb la falla FN2 de la transversal de Castellar de Tost (fig. 4.61).

Tall 13

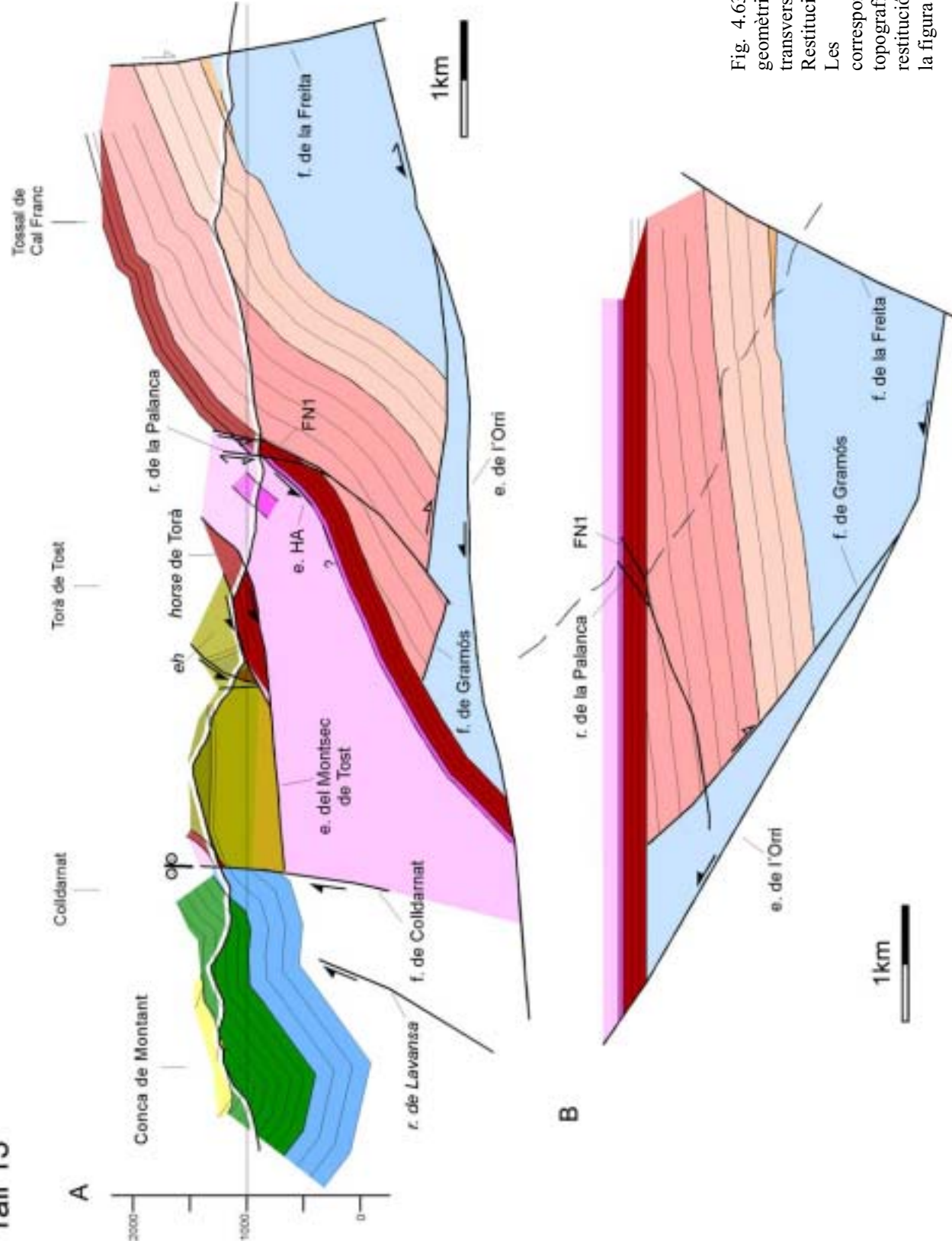


Fig. 4.63.- A.- Tall compensat geomètricament de la transversal de Torà de Tost. B.- Restitució del mantell de l'Orrí. Les línies discontinues corresponen al traçat de la topografia actual en la restitució. (llegenda de colors a la figura 4.60).

La làmina encavalcant del Montsec de Tost presenta en el seu marge nord un *horse* format per sediments del Buntsandstein i del Keuper (*horse* de Torà, fig. 4.63). Aquest *horse* té més d'un quilòmetre de longitud i un gruix d'aproximadament 200m, i aflora també en una finestra tectònica situada al sud de Torà de Tost(fig. 4.60).

El sòcol de la làmina del Montsec de Tost presenta principalment roques del Devonià de l'àrea de subfàcies del Comte, i mostra una estructura interna caracteritzada per un encavalcament d'edat herciniana (eh a la figura 4.63). Discordant sobre el sòcol hercinià aflora el Buntsandstein amb una potència aproximada de 60m, que representa el valor més baix observat en tota la zona de les Nogueres, i que contrasta amb el gruix del *horse* de Torà, que és significativament superior (fig. 4.63).

L'encavalcament basal del Montsec de Tost es troba inclinat cap al sud en el seu marge nord, però es disposa subhoritzontal a poca profunditat. El gruix màxim observat per a aquesta làmina encavalcant és de 800. La obliqüitat entre els *cutoffs* del Buntsandstein d'aquesta làmina i la direcció principal d'escurçament suggereix que el límit SW del Montsec de Tost correspon a una rampa lateral.

El límit sud de la làmina del Montsec de Tost està definit per la falla de Colldarnat (fig. 4.64). Aquesta falla posa en contacte el Paleozoic i el Triàsic de la zona de les Nogueres amb el Juràssic de la USC. El retroencavalcament de Morrerres, en cas de continuar en aquesta transversal, s'ha de situar per sota de la superfície topogràfica.

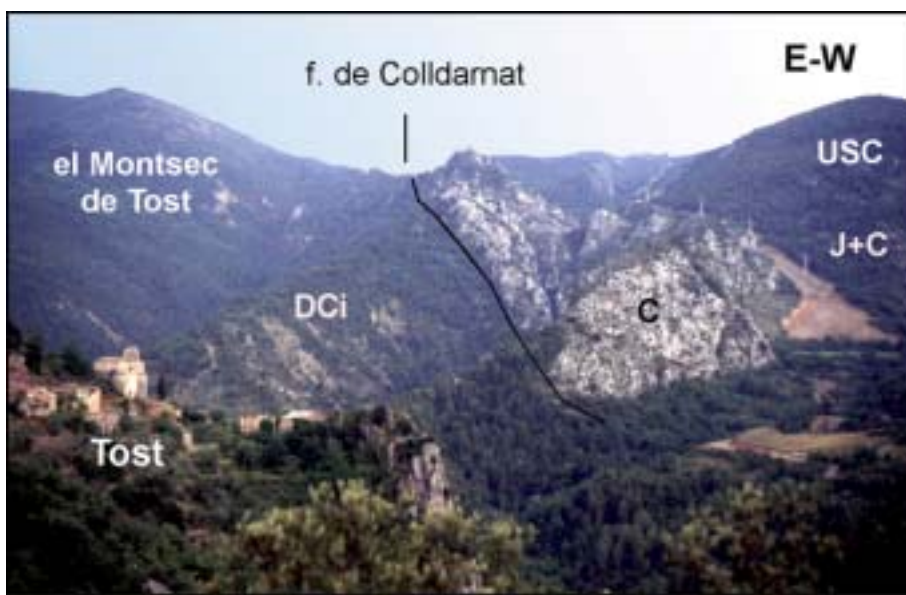


Fig. 4.64.- Aspecte de la falla de Colldarnat, que defineix el contacte entre la làmina del Montsec de Tost i la USC. Destaquen a l'est els materials carbonàtics del Juràssic (J) i el Cretaci inferior (C), en contrast amb les formacions devonians (DCi) que formen el sòcol hercinià del Montsec de Tost. La carena que defineix el fons de la fotografia té una longitud pròxima als 2.5km.

L'estructura del marge nord del mantell de Bóixols està definida per plects vergents al nord que considero que estan associats al moviment retroencavalcant del mantell de Bóixols cap al nord. Els conglomerats terciaris de la conca de Montant també estan afectats per les estructures de plegament vergents al nord que afecten els carbonats de la USC, evidenciant la sincronicitat entre la seva sedimentació i el funcionament retroencavalcant d'aquesta. Aquesta falla serà discutida amb més detall en l'apartat 4.4.4.

4.3.3 Transversal de Banyeres (tall 14)

Aquest tall va des de la vall del Segre, al SE de la Seu d'Urgell, fins a la vall de Lavansa, al SW de Sorribes (fig. 4.60 i 4.65), i creua la fossa de Cerc (marge sud de la fossa neògena de la Seu), el mantell de l'Orri i la conca estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló, la làmina encavalcant de Banyeres (límit oest del mantell del Cadí), i el marge nord del mantell de Bóixols (USC). Per sobre de la topografia s'ha projectat la làmina encavalcant del Montsec de Tost, que es presenta a l'oest del tall. Aquesta és la transversal estructuralment més singular de les que he elaborat a la zona de les Nogueres, ja que està situada al límit oriental d'aquesta zona, i talla elements estructurals que no apareixen més a l'oest, que es descriuen inicialment en aquest apartat, però que seran discutits amb més detall més endavant. El tall geològic d'aquesta transversal ha estat restituint geomètricament amb l'algoritme FSU del 2DMove.

Els materials més septentrionals que apareixen al tall són a la vegada els més recents de tota la zona d'estudi, ja que corresponen a les formacions miocenes de Pedra i Bellestar, que constitueixen el rebliment de la fossa de la Seu. El límit sud d'aquests materials el defineix la falla de la fossa de la Seu (Poblet, 1991), que és una falla normal inclinada cap al nord amb un angle superior als 70° i un salt que supera els 100m, de funcionament simultani a la sedimentació de les formacions miocenes. Aquestes formacions es troben discordants sobre el Cambro-ordovicià del mantell de l'Orri, i arriben a estar inclinats 30° cap al nord (veure discussió de l'estructura de la fossa de Cerc).

L'estructura del mantell de l'Orri al sud de la falla de la fossa de la Seu és molt similar a les que mostra en les transversals de Castellar i Torà de Tost, però la major longitud d'aquest tall permet veure que 1.5km al nord de la falla de la Freita el sòcol està afectat per la falla miocena d'Ortedó (Hartvelt, 1970). Aquesta falla és la més important de les que hi ha al marge sud de la fossa de la Seu, ja que el seu salt normal és superior als 500m, i es pot seguir cap a l'est com a mínim al llarg de 15km. Uns 10 km cap a l'Est del tall, a la zona del Tossal del Quer (o turó de Can Pubill; veure mapa topogràfic en CD annex), on el mantell del Cadí presenta l'Estefanià, el Triàsic, el Cretaci superior i el Paleogen en continuïtat estratigràfica, la falla d'Ortedó afecta els materials del mantell del Cadí, com a mínim fins a l'Eocè inferior (Hartvelt, 1970, Vergés, 1993).

La falla de la Freita aflora a la zona del turó de la Bastida dividida en dos ramals amb salts superiors als 100m. Els nivells afectats per aquesta falla corresponen a la base de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló, en una zona on les formacions estefano-permianes presenten cabussaments elevats, i estan afectades per un clivatge incipient inclinat cap al nord.

La relació que s'observa entre les formacions estefano-permianes i entre aquestes i el sòcol a la zona compresa entre el turó de la Bastida i l'indret de la Freita (fig. 4.60) està caracteritzada per un entramat de falles i desaparicions laterals que he interpretat en el tall com a falles normals estefanians, contemporànies a les formacions de Guiró i Erill Castell. Actualment aquestes falles es troben subhorizontals, però la seva restitució indica que durant la seva activat estaven inclinades cap al nord, i definien el límit meridional de la part estefaniana de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló (fig. 4.65). Els carbons i arcoses de la formació

Tall 14

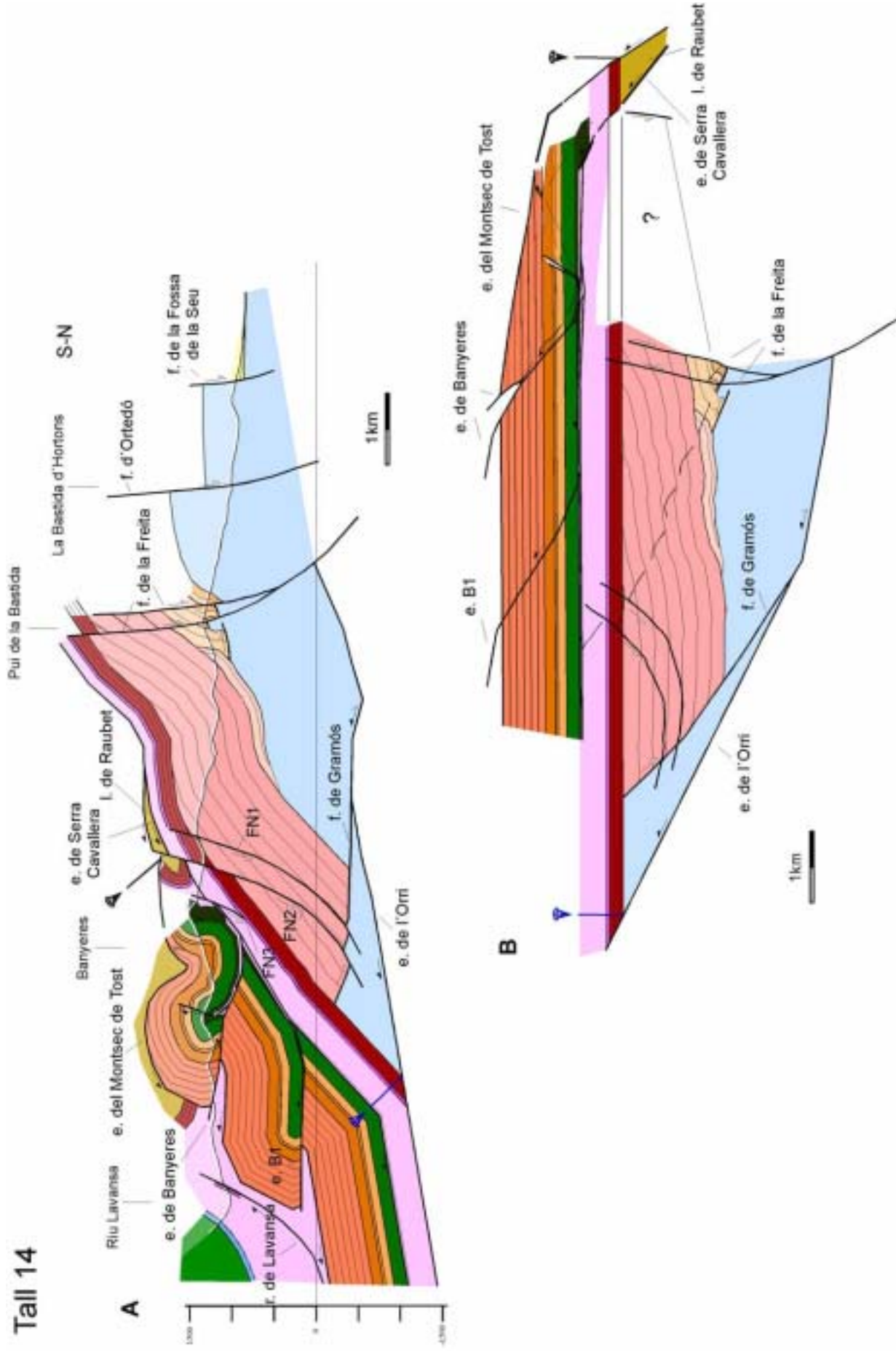


Fig. 4.65.- (pàg. 189) **A.**- Tall compensat geomètricament de la transversal de Banyeres. **B.**- Restitució del mantell de l'Orri i la làmina encavalcant de Banyeres. El traçat irregular de les capes del Cretaci superior i Paleocè són deguts a les limitacions de l'algorisme de restitució utilitzat. En canvi les ondulacions de les capes eocenes són d'origen tectònic (veure discussió de l'estructura de la làmina encavalcant de Banyeres). Les línies discontinües corresponen al traçat de la topografia actual en la restitució. (Llegenda de colors a la figura 4.60).

Malpàs fossilitzen aquestes falles, registrant el desplaçament cap al sud del marge meridional de la conca. La desaparició per bisellament lateral d'aquests materials 1km a l'est del tall, la he projectada tant per sobre de la superfície topogràfica com en profunditat, assumint que durant la sedimentació de la formació Malpàs el depocentre de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló se situava més a l'oest, i aquesta transversal corresponia a una part marginal de la conca.

La formació Peranera amb una potència similar a la que presenta en les altres transversals de la riba est del Segre, es disposa en discordança angular tant sobre la formació Erill Castell com sobre la formació Malpàs, registrant que la seva sedimentació es produí de forma més o menys homogènia en tota la conca, i indicant que la falla que la limitava pel sud (f. de Gramós; deduïda en profunditat) ja era activa en tota la seva extensió, amb una taxa de subsidència similar en totes les transversals. Els sediments d'aquesta formació presenten entre aquesta transversal (fig. 4.65) i la transversal de Torà de Tost (fig. 4.63) una zona en la que les capes cabussen cap al sud-est i l'est, que contrasta amb la inclinació que presenten aquests materials en la resta de la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló. He interpretat aquest canvi d'orientació com el resultat d'un episodi tardà de deformació, com a conseqüència d'una culminació obliqua del mantell subjacent de Rialp. Al sud d'aquesta culminació el mantell de l'Orri forma una parella sinclinal – anticlinal que també he atribuït a l'emplaçament del mantell de Rialp, en consonància amb la interpretació de l'estructura interna d'aquest mantell en les altres transversals.

La discordança basal del Buntsandstein sobre la formació Peranera aflora a la zona de Sauvanyà amb una estructura mol similar a la que presenta en les transversals anteriors, afectada per falles normals miocenes (FN1 i FN2) que impedeixen l'aflorament complet de la sèrie del Buntsandstein, al que posen en contacte amb el Keuper i el Muschelkalk del dúplex dels Hostalets – Adraén. En aquesta transversal, aquesta zona també està afectada per falles normals i encavalcaments amb doble vergència (Flinch, 1990; Flinch i Casas, 1996).

El límit sud del dúplex dels Hostalets – Adraén el defineix una falla normal (FN3) que el posa en contacte amb la làmina de Banyeres. L'encavalcament basal d'aquesta làmina s'uneix caudalment amb el del mantell del Cadí (anomenat encavalcament de Serra Cavallera per Muñoz *et al.* 1986), i s'uneix lateralment amb l'encavalcament del Montsec de Tost 2km a l'oest d'aquesta transversal (Flinch, 1990) (fig. 4.60). L'encavalcament de Serra Cavallera també està tallat per la falla FN3, al nord de la qual ja es troba en rampa de bloc superior a nivell del Buntsandstein, que aflora invertit 180° en un turó de cota 1521m situat 800m a l'est del tall (làmina de Raubet). Malgrat que el sòcol d'aquesta escata no aflora, els conglomerats basals d'aquesta unitat han estat observats en la part més alta del turó, i com que continuen invertits considero que el sòcol s'ha de trobar implicat en aquesta escata. La longitud del Buntsandstein d'aquesta escata, i per tant la seva relació amb la làmina del Montsec de Tost, que es troba per sobre, no es pot calcular.

Al sud de la falla FN3 l'encavalcament de Serra Cavallera està inclinat cap a l'avantpaís amb un traçat subparal·lel al sostre del Buntsandstein de l'Orri (Vergés, 1991; Flinch, 1993; Flinch i Casas, 1996), fet que permet descriure'l com un encavalcament en replà de bloc inferior, malgrat la complexitat que presenta el Triàsic. L'encavalcament en rampa de Banyeres puja en la sèrie del Cretaci Superior i del Paleogen cap al sud.

L'estructura interna de la làmina encavalcant de Banyeres està definida per una parella sinclinal – anticlinal asimètrica, amb els flancs curts invertits, indicant una vergència sud (fig. 4.65 A). Aquests plecs es formen durant el Paleocè – Eocè inferior, i posteriorment són reactivats i tallats pels encavalcaments de Banyeres i del Montsec de Tost (al sud i al nord, respectivament). La seqüència de bloc inferior entre aquests dos encavalcaments, implica que la làmina del Montsec de Tost estigui plegada, tal com es veu 1km a l'oest del tall, fet que posa de manifest que la major part del plegament que afecta l'escata subjacent es va formar un cop l'escata del Montsec de Tost s'havia emplaçat (fig. 4.65).

Al sud de la làmina de Banyeres el seu encavalcament basal superposa l'Eocè al Keuper. Aquesta relació aparentment sostractiva es deguda a que el Keuper del bloc inferior pertany a la làmina del Montsec de Tost, que ja estava emplaçat quan es va formar l'encavalcament de Banyeres. Per tant, aquest encavalcament és una estructura fora de seqüència en aquesta transversal (veure discussió sobre l'emplaçament de la làmina encavalcant de Banyeres i la seva relació amb la zona de les Nogueres).

El Keuper del Montsec de Tost aflora en superfície al llarg del tall fins que al sud de la vall de Lavansa aflora el Juràssic de la USC, que es troba inclinat cap al sud en contacte estratigràfic amb el Keuper. Per tant, en aquesta transversal l'equivalent del retroencavalcament de Morrerres, que anomenaré de Lavansa, es trobaria a l'interior del Keuper, amb un traçat paral·lel al riu Lavansa, al llarg del contacte nord d'una sèrie de barres calcàries del Muschelkalk, fins que a l'oest de Cal Vinyal (veure mapa topogràfic en CD annex) arriba a tallar en el seu bloc inferior el Devonià de la làmina del Montsec de Tost (fig. 4.60). Encara més a l'oest l'esmentat retroencavalcament és tallat per la falla de Colldarnat (la discussió sobre el significat i evolució d'aquestes estructures es desenvolupa en l'apartat 4.4 d'aquest capítol).

Uns 500m a l'est del tall, apareix la finestra tectònica de Sorribes, que permet l'aflorament del Paleogen del mantell del Cadí sota el Keuper (fig. 4.60), i confirma així l'estructura proposada. Aquest aflorament indica que el gruix del Keuper del Montsec de Tost entre l'encavalcament de Banyeres i el retroencavalcament de Lavansa no pot ser molt important, i que el mantell del Cadí s'ha de trobar subhoritzontal pocs metres per sota de la superfície topogràfica. He optat per dibuixar una altra escata molt similar a la de Banyeres (fig. 4.65) per omplir el consegüent buit que apareixeria en profunditat entre l'encavalcament basal del mantell del Cadí i el Buntsandstein del mantell de l'Orri (fig. 4.66). Cap al sud, el mantell del Cadí continua sota la USC fins a la làmina de Port del Comte (Vergés, 1993).

El desplaçament mínim cap al sud de la *pin-line* caudal del mantell del Cadí en referència a la *pin-line* situada al *cutoff* del Buntsandstein en l'encavalcament de l'Orri (fig. 4.65) és de 9km, assumint que la rampa de l'encavalcament de Serra Cavallera se situa al nord de la conca estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló.

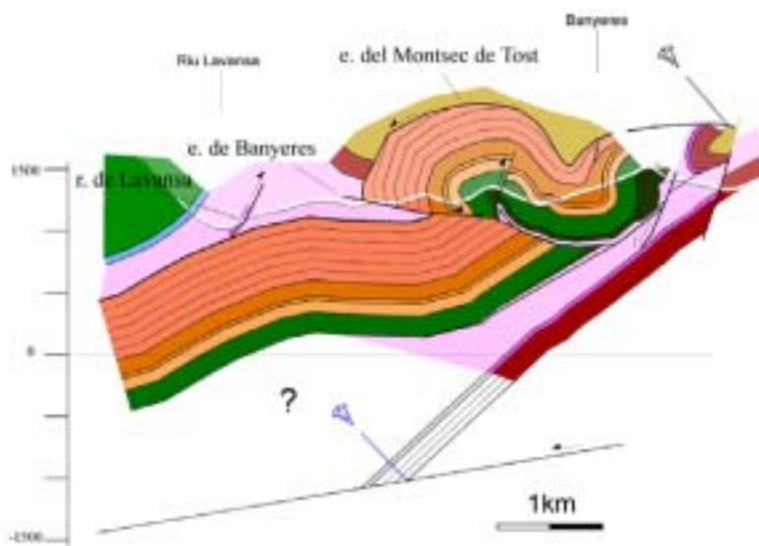


Fig. 4.66.- Tall alternatiu de la làmina encavalcant de Banyeres i el Mantell del Cadí, indicant el buit que apareix en profunditat entre el mantells de l'Orri i del Cadí si no es dibuixa una escata com al tall de la figura 4.65.

4.3.4 El marge sud de la fossa de la Seu: la fossa de Cerc

La fossa de Cerc (Hartevelt, 1970) és una estructura formada durant el Miocè mig-superior, que es desenvolupa sobre el mantell de l'Orri. Aquesta fossa és, de fet, el marge sud d'una fossa més gran, la fossa de la Seu d'Urgell (fig. 4. 67). La fossa de la Seu d'Urgell és un petit graben de direcció E-W, amb una assimetria resultant del lliscament més ampli de les falles del marge meridional (Roca, 1996). La morfologia actual de la conca és complexa com a conseqüència de la important erosió quaternària, de la morfologia en *onlap* de la sèrie neògena i de la complexitat de la paleotopografia pre-miocena.

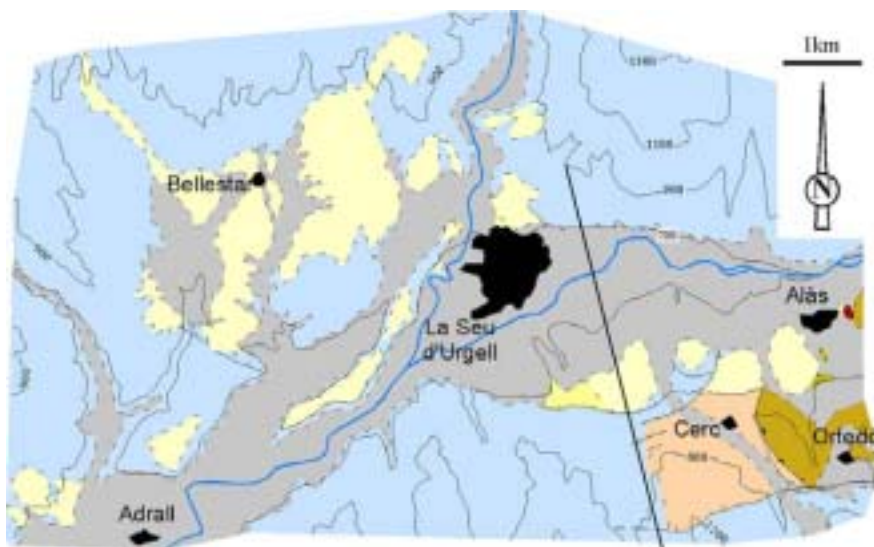


Fig. 4.67.- Mapa geològic de la fossa de la Seu elaborat a partir de dades pròpies i de les cartografies de Hartevelt (1970) i Roca (1991). Llegenda de colors a la figura 4.60.

L'estudi de la deformació d'aquesta zona s'ha realitzat a partir de l'elaboració d'una cartografia geològica a escala 1:25.000, la confecció d'un tall a la carena situada entre Cerc i Ortedó, i l'elaboració d'un diagrama

evolució la fossa de la Seu d'Urgell durant el Miocè (fig. 4.69), basat en la datació de les estructures a partir de les relacions de tall entre elles i amb els sediments miocens.

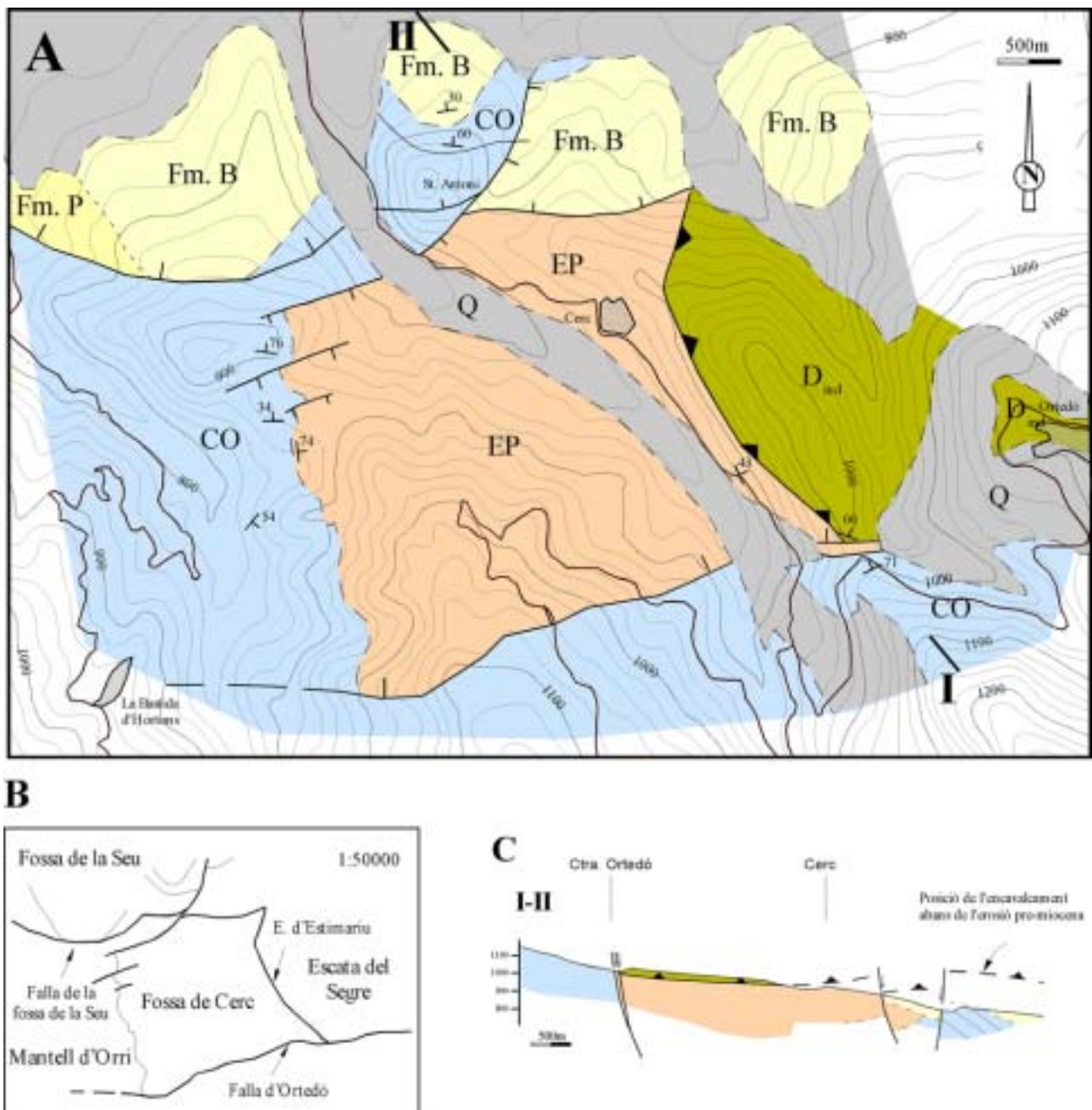


Fig. 4.68.- **A.**- Mapa geològic de la fossa de Cerc. **B.**- Mapa de les principals estructures que afloren a la fossa de Cerc. **C.**- Tall geològic a través de la fossa de Cerc indicat en el mapa geològic (llegenda de colors a la figura 4.60)

Els materials que afloren a la fossa de Cerc corresponen a la formació volcànica d'Erill Castell, afectada per un alt grau de fracturació que impedeix seguir el traçat dels horitzons. La discordança basal d'aquesta formació aflora fortament inclinada cap a l'est a la carena entre la Bastida d'Hortons i Cerc, sobre el Cambro-ordovicià del mantell de l'Orri (fig. 4.68). El límit oriental dels materials estefanians està definit per l'encavalcament d'Estamariu (fig. 4.1), que és l'encavalcament basal d'una làmina de sòcol herciniana

(làmina del Segre; Poblet, 1991; fig. 4.1) reactivat durant l'orogènia alpina, que conté roques devonians de l'àrea de subfàcies de Comte. La fossa de Cerc està limitada al nord per la falla de la fossa de la Seu, i al sud per la falla d'Ortedó (fig.4.68).

La sedimentació dels materials de la formació Erill Castell es dona en un context distensiu local, de tal manera que es troba associada al moviment de falles d'orientació aproximada E-W en els seus marges meridional (turó de la Bastida; fig. 4.65) i septentrional. El fet que els materials estefanians només aflorin al bloc inferior de la falla de la fossa de la Seu sembla indicar que la falla del límit nord d'aquests materials era activa durant la sedimentació de la formació volcànica. L'existència de diverses falles d'ordre menor al llarg de la discordança post-herciniana de disposició subparal·lela a la del marge nord indica que la sedimentació inicial de la seqüència estefano-permiana estava condicionada per un entramat de fractures de diversa magnitud, almenys en el seu límit nord.

La Falla d'Ortedó (Hartevelt, 1970) és una falla de dimensions quilomètriques, subvertical o fortament inclinada cap al Nord, amb una orientació aproximada E-W. Hartevelt (1970) anomena als materials situats al sud d'aquesta falla Unitat de Ges, tot i que no deixa de tractar-se de materials pertanyents al dom de l'Orri, dels quals no es diferencien estructuralment.

L'encavalcament d'Estamariu és un encavalcament que va funcionar bàsicament durant l'orogènia herciniana, amb un desplaçament mínim de 27km, i està fossilitzat pel Buntsandstein a l'est d'Alàs (Poblet, 1991) (fig. 4.67). Tot i així, el fet que aquesta estructura superposi el Devonià a l'Estefanià a la fossa de Cerc evidencia la seva reactivació durant l'etapa alpina, amb un salt mínim cap a l'oest de 100m segons Poblet (1991), que defineix aquest encavalcament com una estructura fora de seqüència que talla els encavalcaments de les Nogueres i de Serra Cavallera.

La composició dels ventalls al·luvials miocens que afluïren al marge nord de la fossa del Cerc mostra una variació lateral paral·lela als canvis en el sòcol, però destaca la presència en els afloraments més orientals de còdols derivats del Buntsandstein. La geometria dels ventalls i l'angularitat dels còdols mostren que les àrees font d'aquests sistemes estaven en les zones directament adjacents, i per tant els còdols triàsics no poden procedir de la cobertura del mantell de l'Orri del bloc inferior de la falla d'Ortedó, que en el moment de la sedimentació d'aquests materials es trobava com a mínim 5km al sud de la fossa de Cerc. En canvi a l'est d'Alàs el Buntsandstein aflora fossilitzant l'encavalcament d'Estamariu (Poblet, 1991) indicant que la base del Triàsic del flanc nord del mantell de l'Orri es troba prop de la superfície en el bloc superior de la falla d'Ortedó, discordant sobre el sòcol hercinià. Això explica la procedència dels còdols triàsics, i a més té implicacions referents a l'arrelament de la zona de les Nogueres i el mantell del Cadí, que es discuteixen en l'apartat 4.3.6 sobre la relació entre la zona de les Nogueres i el mantell del Cadí.

L'anàlisi dels sediments miocens de la fossa de la Seu (veure apartat sobre Cenozoic post-orogènic al capítol 2) mostra que aquesta es va formar en dues etapes principals. La primera etapa se situa al límit Miocè mig - superior i l'activitat subsident estava localitzada a les falles dels marges nord i sud (falla d'Ortedó) de la fossa la Seu (fig. 4.69-2). La inexistència d'un registre sedimentari d'aquesta etapa suggereix que durant la primera part d'aquest període la conca devia representar un sistema obert amb la sortida de la xarxa de

drenatge al SW, produint un *by-pass* dels sediments. Això explicaria el balanç de massa negatiu que s'observa entre el material erosionat entre la fossa de la Seu i la base del Triàsic del mantell de l'Orri i els sediments neògens de la conca, si s'assumeix que la situació d'aquesta zona durant l'Oligocè inferior era la mateixa que a l'oest de la Seu d'Urgell, allà on les estructures associades a la fossa perden importància fins a desaparèixer. Els ventalls al·luvials adossats al marge nord de la conca registrarien que en els estadis finals d'aquesta etapa (Tortonià 1) la conca va passar a ser endorreica, probablement com a conseqüència d'un increment de la taxa de subsidència associada a la falla d'Ortedó (fig. 4.69-3).

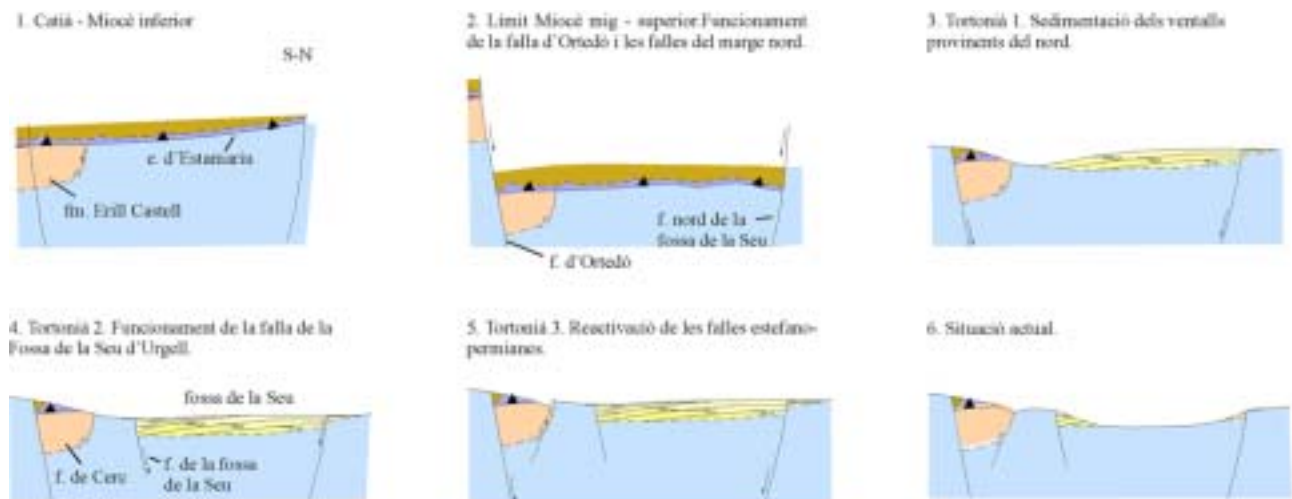


Fig. 4.69.- Modelització en avanç de la fossa de la Seu amb l'algoritme *Inclined Shear* del 2DMove. (Situació del transversal modelitzada a la figura 4.67. Llegendes de colors a la figura 4.60).

La segona etapa de deformació (Tortonià 2) està representada pel desplaçament de l'activitat subsident a la falla de la fossa de la Seu, que talla les fàcies distals dels ventalls al·luvials de l'etapa anterior (fig. 4.69-4). Els estadis finals de la distensió miocena (Tortonià 3) reactiven les falles del marge nord de la fossa estefano-permiana de Gramós - Prats d'Aguiló, que estan associades a la formació de ventalls al·luvials locals, que poden estar discordants sobre el sòcol o sobre les formacions lacustres de la primera etapa (fig. 4.69-5 i 4.68), i representen el marge nord de la fossa de Cerc. Finalment, i quan cessa la tectònica, l'evolució de la fossa fins a la situació actual (fig. 4.69-6) està representada per la reobertura cap al sud-est de la xarxa de drenatge, que ha rentat la major part dels sediments miocens, de tal forma que la superfície actual de la vall del Segre a la zona de la Seu d'Urgell és pràcticament la mateixa que la pre-miocena.

4.3.5 El mantell de l'Orri i la conca de Gramós - Prats d'Aguiló

El Paleozoic del mantell de l'Orri presenta una estructura alpina molt homogènia en totes les transversals a l'est del Port del Cantó (fig. 4.55, 4.57, 4.61, 4.63 i 4.65). Tal com he indicat en la descripció dels talls, el clivatge principal hercinià està afectat per un sistema de plects amplis orientats E-W (Poblet, 1991), que he atribuït a l'emplaçament del mantell de Rialp subjacent. Les culminacions dels anticlinals d'aquesta fase són

cada vegada més baixes en desplaçar-nos cap al sud, fet que suggereix que l'encavalcament de l'Orri està inclinat cap a l'avantpaís (fig. 4.70 A-C). Aquesta geometria general està distorsionada per les estructures distensives neògenes.

Els materials estefano-permians de la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló, que també apareixen en superfície a l'est del Port del Cantó, estan inclinats principalment cap al sud, i es veuen afectats per les estructures tardanes que afecten el sòcol (fig. 4.70 D). La relació angular que presenten els materials estefano-permians amb el Buntsandstein al llarg de tota la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló és més complexa que la que s'observa a la fossa d'Erill Castell. En la darrera, els sediments estefano-permians i triàsics cabussen sempre cap al sud, amb una inclinació superior de la seqüència inferior. En canvi, els materials estefano-permians de l'est del Segre no sempre cabussen més que el Buntsandstein, amb el que mantenen un angle de discordança molt baix.

La discordança entre el Paleozoic i l'Estefano-permià del mantell de l'Orri està afectada per una sèrie de falles normals menors fossilitzades per la formació Peranera (fig. 4.60), fet que indica una edat estefaniana per a aquestes estructures, que definirien el marge meridional de la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló durant aquest període, malgrat que no es pot excloure l'existència de falles sincròniques situades més al sud, que en l'actualitat es trobarien per sota de la superfície. Per la seva banda, els sediments de la formació Peranera representen un període de sedimentació molt més prolongat que en la fossa d'Erill Castell – Estac, ja que els termes més alts d'aquesta sèrie corresponen a la Unitat Roja Superior de Gisbert (1981; 1983), que el mateix autor atribueix al Permià mitjà – superior, i que no afloren a les conques estefano-permianes de l'oest de la Noguera Pallaresa.

Una altra diferència entre la conca de Gramós - Prats d'Aguiló i la d'Erill Castell fa referència al desenvolupament de retroencavalcaments paral·lels a l'estratificació. Mentre a la conca d'Erill Castell la franja de retroencavalcaments de St. Quiri és el tret més característic de la deformació alpina, en la conca de Gramós - Prats d'Aguiló només ha estat identificada una estructura retroencavalcant associada a la seva inversió (retroencavalcament de la Palanca), fent evident que els processos actuaven durant la inversió d'aquesta conca són diferents dels que actuaven en la conca d'Erill Castell.

Les característiques estratigràfiques i estructurals de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló descrites fins aquest punt suggereixen que la seva disposició original era diferent de la d'Erill Castell. Per això he situat el límit sud de la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló de les transversals de l'est de la Noguera Pallaresa en una falla normal inclinada cap al nord, que he anomenat falla de Gramós, i que es trobaria per sota de la superfície topogràfica. Aquesta falla seria activa durant la sedimentació de les formacions Malpàs i Peranera, en una posició més meridional que la falla d'Erta. La no observació de retroencavalcaments paral·lels a l'estratificació, la he interpretada com a conseqüència de que la inversió de la falla de Gramós durant la compressió alpina està associada al desenvolupament d'un *short cut* de bloc inferior, que desplaça de forma homogènia tot el bloc superior, impedit l'extrusió del tascó sedimentari estefano-permià per l'efecte contrafort (*butressing effect*).

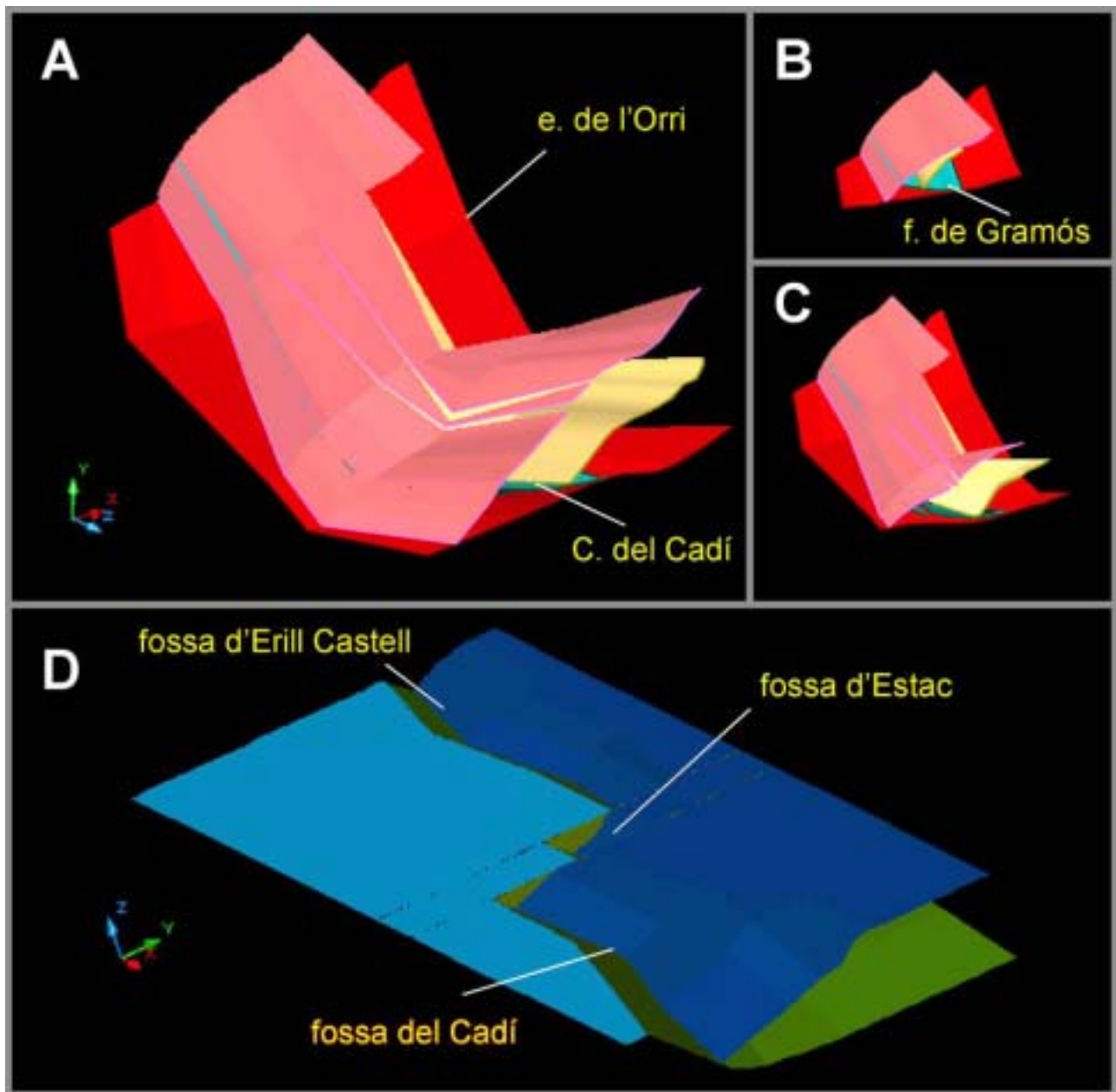


Fig. 4.70.- **A.-** Reconstrucció 3D del mantell de l'Orri entre la vall de la Noguera Pallaresa i la transversal de Banyeres, en la que s'observa com l'anticlinal de rampa d'aquesta làmina està deformat pels plecs amb eix E-W associats a l'emplaçament del Mantell de Rialp. Els plecs N-S, i les falles normals estefanians de la conca de Gramós - Prats d'Aguiló no han estat dibuixades. Punt de vista al SE (X=N). **B i C.-** Seccions successives al llarg del mantell de l'Orri (E i W del port del Cantó), segons un pla vertical orientat N-S. **D.-** Reconstrucció palinspàstica esquemàtica proposada per a les fosses estefano-permianes d'Erill Castell, Estac i de Gramós - Prats d'Aguiló. **A, B i C:** Vermell.- encavalcament de l'Orri; verd.- falla de Gramós; groc.- base de la fossa de Gramós - Prats d'Aguiló ; rosa.- base del Buntsandstein. **D:** Verd.- Falles estefano-permianes; blau fosc.- discordança post-herciniana del bloc superior de les falles estefano-permianes; blau clar.- discordança post-herciniana del bloc inferior de les falles estefano-permianes.

Una falla de les característiques i posició de la de Gramós també ajudaria a explicar l'augment de gruix que experimenta el mantell de l'Orri entre les valls de la Noguera Pallaresa i el Segre, i el desplaçament de la *pin-line* frontal d'aquest mantell cap a posicions més meridionals que s'observa en el mateix sentit. Això situaria la fossa d'Estac en la zona de transferència entre dues fosses de dimensions molt superiors, i permetria explicar la seva formació inicial com a una estructura de tipus *relay ramp*, que amb l'increment de

la deformació podria haver evolucionat cap a una conca limitada per falles direccionals de transferència (una mena de conca *pull apart*) (fig. 4.70), que l'etapa compressiva alpina hauria invertit.

4.3.6 Relacions entre les làmines encavalcants del Montsec de Tost i Banyeres

L'estructura del mantell del Montsec de Tost està definida pels efectes de quatre etapes de deformació principals: 1) l'emplaçament de la pròpia làmina encavalcant, 2) l'emplaçament dels mantells de l'Orri i Rialp, 3) l'emplaçament de la làmina de Banyeres i 4) l'etapa distensiva miocena. La formació de l'apilament antiformal de la Zona Axial produeix un basculament cap al sud de la part posterior de l'encavalcament del Montsec de Tost però afecta poc la part meridional de la làmina encavalcant. Per altra banda, les falles normals neògenes només afecten el límit NE de la làmina encavalcant, a la zona on aquesta reposa sobre la làmina de Banyeres. Per tant, les etapes de deformació més influents són el seu emplaçament i el de l'escata de Banyeres. En aquest apartat es descriu primer l'estructura interna del mantell, i seguidament la seva relació amb la làmina subjacent.

Dins la làmina del Montsec de Tost es poden diferenciar dues escates (escata superior i inferior en el text, a partir d'aquest punt) de rang inferior (fig.4.60 i 4.71), que en constitueixen el cos principal (Solé Sugrañes i Santanach, 1970; Hartevelt, 1970), i un conjunt de *horses* al llarg de l'encavalcament basal. El conjunt forma un petit apilament, tot i que en aquest cas la seqüència no és de bloc inferior. La làmina del Montsec de Tost, que s'emplaça com un anticlinal ajagut vergent al sud, amb clivatge de pla axial, es divideix en dues escates en els estadis tardans del seu emplaçament, com a conseqüència del trencament del flanc invers just per la base del Triàsic (fig. 4.71C). Aquest encavalcament tardà forma un particular replà, en el que la sèrie del bloc inferior està invertida. Per altra banda, el gruix de la Buntsandstein és substancialment menor a l'escata superior (55-60m) que a la inferior (200m). Aquesta diferència de potència ha de ser explicada per l'existència d'una falla sinsedimentària o un pendent pronunciat en el paleorelleu pretriàsic, ja que el desplaçament de la làmina superior respecte la inferior és molt baix. L'element que genera el canvi de potència podria ser responsable de la divisió en dues escates del Montsec de Tost, ja que la inversió del flanc frontal del Montsec de Tost, on està situada aquesta estructura, l'hauria portat a una orientació favorable per a ser reactivada (fig. 4.72). Per tant, el cabussament invertit del Buntsandstein que s'observa a la vall de Lavansa (fig. 4.70 **A** i **B**) es produí durant el funcionament de l'encavalcament inferior del Montsec de Tost; posteriorment es formà l'encavalcament superior del Montsec de Tost amb un salt mínim cap al sud de 1250m.

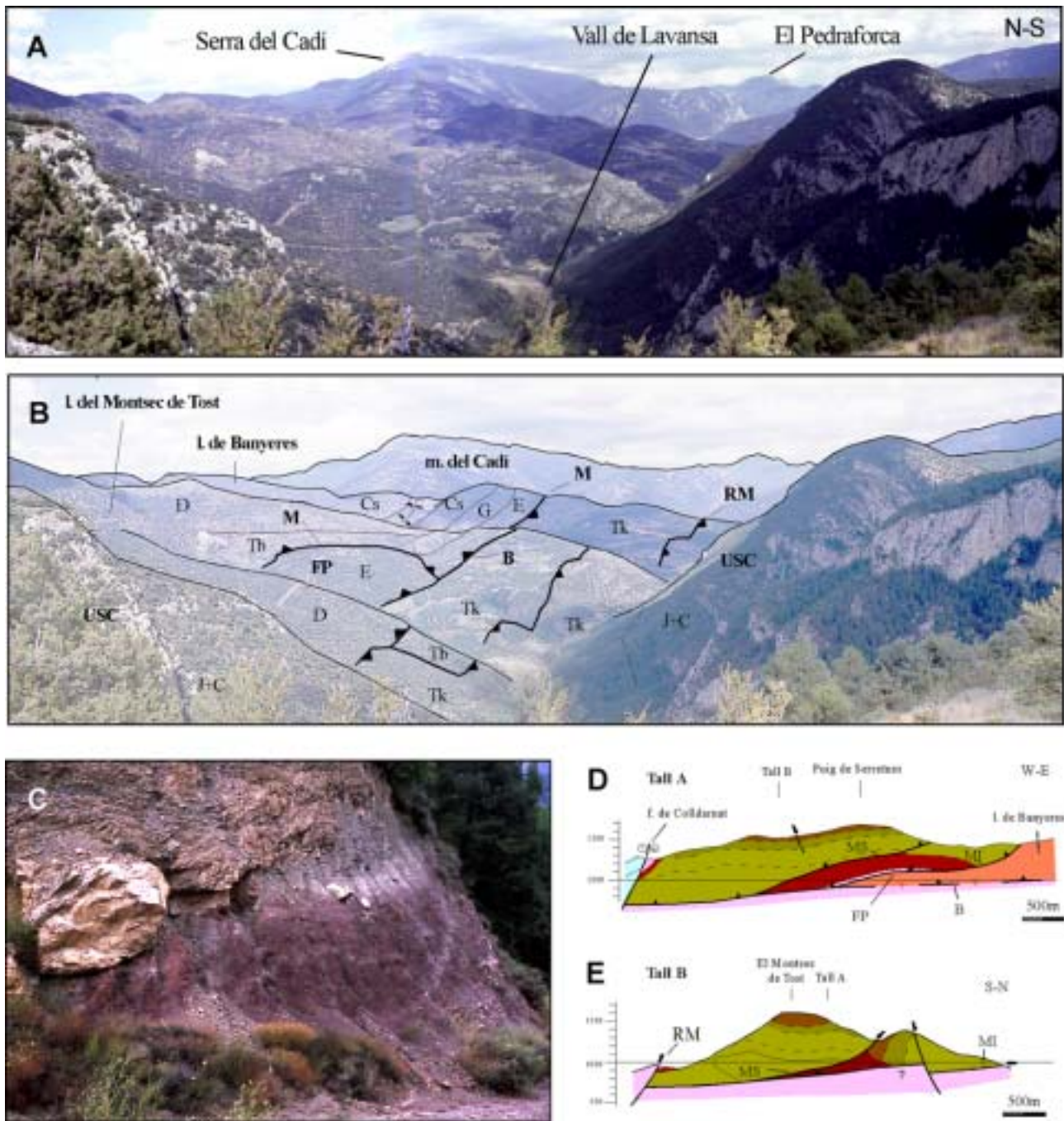


Fig. 4.71.- **A.-** Fotografia de la vall de Lavansa des de la pista que va de Montant de Tost a Sorribes. **B.-** Representació de les principals estructures. **C.-** Detall de l'encavalcament superior del Montsec de Tost, on s'observa la formació Devoniana de Rueda superposant-se a les lutites triàsiques, que estan totalment invertides. **D.-** Tall geològic E-W del Montsec de Tost. **E.-** Tall geològic N-S del Montsec de Tost (veure situació a fig. 4.60). **D.-** Devoniana; Tb.- Buntsandstein; Tk.- Keuper + Muschelkalk; J+C.- Juràssic i Cretaci inferior; Cs.- Cretaci superior; G.- fàcies garumnianes; E.- formació de les Calcàries amb alveolines. M.- encavalcament del Montsec de Tost; MI.- encavalcament inferior del Montsec de Tost; MS.- encavalcament superior del Montsec de Tost; B.- encavalcament de Banyeres; FP.- Finestra de Pujals; R.- retroencavalcament; USC.- Unitat Sudpirinenca Central.

Una altra de les característiques particulars del mantell del Montsec de Tost és la disposició del Buntsandstein de l'escata superior, que està inclinat cap al sud-oest entre 30 i 60°, amb un traçat cartogràfic subparal·lel a la falla de Colldarnat (fig. 4.60). En conseqüència les línies de *cutoff* de bloc superior d'aquest nivell estan orientades NE-SW.

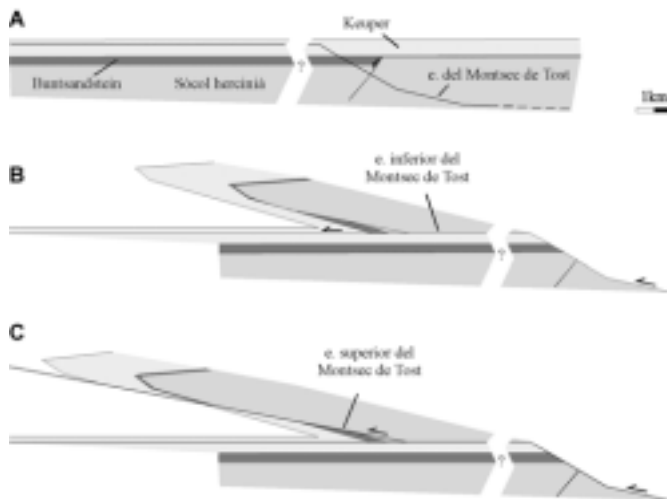


Fig. 4.72.- Modelització en avanç de l'emplaçament la làmina del Montsec de Tost (escala gràfica aproximada). En l'estadi inicial (A) la diferència de potència del Buntsandstein l'he associat a una falla normal inclinada cap al sud. Durant una primera etapa de deformació (B), la làmina es desplaça sencera cap al sud. En els estadis tardans de l'emplaçament de l'escata (C), la falla triàsica ha experimentat una rotació que la converteix en una estructura de lliscament preferencial, en detriment de l'encavalcament basal, actiu fins aquest moment. A partir d'aquest estadi el salt que es produeix a la zona d'arrelament només es transmet a l'encavalcament superior del Montsec de Tost.

Per sota del Montsec de Tost la làmina encavalcant de Banyeres presenta una estructura interna que registra la transició entre l'etapa distensiva cretàica i l'orogènia alpina. El sòcol d'aquesta làmina correspon al mantell del Cadí, del que està desenganxat a nivell del Keuper. Els termes del Cretaci superior (Santonianà inferior – Campanià) que conte la làmina de Banyeres (formacions d'Adraén i Bona) es van dipositar en conques extensives de dimensions reduïdes situades al sud les conques del Cretaci inferior i que estaven afectades per falles de transferència subverticals (Flinch, 1990; Flinch i Casas, 1996). Aquestes conques estan fossilitzades pel Garumnià i l'Eocè inferior (Calcària amb alveolines), que se sedimentaren en el solc d'avantpaís pirinenc (Ullastre i Masriera, 1989; Flinch, 1990; Vergés, 1993).

En el terciari hi ha evidència de relleus propers als conglomerats que apareixen al contacte entre el Garumnià i l'Eocè, amb còdols derivats de les formacions subjacents (veure descripció d'aquests materials en el capítol 2), indicant deformació abans de l'emplaçament de la làmina del Montsec de Tost probablement es manifesta en forma plects desenganxats a nivell del Keuper com els descrits durant aquest període en diferents zones dels Pirineus (Betzler, 1989; Vergés, 1993; Teixell i Muñoz, 2000). Aquests plects generaven diferències topogràfiques que afavorien la sedimentació al·luvial, representada per les fàcies conglomeràtiques, observades tant al marge nord de la làmina de Banyeres com a la finestra de Sorribes.

Les fàcies calcàries amb alveolines que apareixen per sobre dels conglomerats registren la profundització d'aquesta àrea associada a la migració del solc d'avantpaís de la serralada pirinenca. Durant aquest període els plects de desenganxament continuen creixent i generant canvis de potència de la Calcària amb alveolines entre les zones d'anticlinal i sinclinal. Per això, en la restitució de la transversal de Banyeres el traçat d'alguna de les capes de les formacions paleògenes mostra ondulacions (veure la part caudal de la làmina de Banyeres a la figura 4.65B). Aquest tipus d'estructures també han estat descrites a la zona del port del Comte (Betzler, 1989).

En un estadi més avançat de l'evolució de la serralada, però encara dins l'Eocè inferior, aquesta zona és encavalcada pel mesozoic de la USC. L'etapa prèvia a la l'emplaçament d'aquesta unitat està registrada per la complexitat estructural i litològica dels sediments eocens de la finestra de Pujals (veure capítol 2), que són

les roques més modernes de la làmina encavalcament de Banyeres: aquests materials estan afectats per diverses falles sinsedimentàries, i tenen un caràcter marcadament detrític. Per les seves característiques, considero que eren molt pròxims a una zona tectònicament activa, el front de la USC en aquell moment. Segons Vergés (2003) el Montsec de Tost representaria el sòcol de la USC, a la cua del mantell.

La inversió del flanc sud de la làmina de Banyeres (fig. 4.65 **A**) indica que aquesta es formà com un plec de propagació de falla amb trencament tardà del flanc frontal, reactivant els plecs de desenganxament formats durant l'Eocè inferior, i deformant passivament l'escata del Montsec de Tost, ja emplaçada (fig. 4.71 **A** i **B**). El trencament del flanc frontal dóna lloc a una relació fora de seqüència, que causa geometries de tall complexes a la zona de la vall de Lavansa. En síntesi, la complexitat interna que presenten les làmines encavalcants del Montsec de Tost i de Banyeres és la pròpia d'una zona de relleu entre dues unitats estructurals majors (Nogueres i Cadí), caracteritzada per rampes laterals, estructures fora de seqüència i desplaçaments oblics.

Els encavalcaments del Montsec de Tost i de Serra Cavallera s'uneixen lateralment al sud de la vall del riu Tost, suggerint que el mantells de Nogueres i Cadí van viatjar conjuntament en algun moment. De fet el segment de l'encavalcament del Montsec de Tost que se superposa a l'escata de Banyeres correspon a una rampa lateral entre els mantells de Nogueres i Cadí, que es relleuen just en aquesta zona. La continuació cap a l'est de l'encavalcament de Serra Cavallera forma un replà complex entre el Triàsic i el Cretaci superior de la serra del Cadí (Flinch, 1990) i la seva rampa de sòcol aflora 15km a l'est de la transversal de Banyeres, a la zona del cim del Comabona (veure situació al mapa topogràfic en CD annex) (Vergés, 1993), tot i que continua estant desarrelat. A la transversal de Banyeres, l'arrelament de la unió de Nogueres i Serra Cavallera s'ha de situar al nord de la fossa de Cerc, la qual encara conté Estefano-permià del bloc inferior. Una possible estructura on arrelar aquests encavalcaments seria l'encavalcament d'Estamariu, a la base de la làmina devoniana del Segre, però segons Poblet (1991) aquest està fossilitzat pel Buntsandstein, fet que de ser cert obligaria a buscar l'arrelament encara més al nord.

4.4 RELACIÓ ENTRE LA ZONA DE LES NOGUERES I LA USC. EL REGISTRE TECTO-SEDIMENTARI DELS CONGLOMERATS TERCIARIS

Com ja he esmentat en diversos punts d'aquesta tesi, la relació a escala regional entre la Zona Axial *s.l.* i la USC està definida a grans trets per un sistema de retroencavalcaments, que funciona com un *passive roof thrust* durant els estadis tardans de la deformació alpina. Muñoz (1992) defineix el més important com a retroencavalcament de Morrerres. La cartografia geològica (veure la làmina 1, en annex) mostra que el sistema de retroencavalcaments és complex a escala local, ja que no és una estructura contínua al llarg del marge meridional de la Zona Axial *s.l.*, sinó que està format per una sèrie d'accidents que en modifiquen la geometria i relacions de tall locals. L'estudi d'aquesta complexitat pot aportar llum a la descripció dels estadis tardans de la deformació alpina. Amb aquest objectiu, en aquest apartat es descriuen aquelles estructures menors del sistema retroencavalcant de Morrerres, així com la relació entre el sistema retroencavalcant i els conglomerats sintectònics terciaris, un dels elements distintius d'aquesta zona.

En la zona d'estudi, els afloraments del contacte entre la Zona Axial *s.l.* i la USC presenten sempre les làmines encavalcants de la zona de les Nogueres al nord, però al sud mostren canvis de nivell estructural a l'interior de la USC (veure el conjunt de talls geològics en la làmina 2, en annex). Els afloraments de la USC al sector occidental d'aquesta tesi corresponen a la làmina de Serra Faiada. Aquesta làmina conté el Juràssic i el Cretaci, però es troba situada al bloc inferior del retroencavalcament de Morrerres de Muñoz (1992), que aflor al sud entre Adons i Senterada. L'estructura d'aquesta làmina està definida per la superposició de la deformació tardana (encavalcaments i retroencavalcaments d'alt angle) a les estructures de deformació prèvies i sincròniques al seu emplaçament (Saura, 2000; Garcia Senz, 2002). Els conglomerats de la conca intramuntana de Senterada, que es troba discordant sobre les escates de les Nogueres i la làmina de Serra Faiada, representen un bon registre de la deformació tardana que experimenta aquesta zona i serà analitzada en la primera part d'aquest apartat.

En el sector central de la zona d'estudi, el contacte entre la Zona Axial *s.l.* i la USC correspon pròpiament al retroencavalcament de Morrerres. En aquest sector aquest retroencavalcament presenta sempre el Juràssic i/o el Cretaci del mantell de Bóixols en el bloc superior en contacte amb les escates de la zona de les Nogueres en el bloc inferior. El registre sedimentari de la deformació tardana del marge nord de la USC en aquest sector està format per les conques de la Pobla i de Taús; l'estructura del marge nord de la conca de la Pobla a la vall del Flamicell i de la conca de Taús seran descrites en la segona i tercera part d'aquest apartat, respectivament.

En el sector oriental, el contacte entre la Zona Axial *s.l.* i la USC continua essent marcadament retroencavalcant, però la falla de Colldarnat implica un canvi de nivell estratigràfic en el bloc superior del sistema de retroencavalcaments, que se situa en el Keuper a l'est de la falla. El registre sedimentari de la deformació tardana en aquest sector se situa a la conca intramuntana de Montant, que serà descrita al final d'aquest apartat.

4.4.1 La conca de Senterada

La relació entre les formacions conglomeràtiques que apareixen a la conca de Senterada i les estructures tardanes (fig. 4.73) permet establir la seqüència de deformació en aquesta zona, i conjuntament amb l'estudi petrològic dels conglomerats, correlacionar-les amb les principals estructures alpines de la zona d'estudi. Dins la conca de Senterada s'han distingit tres formacions conglomeràtiques amb diferents característiques litològiques i estructurals. El grup de Sarroca (Saura, 2000) es troba a la base de la conca entre Perves i Sarroca de Bellera i presenta còdols derivats de les formacions directament adjacents, fet que comporta una transició composicional paral·lela als canvis en el substrat (fig. 4.74). Hi dominen els còdols provinents de la USC a l'oest i de la zona de les Nogueres a l'est. Discordant sobre aquesta formació apareix l'al·logrup de Senterada (Mellere i Marzo, 1992), present en tota la conca, amb còdols derivats principalment de la zona de les Nogueres. Finalment, la formació més recent és l'al·logrup d'Antist (Mellere i Marzo, 1992), que presenta una composició principalment derivada de la Zona Axial (Veure el capítol 2 d'aquesta tesi per a una descripció més amplia d'aquests materials).

Les estructures de deformació tardana que afecten la conca de Senterada es localitzen principalment en les formacions inferiors en forma d'encavalcaments i retroencavalcaments tardans (fig. 4.20 i 4.21) i de plegament (fig 4.25). La formació sedimentària recent de la conca (al·logrup d'Antist) fossilitza les estructures que afecten les formacions subjacents (fig. 4.5), registrant el final de la deformació alpina en aquesta zona.

Les estructures de deformació també afecten la làmina de Serra Faiada. Al sud de la conca de Senterada, l'encavalcament de Serra Faiada (fig 4.73A) dibuixa un gran anticlinal vergent al nord (anticlinal de Bellera), amb el flanc septentrional verticalitzat (fig 4.73B). Aquesta fase de plegament es manifesta en el marge sud de la conca de Senterada en forma de discordances progressives afectant els grups de Sarroca i Senterada (fig 4.73 C) i en un sistema d'encavalcaments (fig 4.73D) i retroencavalcaments d'alt angle (fig 4.73E i F), orientats SE – NW menys a la zona de Perves, on es disposen NNE – SSW.

La cartografia geològica i els talls de detall de la figura 4.74 mostren les relacions entre les principals estructures i il·lustren la successió de la deformació a partir de diverses discordances angulars. El tall geològic de la transversal de Perves (fig. 4.74B) mostra com els encavalcaments tardans d'alt angle i vergència sud afecten els conglomerats del grup de Sarroca, que es disposen en *onlap* sobre la làmina de Serra Faiada, i estan compostos únicament per còdols procedents de la USC (fig. 4.73E i F). L'al·logrup de Senterada es disposa en *onlap* sobre el grup de Sarroca fossilitzant els encavalcaments, fins a posar-se discordant sobre els carbonats mesozoics, com es pot observar al coll de Perves (fig. 4.74A).



Fig 4.73.- Fotografies de diversos aspectes del contacte entre la zona de les Nogueres i la làmina encavalcant de Serra Faiada. **A.-** Encavalcament de Serra Faiada al flanc meridional de l'anticlinal de Bellera, en una pedrera situada al sud de Xerallo. **B.-** Discordança basal de la conca de Senterada a la vall del riu de Cadolla, entre Senterada i Sarroca de Bellera. La inclinació de les capes terciàries és deguda a la seva situació al flanc nord de l'anticlinal de Bellera. **C.-** Panoràmica de la conca de Senterada al nord del riu Bòssia en la mateixa zona de la fotografia anterior. S'observa la lleugera discordança progressiva que afecta les capes inferiors. **D.-** Encavalcament d'alt angle que talla els conglomerats terciaris i la USC, entre Xerallo i Sarroca de Bellera. **E.-** Aflorament dels conglomerats del grup de Sarroca al sud de Perves. Els conglomerats estan afectats per un sistema penetratiu de falles inclinades cap al sud. **F.-** Detall d'una de les superfícies de falla de la fotografia anterior, sobre la que apareixen estries que indiquen un moviment invers. Tk.- Keuper; J+C.- Juràssic i Cretaci inferior.

El tall geològic de la transversal de Sarroca de Bellera (fig. 4.74C) mostra relacions estratigràfiques similars a les de la transversal anterior, però amb algunes variacions estructurals. En aquesta transversal el riu Bòssia està encaixat a la zona de xarxera de l'anticlinal de Bellera, permetent l'aflorament del Keuper del nucli de l'anticlinal i desconnectant els afloraments de l'encavalcament de Serra Faiada que està lleugerament inclinat cap al sud en el flanc meridional i amb una inclinació forta cap al nord en el flanc

septentrional. Els conglomerats del grup de Sarroca es troben subverticals en el flanc nord de l'anticlinal, tot i estar en discordança sobre els carbonats mesozoics. El límit nord de l'anticlinal de Bellera està definit per un retroencavalcament, que posa en contacte la USC amb la zona de les Nogueres, que en aquesta zona ja funciona com a àrea font del grup de Sarroca. El retroencavalcament està tallat per un encavalcament d'alt angle vergent al sud, que també afecta el grup de Sarroca (fig. 4.73 D), però està fossilitzat per l'al·logrup de Senterada. Aquesta darrera formació es disposa en *onlap* cap al sud sobre el Keuper del nucli de l'anticlinal de Bellera i sobre el Mesozoic de la làmina de Serra Faiada fossilitzant el plec, i cap al nord sobre l'escata superior d'Erdo de la zona de les Nogueres (Fig. 4.74C). Les capes de l'al·logrup de Senterada estan lleugerament inclinades cap al nord, tot i que formen alguna inflexió suau per sobre del grup de Sarroca, i per projecció dels afloraments més orientals (fig. 4.73C), la seva inclinació ha de disminuir al pujar en la sèrie definint una suau discordança progressiva.

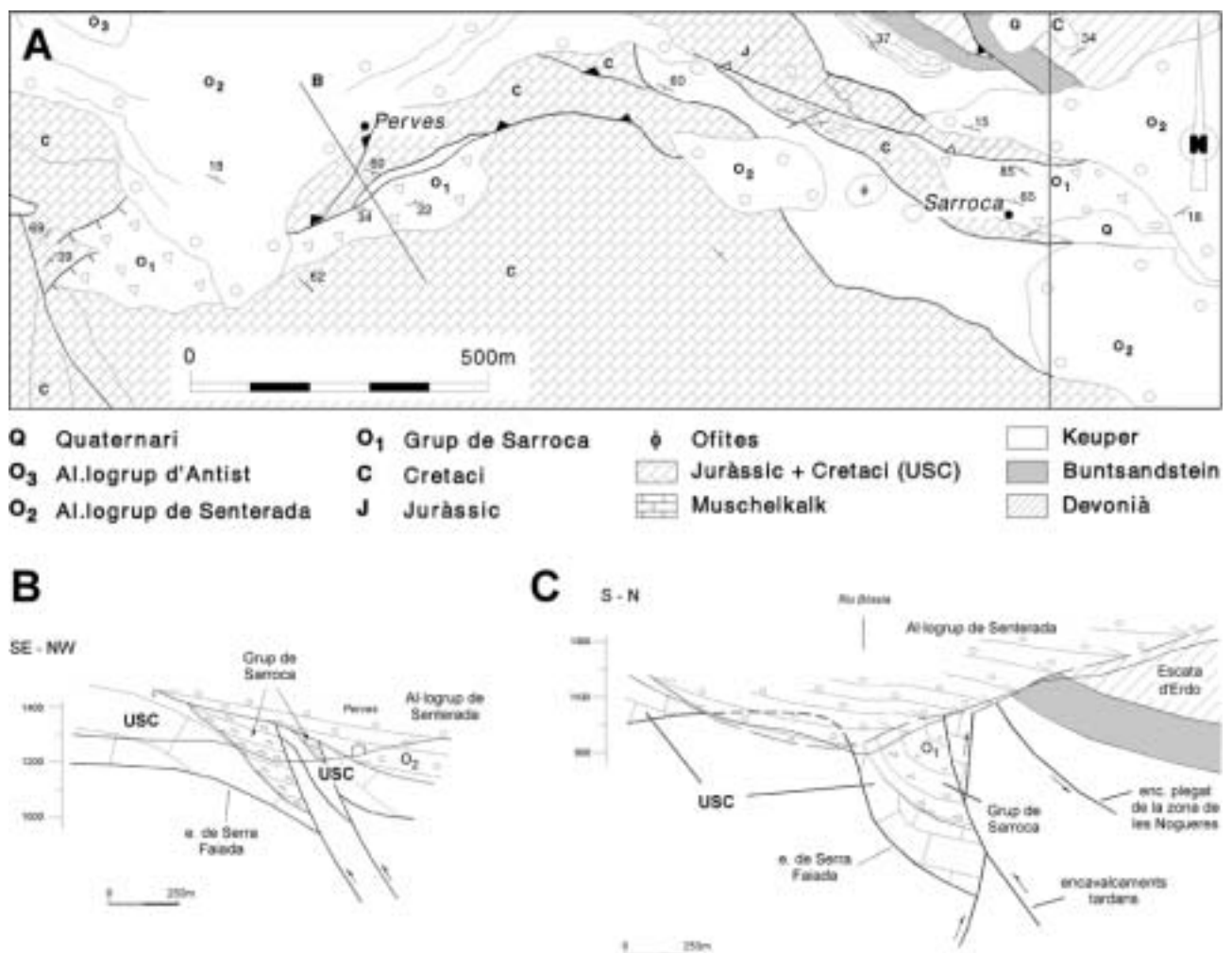


Fig.4.74.- **A**.- Mapa geològic de l'àrea de Sarroca – Perves. **B** i **C**.- Talls geològics (situació en el mapa) (segons Saura, 2000; modificat). Més detalls de l'estructura dels conglomerats es poden trobar en els talls geològics de la làmina 1, en annex (talls 4 i 5).

La figura 4.75 mostra una síntesi de l'evolució tecto-sedimentària d'aquesta regió després de l'emplaçament de les làmines de les Nogueres (fig. 4.75A). Durant la sedimentació del grup de Sarroca, l'anticlinal de Bellera augmenta la seva amplitud i actuen els encavalcaments d'alt angle (fig., 4.75B), produint un escurçament horitzontal de 500m aproximadament. El següent estadi correspon a la sedimentació i plegament de l'al·logrup de Senterada, que supera en *onlap* un desnivell de 500m recobrint la formació terciària anterior (fig. 4.75C). En aquest estadi també es desenvolupen les discordàncies progressives de l'est de la transversal de Sarroca, indicant que en aquesta zona l'anticlinal de Bellera continua creixent. L'escurçament que es produeix durant aquest període es troba entre 100-150m. L'estadi final (fig. 4.75D) correspon a la sedimentació de l'al·logrup d'Antist en una paleovall encaixada entre l'al·logrup de Senterada i la làmina de Castellgermà, fossilitzant les estructures actives durant la sedimentació de les formacions terciàries subjacents. La seva disposició subhoritzontal registra l'aturada de la deformació en aquesta zona i reflecteix la situació actual.

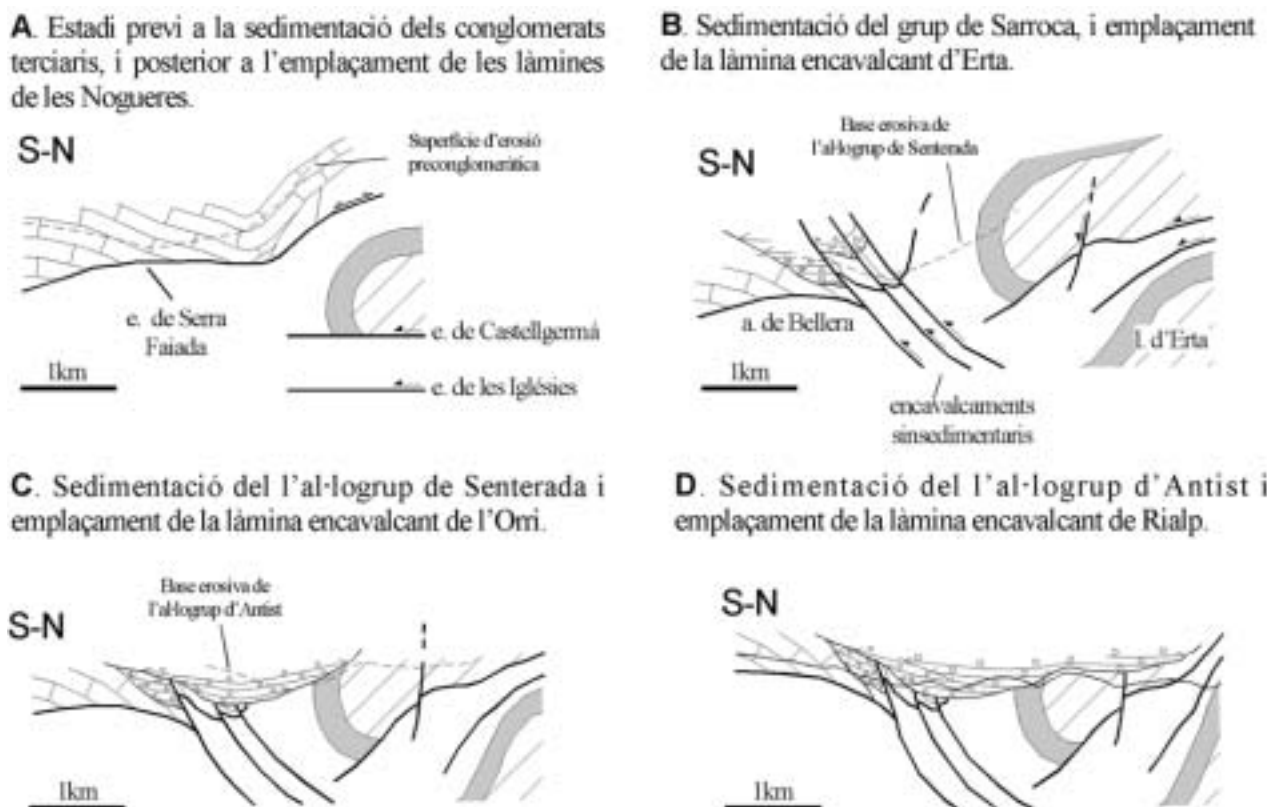


Fig. 4.75.- Síntesi de l'evolució tecto-sedimentària tardana a la transversal de Manyanet (llegenda a la figura 4.74) des de l'estadi posterior a l'emplaçament de la làmina de Castellgermà fins a l'actualitat (Saura i Teixell, 2000; modificat).

El diagrama evolutiu de la figura 4.75 il·lustra la deformació tardana, atribuïble a l'Eocè terminal – Oligocè segons l'edat dels conglomerats (veure capítol 2). Per aquesta etapa podem calcular un escurçament horitzontal total de 600-650m. Aquest valor és modest en comparació amb l'escurçament total dels Pirineus meridionals en aquesta època, però representa un testimoni de la creació de relleu estructural en el rerepaís de les actuals làmines de cobertura sudpirinenques.

En aquesta zona s'ha diferenciat tres formacions conglomeràtiques terciàries. A la base de la conca de la Pobla, a la zona de Cérvoles, i a la base de la conca de Senterada, al nord de Montcortés, afloren nivells conglomeràtics, generalment amb inclinacions fortes i amb composicions derivades de zones adjacents. Per la seva posició estructural d'aquest conglomerats es poden correlacionar amb el grup de Sarroca. Sobre aquests materials es disposen els conglomerats de l'al·logrup de Senterada, amb un angle discordança variable i còdols derivats bàsicament de la zona de les Nogueres. Finalment, de la mateixa forma que a la zona de Sarroca, les capes de l'al·logrup d'Antist es disposen discordants sobre tot el conjunt i fossilitzen les estructures prèvies. A diferència de les formacions terciàries subjacents, la base de l'al·logrup es troba en cotes equiparables en les dues transversals, fet que confirma que durant la seva sedimentació les principals estructures d'aquesta zona ja no eren actives.

Pel que fa a l'estructura, el Keuper del bloc inferior del retroencavalcament de Morrerres correspon a la continuació oriental de l'anticlinal de Bellera. En el bloc superior, corresponent al marge nord del mantell de Bóixols, el Cretaci inferior està afectat per falles normals fossilitzades pel Cretaci superior, que es disposa inclinat cap al sud. Les formacions de Prada i Lluçà, molt deformades, tenen poca continuïtat lateral i per això les estructures que apareixen cada transversal són substancialment diferents. A la vall del Flamicell destaca una important acumulació de les margues de Lluçà a la zona compresa entre Reguard i la roca de Sant Isidro (fig. 4.76), que Garcia Senz (2002) descriu com a conseqüència de l'acció de falles normals aptianes. Per altra banda, a la carena del Roc de Sant Aventí hi ha un gruix important de les calcàries de Prada afectades per falles normals i retroencavalcaments. Cap a l'est les primeres es veuen fossilitzades per les calcàries de Sta. Fe (fig. 4.76).

El tall geològic de la transversal de Cérvoles (fig. 4.77A) creua la base de la conca de la Pobla els conglomerats del grup de Sarroca, que presenten un cabussament pròxim als 60°, i es disposen en *onlap* cap al sud. Aquests conglomerats tenen una composició bàsicament derivada de calcàries de la USC, malgrat que també s'observen còdols triàsics, i arriben a estar en contacte amb el Keuper, en una paleovall, verticalitzada en l'actualitat (fig. 4.76).

Els afloraments de l'al·logrup de Senterada es distribueixen al llarg de tot el tall mostrant una evolució molt relacionada amb les estructures de deformació tardana. La característica destacable d'aquests materials és la diferència de cota que existeix entre els afloraments de la seva base a la conca de la Pobla i a la de Senterada, que és superior als 300m. A la conca de Senterada, aquests conglomerats es disposen en *onlap* cap al sud sobre el Cretaci inferior, en l'aflorament més oriental de la làmina de Serra Faiada, formant una discordança progressiva (fig. 4.73C), associada a la seva situació sobre el flanc nord de l'anticlinal de Bellera. Al sud de l'encavalcament de Serra Faiada els afloraments aïllats d'aquesta formació estan alineats subparal·lels al retroencavalcament de Morrerres i les seves capes presenten importants canvis d'orientació, arribant a estar subverticals al sud de Burguet. Aquest canvis d'orientació es representen com a plects de propagació de falla associats a retroencavalcaments cecs en el Keuper subjacent. Al sud d'aquests afloraments, l'al·logrup de Senterada es disposa en *onlap* cap al nord sobre el Cretaci de la USC i el grup de Sarroca. La base de l'al·logrup de Senterada és subparal·lela al grup de Sarroca, però perd inclinació

ràpidament cap al sud. La seva relació amb el retroencavalcament de Morreres no es pot descriure en aquesta transversal, ja que mai apareixen directament en contacte.

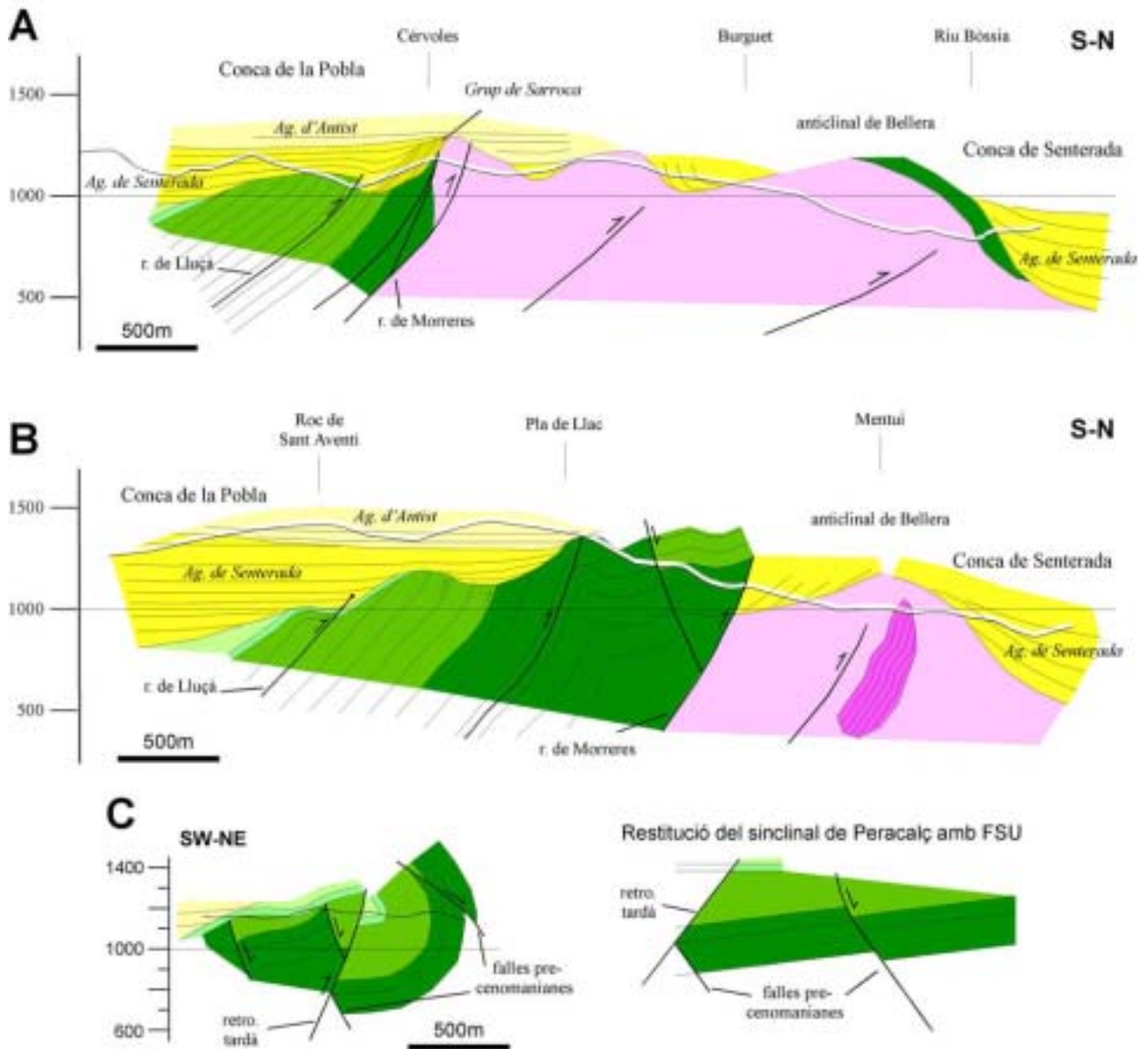


Fig. 4.77.- Talls geològics de la zona de transició entre les conques de la Pobla i Senterada (localització a la figura 4.76). **A.**- Tall geològic a la transversal de Cérvoles, vessant oest del Flamicell. **B.**- Tall geològic de la transversal del Roc de St. Aventí, vessant est del Flamicell. **C.**- Tall geològic de la serra de Peracalç. Es mostra el desplegament del sinclinal de Peracalç amb l'algoritme *Flexural Slip Unfolding* del 2DMove per il·lustrar que les falles que afecten el flanc invertit poden correspondre a falles normals de l'Aptià superior.

En aquest zona, la base dels conglomerats està afectada per un retroencavalcament amb poc salt paral·lel a l'estratificació cretàica (retroencavalcament de Lluçà) simultani a la sedimentació dels conglomerats. Al fons de la vall del Flamicell, aquest retroencavalcament superposa les Margues de Lluçà a les calcàries de Sta. Fe, i presenta fractures de tensió que n'indiquen el moviment invers (fig. 4.78). Interpreto que aquest retroencavalcament resulta de l'acomodació del lliscament flexural associat a la reactivació del sinclinal que forma la part caudal del mantell de Bóixols, en un mecanisme similar al descrit per Alonso (1989) a la

serralada Cantàbrica. Estructures d'aquest tipus han estat descrites en situacions estructurals equivalents en altres transversals (Garcia Senz, 2002). La base de l'al·logrup d'Antist aflora 700m a l'oest del tall, on reposa subhoritzontal fossilitzant les estructures de deformació tardana.



Fig. 4.78.- Aflorament del retroencavalcament de Lluçà a la vall del Flamicell. S'indica de color blanc les fractures de tensió que són consistents amb el moviment invers d'aquesta estructura.

El tall de la transversal del Roc de Sant Aventí (fig. 4.77B) mostra nous aspectes de la relació entre les conques de la Pobla i Senterada. En aquesta transversal no ha estat observada la presència de conglomerats del grup de Sarroca, tot i que al nord de l'estany de Montcortés, 1km a l'est del tall, apareixen unes capes fortament inclinades cap al nord (fig. 4.44), que podrien correspondre a aquesta formació. La base dels conglomerats de Senterada es troba al sud del barranc de Riuxou (fig. 4.76) inclinada cap al nord, on les capes de l'al·logrup formen una discordança progressiva. Més al nord, entre la Pobleta de Bellvehí i la Plana de Montrós torna a aflorar la base dels conglomerats, on estan inclinats cap al sud i discordants sobre l'escata de Bretui (fig. 4.20). Aquest canvi d'inclinació correspon als flancs del sinclinal que afecta la conca de Senterada, descrit anteriorment (fig. 4.25).

Els conglomerats de l'al·logrup de Senterada tornen a aparèixer en una franja de direcció E-W al sud de Mentui (fig. 4.76 i 4.77B). Les capes d'aquest aflorament estan inclinades cap al sud fent *onlap* sobre el Keuper de la zona de les Nogueres, i estan tallades pel retroencavalcament de Morreres. Per tant, els afloraments de l'al·logrup de Senterada al nord de la USC permeten deduir una estructura anticlinal per al marge sud de la conca de Senterada (fig. 4.77B), posterior a la formació de les discordances progressives, i anterior al retroencavalcament de Morreres. Aquest anticlinal representa la continuació cap a l'est de l'anticlinal de Bellera, més enllà de la terminació oriental de la làmina de Serra Faiada. Els afloraments del flanc nord indiquen que una part important del creixement d'aquest plec es produeix després de la sedimentació de l'al·logrup de Senterada. En el nucli de l'anticlinal continua apareixent el Keuper que en aquesta zona conté diverses barres de Muschelkalk i ofites en el flanc nord del plec, i està afectat per un retroencavalcament menor. Aquest retroencavalcament aflora a la vall del Flamicell on superposa el Keuper

als nivells basals de l'al·logrup de Senterada, però és fossilitzat ràpidament pels nivells superiors d'aquesta formació (fig. 4.76 i R1 a 4.25). La continuació en aquesta transversal del retroencavalcament es troba en el Keuper al nord de les barres calcàries i les ofites. Per la seva posició estructural aquest retroencavalcament podria unir-se lateralment amb el retroencavalcament de Gerri que aflor a l'est a la vall de la Noguera Pallaresa (fig. 4.48A) i desapareix sota la conca de Senterada a la zona de Bretui (fig. 4.47).

La base dels conglomerats de la conca de la Pobla aflor al sud sobre el Cretaci de la USC, més de 300m per sobre dels afloraments del flanc sud de l'anticlinal de Bellera. La base de la conca, que en el tall de la figura 4.77B està representada per l'al·logrup de Senterada, escala en *onlap* cap al nord un desnivell superior als 500m, sobre un paleorelleu en costa definit pel Cretaci. Les capes de l'al·logrup de Senterada es troben subhoritzontals en la major part de la seva extensió, però en el marge nord de la conca estan lleugerament més inclinades cap al sud, i mostren evidències d'estructures d'acomodació del lliscament flexural que afecta la seqüència cretàica subjacent com les del vessant oest del Flamicell. El retroencavalcament de Lluçà també ha estat projectat per sota de la superfície, amb la geometria que s'observa al sud de Reguard tallant les calcàries cenomanianes de Sta. Fe, que dibuixen un anticlinal de rampa en el bloc superior del retroencavalcament. Com en la resta d'afloraments d'aquest al·logrup, la seva base es disposa subhoritzontal sobre totes les formacions anteriors, fossilitzant les estructures més tardanes.

La diferència important entre les dues transversals és la distribució de les estructures retroencavalcants. Al vessant est del Flamicell el retroencavalcament de Morreres és l'estructura important, però al vessant oest apareix un retroencavalcament cec intra-Keuper al nord del de Morreres. La unió entre els dos retroencavalcaments seria lateral, d'una forma similar a la que s'observa a l'est del tall de St. Aventí, on el retroencavalcament de Morreres es bifurca amb una branca situada al contacte entre el Cretaci i el Keuper i una altra a l'interior del Keuper, que arriba a estar superposat als conglomerats terciaris. Això implica dos temps d'activitat del retroencavalcament de Morreres, amb una reactivació tardana que a l'oest de la vall es distribueix a l'estructura intra-Keuper.

Il·lustraré l'evolució tecto-sedimentària del marge nord de la conca de la Pobla basant-me en la transversal de Cérvoles, que és la que presenta un registre sedimentari més complet (fig. 4.79).

La disposició dels conglomerats del grup de Sarroca en *onlap* cap al sud sobre el Keuper de la zona de les Nogueres i sobre el marge nord de la USC indica que en el moment de la seva sedimentació (fig. 4.79A), estaven desconnectats de la conca de la Pobla, ja que el límit nord del mantell de Bóixols definia un alt topogràfic que separava els mantells de cobertura de les làmines de sòcol, quan part del salt del retroencavalcament de Morreres ja s'havia produït, generant precisament l'alt topogràfic.

La sedimentació de l'al·logrup de Senterada s'inicia al nord del retroencavalcament de Morreres, a la conca de Senterada, moment en el que es formen les discordances progressives del marge sud d'aquesta conca (fig. 4.79B). Per la seva posició, aquestes discordances han d'estar lligades al creixement de l'anticlinal de Bellera, tot i que la inclinació cap al sud de les capes conglomeràtiques del sud de Mentui (fig. 4.77) indiquen que o bé el creixement de l'anticlinal es va aturar momentàniament, o bé la taxa de

sedimentació era molt superior la d'amplificació del plec. En aquesta etapa les dues conques continuen estant físicament separades per l'alt del límit nord de la USC.

La següent etapa (fig. 4.79C) correspon al funcionament del retroencavalcament intra-Keuper de l'oest de la vall del Flamicell (el retroencavalcament de Morreres continua actiu a la zona de Montcortés). A aquesta etapa corresponen els plecs que afecten els conglomerats de la zona de Burguet. És llavors quan es produeix la sedimentació simultània de l'al·logrup de Senterada a les dues conques, tot i que el límit nord de la USC continuava representant un alt topogràfic, i per tant és possible que la connexió entre les dues àrees només fos puntual.

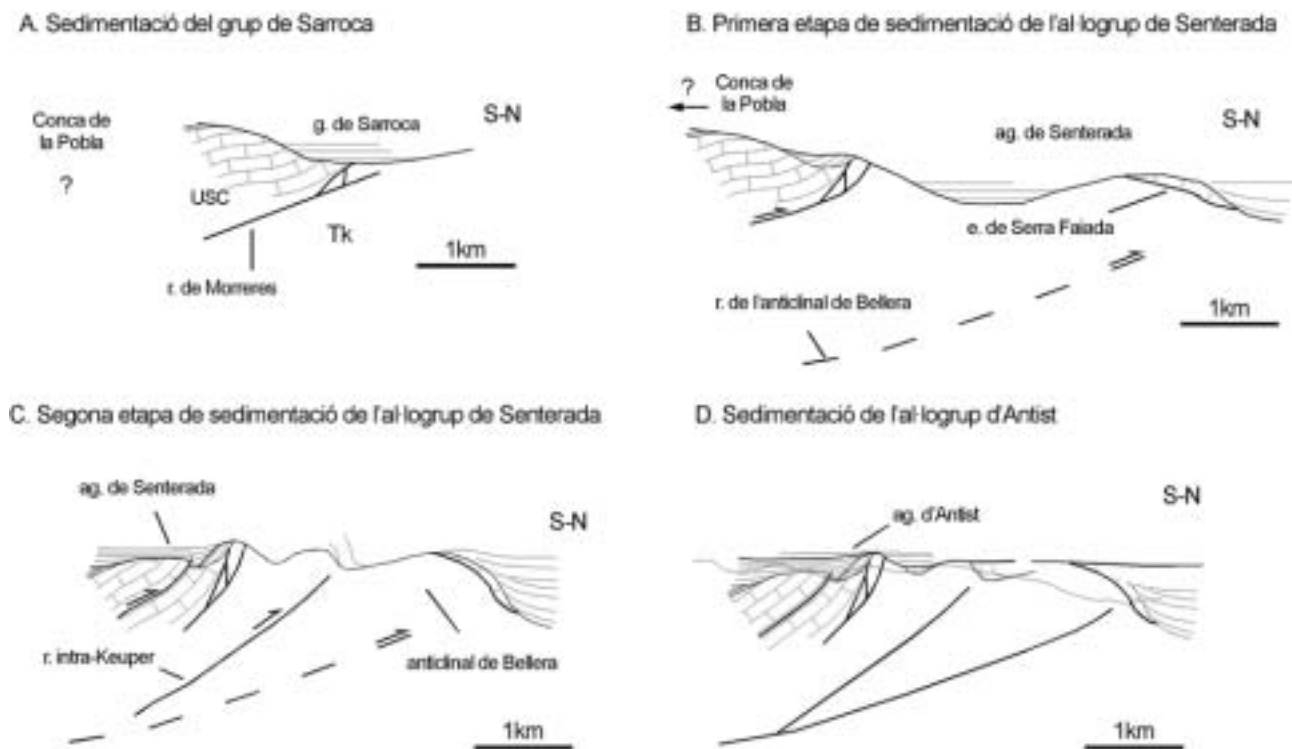


Fig. 4.79.- Síntesi de l'evolució tecto-sedimentària tardana de la zona de transició entre la conca de la Pobla i la conca de Senterada. A l'etapa A no s'ha dibuixat l'encavalcament de Serra Faiada perquè no existeix cap element que permeti deduir-ne la situació i orientació. Tk.- Keuper.

El final d'aquesta etapa de deformació correspon a l'aturada dels retroencavalcaments, que són fossilitzats per l'al·logrup d'Antist. Aquest al·logrup se sedimenta de forma o menys homogènia en les dues conques. La situació de tots els afloraments d'aquesta formació aproximadament a la mateixa cota mostren que durant aquesta període la connexió entre les conques de la Pobla i Senterada ja era efectiva.

L'escurçament horitzontal que es produeix durant aquesta etapa és superior al que es dona a la zona de Xerallo, tot i que continua essent d'ordre hectomètric.

4.4.3 El contacte entre la USC i la zona de les Nogueres entre les valls de la Noguera Pallaresa i el Segre

El contacte entre la USC i la Zona de les Nogueres entre les valls de la Noguera Pallaresa i el Segre és el més simple de la zona d'estudi, i correspon al retroencavalcament de Morrerres. Aquest retroencavalcament es presenta com una falla única, inclinada entre 50° i 60° cap al sud, que es pot seguir des del barranc de Morrerres, a l'oest fins més enllà de la vall del Segre a l'est (veure mapa geològic i talls a les làmines 1 i 2, en annex). El principal canvi que s'observa en aquesta estructura en relació als afloraments de les valls dels rius Bòssia i Flamicell és el fet en el bloc inferior talla escates de la zona de les Nogueres. En el bloc superior la USC té una estructura senzilla que en les zones descrites anteriorment, amb una sèrie amb tendència monoclinial, inclinada cap al sud. El Juràssic apareix per sota de la formació de les calcàries de Prada al vessant sud del Riu Major, adquirint importància en desplaçar-nos cap a l'est, i no torna a desaparèixer fins a la falla de Colldarnat (veure mapa geològic de la làmina 1, en annex). En aquesta zona, les capes de la formació de Bonansa formen un replà de bloc superior, com a mínim a la part superior del retroencavalcament.

Les relacions de tall del retroencavalcament de Morrerres amb les làmines de Castells *s.l.* i Freixe mostren que el retroencavalcament és posterior a l'emplaçament de les làmines de la zona de Nogueres, ja que escapça qualsevol element d'aquestes. Per altra banda, el fet que el retroencavalcament talli les escates permet deduir-ne el salt mínim en diferents transversals, ja que *cutoff* de bloc inferior de l'element més profund de la làmina present a cada transversal tallat pel retroencavalcament (encavalcament, sostre del Buntsandstein, etc.), se situaria com a mínim per sobre de la superfície topogràfica actual. Els salts mínims calculats segons aquest criteri són de 450m a la transversal est de la Noguera Pallaresa (fig. 4.48B), 300m a la de Taús (fig. 4.55), i 1300m a la de Trejuvell (fig. 4.57).

El registre sedimentari d'aquesta etapa en aquesta àrea correspon al marge nord de la Conca de la Pobla de Segur a la vall de la Noguera Pallaresa, situada al sud de la zona d'estudi, en continuïtat lateral amb els conglomerats de la transversal del Roc de St. Aventí (fig. 4.77B). Aquests materials no apareixen mai sobre el bloc inferior del retroencavalcament de Morrerres, i per tant la seva anàlisi s'escapa dels objectius d'aquesta tesi (per a discussions més amples de l'estructura d'aquests materials veure Mellere, 1992; Mellere i Marzo, 1992; Garcia Senz, 2002).

La conca de Taús (fig. 4.42B) representa una altra zona de sedimentació activa en estadis tardans de deformació, però el gruix de la sèrie conglomeràtica i la seva extensió cartogràfica no permeten extreure'n gaire informació. En tot cas, els conglomerats terciaris que s'observen en aquesta zona mostren composicions derivades de les formacions adjacents, amb capes en les que dominen els còdols del Juràssic i Cretaci inferior, i capes en les que ho fan els del Paleozoic i el Triàsic, indicant que en el moment de sedimentació dels conglomerats s'estaven erosionant simultàniament la USC i la zona de les Nogueres. Els cabussaments observats defineixen un plec sinclinal amb l'eix subparal·lel a la conca indicant que aquests materials van experimentar cert escurçament durant o després de la seva sedimentació.

4.4.4 Els conglomerats de Montant de Tost i la falla de Colldarnat

A l'est de la vall del Segre el contacte entre la USC i la zona de les Nogueres es pot dividir en dos sectors. A la vall de Tost el retroencavalcament de Morreres se situa en continuïtat amb els afloraments de l'oest del Segre descrits en l'apartat anterior, tot i que a les cotes més baixes de la vall del Segre, entre Bellpui i el turó de la Ciutat (veure mapa topogràfic en CD annex), encavalca sobre el Keuper. A l'àrea de Castellar de Tost, el retroencavalcament torna a tallar una làmina de la zona de les Nogueres, el Montsec de Tost, i canvia lleugerament d'orientació. A la vall de Lavansa el retroencavalcament és una estructura principalment intra-Keuper, amb l'excepció dels afloraments de l'area de cal Marroí, on talla l'escata superior del Montsec de Tost, en el seu bloc inferior (fig. 4.60). La transició entre els dos sectors se situa a la falla de Colldarnat (fig. 4.64). Aquesta falla, amb orientació NW-SE i inclinada cap al SE hauria funcionat alternativament com a retroencavalcament i falla de direcció dextra, com ho indiquen les estries observades a la superfície d'aquesta falla (fig. 4.80), malgrat que la magnitud de la component direccional d'aquesta falla és difícilment valorable. També podria estar relacionada amb la falla que limitava el nord de la conca d'Organyà a la vall del Segre i posteriorment reactivada durant l'orogènia pirinenca, descrita en la transversal de Castellar de Tost (fig. 4.61).

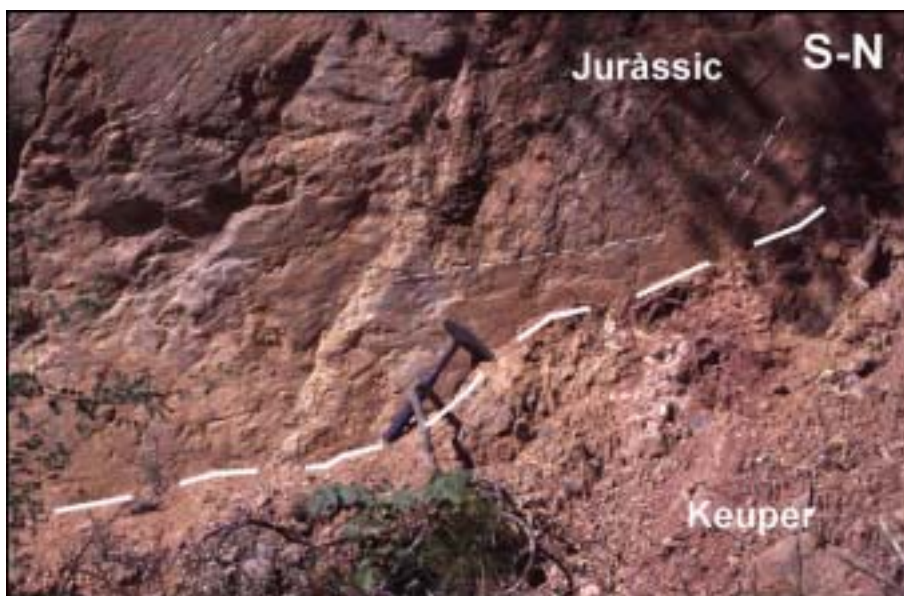


Fig. 4.80.- Imatge de la superfície de la falla de Colldarnat amb les estries que indiquen un salt alternativament dextre i invers, indicades amb traç fi i discontinu.

A l'oest de la falla de Colldarnat l'estructura interna de la USC es caracteritza per una sèrie de plectes amb vergència nord descrits en l'apartat corresponent. En aquesta zona hi ha una nova conca conglomeràtica; la conca de Montant, que presenta unes característiques similars a les de la conca de Taús, però amb una extensió sensiblement superior. La conca de Montant representa una acumulació superior als 300m de sediments associats a la de deformació tardana, disposats en *onlap* cap al nord sobre els carbonats de la USC. A la seva base presenta una formació bretxoide amb còdols bàsicament derivats de la USC. Per sobre

d'aquesta es disposa una sèrie conglomeràtica amb els còdols clarament procedents de la Zona Axial, en la que apareix alguna intercalació de composició derivada de la USC. Per tant, tal com passava a la conca de Taús, aquesta conca era alimentada simultàniament per àrees font situades al nord i al sud, tot i que el domini dels còdols procedents de la Zona Axial *s.l.* indica que probablement la zona situada al nord del Montsec de Tost representava un alt topogràfic més important que el del marge nord de la USC, a diferència del que s'observa en l'actualitat com a conseqüència de la fase distensiva neògena.

La relació d'aquests conglomerats amb el substrat mesozoic mostra que la sedimentació a la conca de Montant és simultània al creixement dels plecs que afecten el sòcol. Això s'il·lustra en la figura 4.81, on el desplegament amb *Flexural Slip Unfolding* de la USC, no mostra una disposició planoparal·lela de les capes conglomeràtiques, que en alguns casos estan més inclinades en la restitució que en el tall actual.

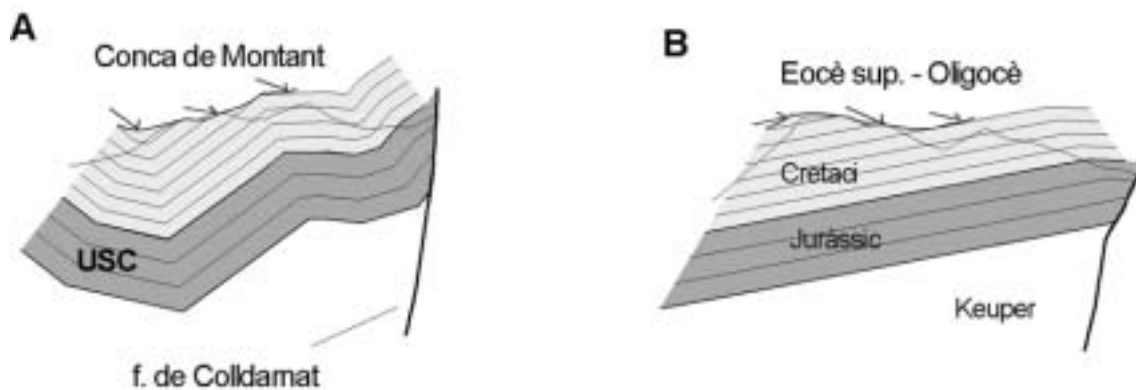


Fig. 4.81.- **A.**- Esquema del marge nord de la USC a la transversal de Castellar de Tost. **B.**- Desplegament dels plecs del marge nord de la USC amb l'algoritme FSU del 2DMove.

4.5 SÍNTESI DE L'EVOLUCIÓ TECTO-SEDIMENTÀRIA DE LA ZONA DE LES NOGUERES: RECONSTRUCCIÓ TRIDIMENSIONAL

Com a síntesi d'aquest capítol d'anàlisi de la zona de les Nogueres es proposa una reconstrucció de l'evolució de la deformació al sud de la Zona Axial, en la que s'integren els diferents elements introduïts en la descripció dels tres sectors en què s'ha dividit la zona d'estudi.

Aquesta síntesi s'il·lustra amb tres figures esquemàtiques que representen tres estadis principals diferenciats a l'àrea estudiada (fig. 4.82, 4.83 i 4.84): 1) emplaçament de les làmines encavalcants de les Nogueres; 2) emplaçament dels mantells d'Erta i l'Orri; i 3) emplaçament del mantell de Rialp. La deformació retroencavalcant que es produeix al contacte entre la Zona Axial *s.l.* i la USC no ha estat modelitzada, tot i que a la figura 4.84 es mostra una superfície que correspon aproximadament a aquest contacte. L'etapa distensiva neògena tampoc ha estat modelitzada.

Les figures 4.82, 4.83 i 4.84 han estat elaborades a partir de la modelització en avanç amb 2DMove i RampeEM de 26 transversals espaiades 2.5km, i de la posterior interpolació de les principals superfícies dels tallis obtinguts amb Autocad. No es tracta, per tant, d'una modelització tridimensional en sentit estricte. El procés utilitzat comporta que tots els desplaçaments reproduïts es donin en la mateixa direcció (N-S), i en conseqüència, els models només representen una aproximació a la cinemàtica real.

La situació de partida (fig. 4.82A) correspon a una àrea definida per la presència de diverses fosses estefano-permianes cobertes pel Triàsic horitzontal. Les fosses representades són les de Gramós - Prats d'Aguiló, d'Estac i d'Erill Castell al sud, i les corresponents a les làmines de Gotarta, Sta. Bàrbara i Arcalís – España al nord. La distància entre les fosses del nord i del sud és desconeguda, i la situació que es mostra a la figura 4.82A representa el mínim exigít pels algorismes de modelització en avanç per reproduir una geometria similar a la del camp.

4.5.1.- Emplaçament de les làmines encavalcants de la zona de les Nogueres

L'emplaçament de les làmines i escates de la zona de les Nogueres també pot ser dividit en tres etapes: 1) emplaçament de la làmin de Castells; 2) emplaçament de les làmines de Freixe, Erdo, Gotarta i Montsec de Tost; i 3) emplaçament de les escates d'Arcalís – España, Sta. Bàrbara, la Costera i Hostalets – Adraén.

La làmin alta i antiga preservada de la zona de les Nogueres és la làmina encavalcant de Castells (fig. 4.82F). Aquesta escata només apareix al sector central, i desapareix a l'est escapçada per la USC, i a l'oest fossilitzada pels conglomerats de la conca de Senterada (no representats en la figura).

A continuació les làmines de Freixe, Erdo i Gotarta s'han agrupat dins la mateixa fase, ja que la seva relació lateral indica que el seus encavalcaments basals presentaven continuïtat al llarg de tota la zona d'estudi (fig. 4.82C i D). En la figura però, s'ha representat el conjunt com una sola làmina. La ubicació de la rampa de l'encavalcament de Freixe per darrera del *cutoff* de bloc superior del Buntsandstein de la làmina

de Castells, n'augmenta la inclinació cap a l'avantpaís. La continuació cap a l'est de la làmina de Freixe no és clara, ja que desapareix a la vall del Segre, com a conseqüència de la incisió d'aquest riu. L'única làmina de les Nogueres amb Paleozoic que aflora en aquesta zona és el Montsec de Tost que correlaciona amb la de Freixe.

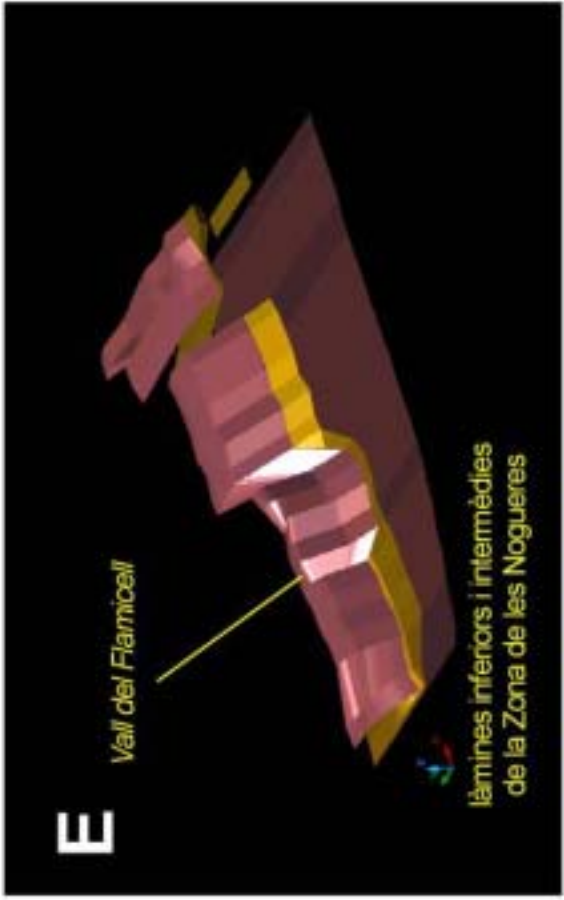
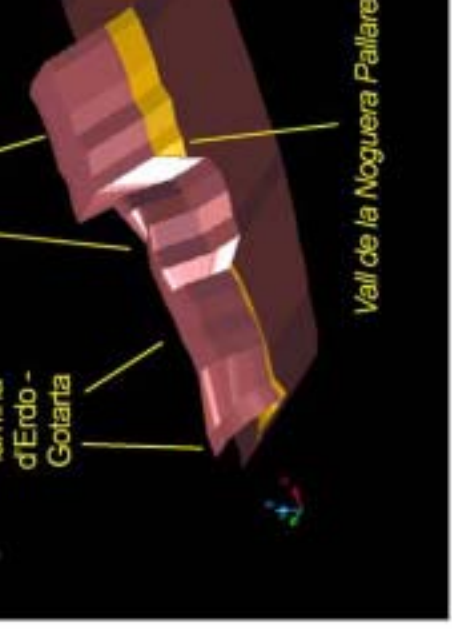
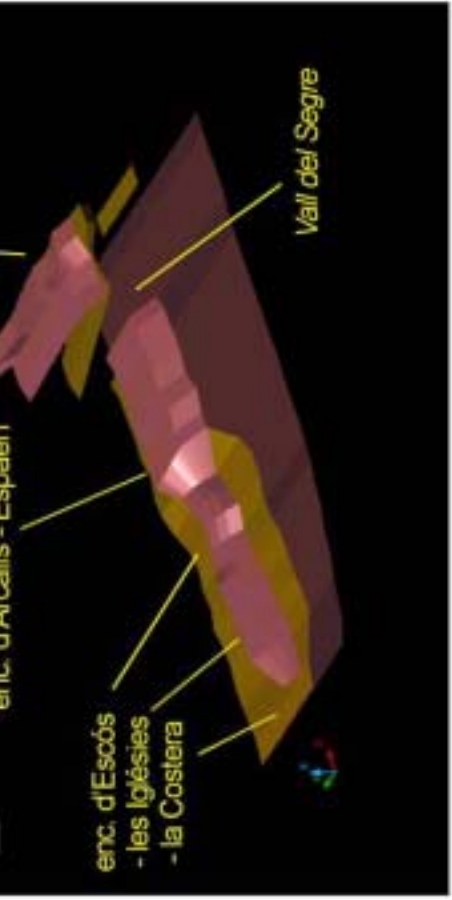
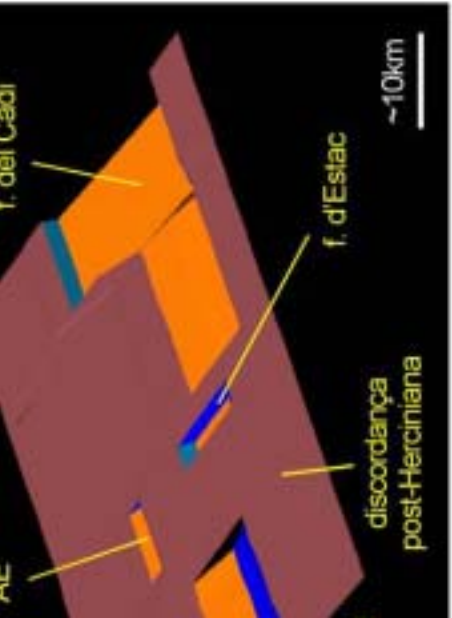
Per sota del grup anterior es formen posteriorment les làmines encavalcants d'Arcalís – España, Sta. Bàrbara i la Costera, mentre que a l'est del Segre interpreto que s'emplaçava el dúplex de materials Triàsics d'Hostalets – Adraén (fig. 4.82B). Aquesta interpretació significa que l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* es troba a l'interior del Keuper en aquesta zona oriental. Les escates de l'oest del Segre formades durant aquesta etapa defineixen un sistema complex de repeticions menors amb rampes laterals, que en alguns casos inverteixen fosses estefano-permianes, però la continuïtat lateral dels seus encavalcaments basals suggereix que es van emplaçar simultàniament. La unió dels encavalcaments d'Arcalís – España, Escós, les Iglésies i la Costera defineix el tram frontal de l'encavalcament de les Nogueres *s.l.* L'emplaçament de les làmines encavalcants inferiors genera un nou increment del basculament cap al sud de les làmines que té per sobre (fig 4.82 G – I).

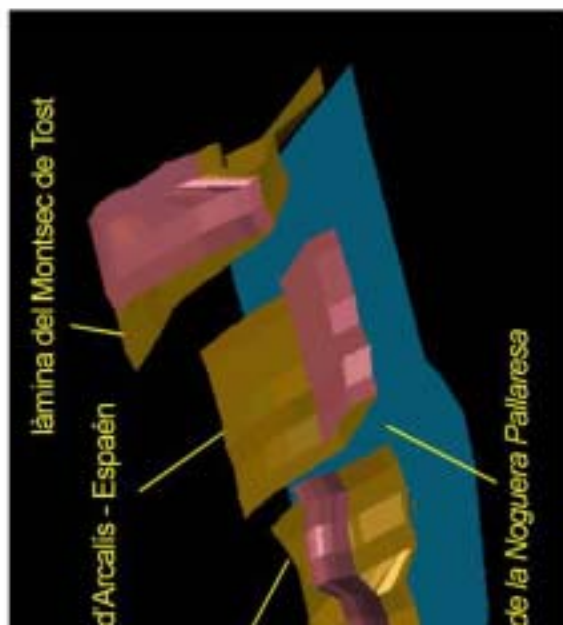
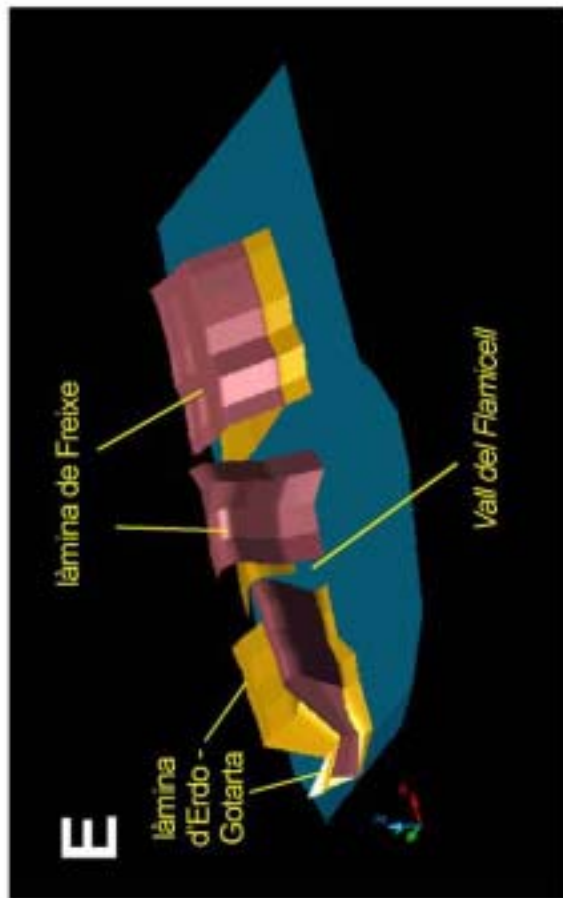
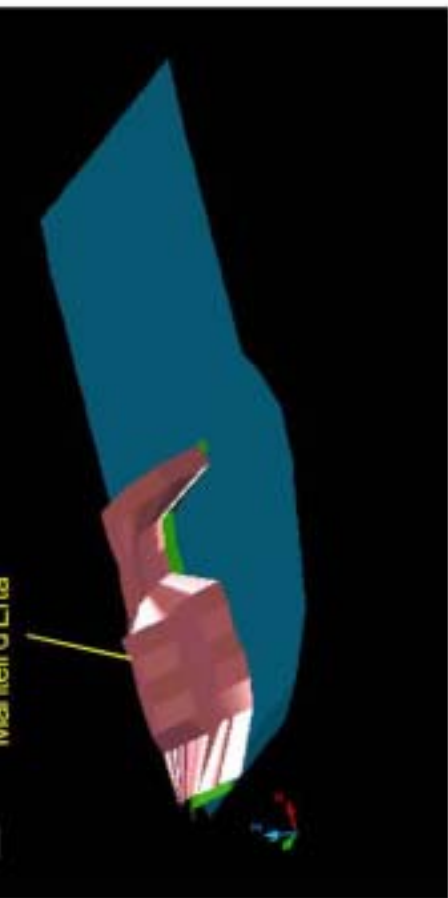
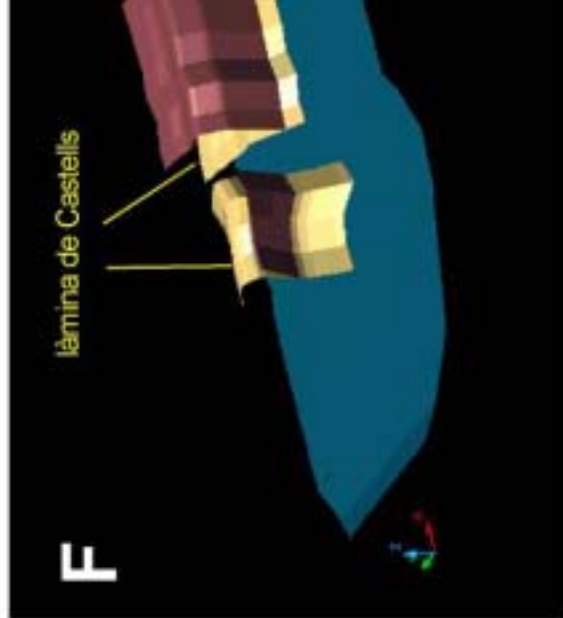
El límit est de la làmina del Montsec de Tost està representat per l'encavalcament de Serra Cavallera (fig. 4.82 G i I) que el posa en contacte amb el mantell del Cadí, que en aquest estadi tardà funciona en continuïtat lateral amb la zona de les Nogueres.

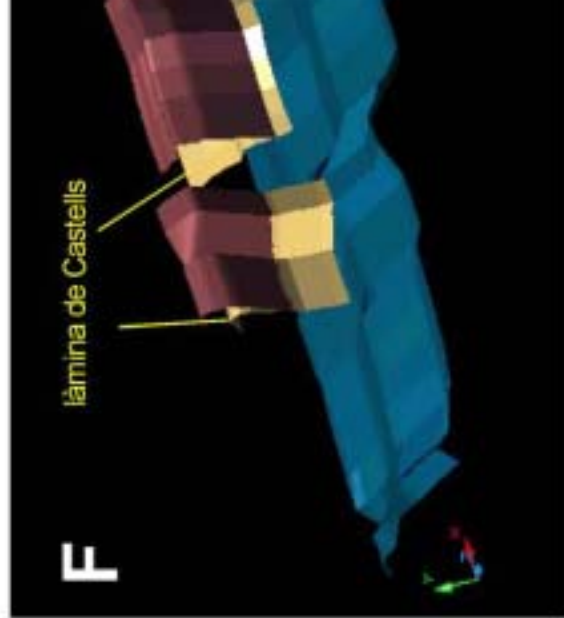
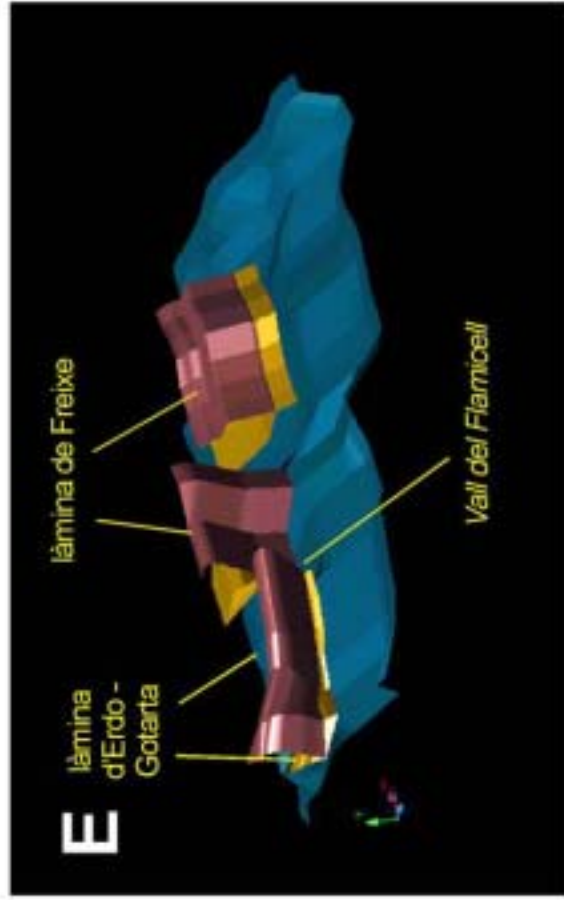
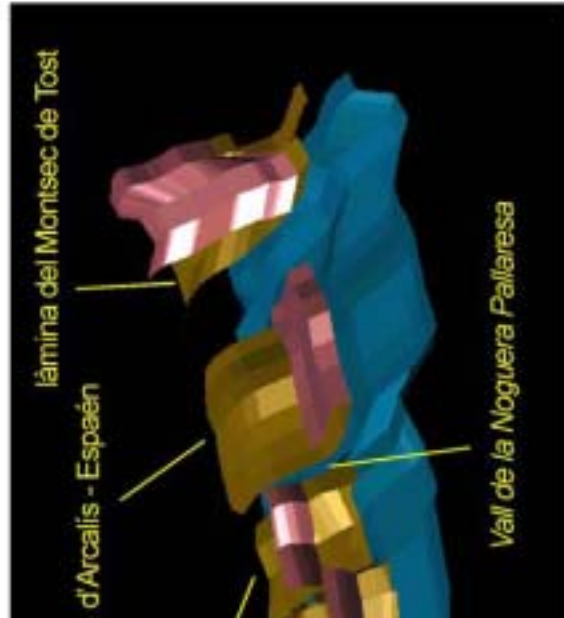
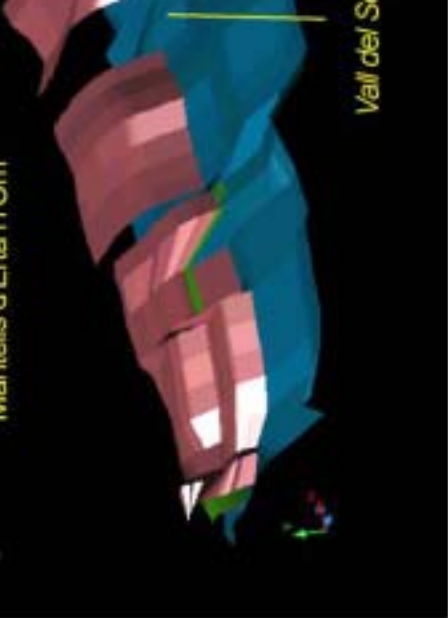
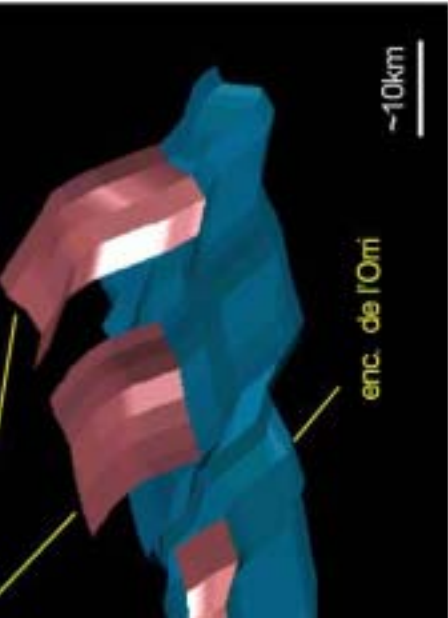
Un altre aspecte a resaltar referent a les escates de la zona de les Nogueres és que els canvis de fàcies del sòcol es donen en sentit est-oest, de tal forma que totes les escates d'una mateixa transversal contenen un sòcol hercinià corresponent a la mateixa àrea de subfàcies. Això impedeix utilitzar les característiques del sòcol com a criteri per a diferenciar les escates del mantell de les Nogueres i indica que el canvis en el sòcol són heretats de l'orogènia herciniana.

4.5.2.- La deformació associada a l'emplaçament dels mantells d'Erta i l'Orri

Els mantells d'Erta i l'Orri són el resultat de la inversió de les fosses estefano-permianes de Gramós - Prats d'Aguiló, Estac i Erill Castell (fig. 4.82 A). Aquesta etapa de deformació està molt condicionada per la geometria de les fosses invertides, que determinen la localització i mida dels mantells de l'Orri i Erta (fig. 4.83 A – B). El mantell de l'Orri té el seu gruix màxim al sector oriental, on la potència de la seqüència estefano-permiana és el major de la zona d'estudi. Cap a l'oest el mantell perd gruix, fins que a la vall de la Noguera Pallaresa apareix el límit est del mantell d'Erta, corresponent a la fossa d'Estac, punt a partir del qual el mantell de l'Orri presenta una important disminució de gruix. A l'oest de la fossa d'Estac l'encavalcament de l'Orri està sempre per sota de la superfície topogràfica, i per tant es desconeixen les seves característiques. En la figura 4.83 s'ha representat l'encavalcament de l'Orri en replà de bloc inferior, fet que ha permès deduir-ne el gruix a l'est de la Noguera Pallaresa, a partir de la seva relació amb l'encavalcament d'Erta (fig. 4.83 B i C).







Les relacions geomètriques laterals entre els mantells d'Erta i l'Orri indiquen una relació cronològica que varia segons la transversal. Així, a l'est de la Noguera Pallaresa, on el mantell d'Erta desapareix, és probable que el mantell de l'Orri fos actiu durant tot el període. En canvi, a l'oest, els mantells mostren una seqüència de bloc inferior, amb el mantell de l'Orri deformant el mantell d'Erta, augmentant-ne el basculament cap al sud.

La deformació que l'emplaçament dels mantells d'Erta i l'Orri produeix en les làmines de la zona de les Nogueres (fig. 4.83 **D – I**) també està molt marcada per la presència de les fosses estefano-permianes, especialment a la vall de la Noguera Pallaresa. Allí apareix la fossa d'Estac, una fossa estreta i limitada per falles subverticals orientades N-S que s'inverteixen durant la tectònica alpina com a falles de transferència. Això produeix un avenç relatiu major del mantell d'Erta respecte el de l'Orri, que es transmet a les làmines de les Nogueres generant una major rotació de les escates a l'oest de la Noguera Pallaresa i definint el que representa el canvi estructural més important de la zona de les Nogueres.

Durant aquest període s'inicia l'activitat retroencavalcant i la sedimentació a la conca de Senterada (grup de Sarroca i al·logrup de Senterada, no representats a la figura 4.83). Els sediments terrigens provenen de la zona de les Nogueres, indicant l'exhumació d'aquesta zona associada a l'aixecament generat per l'emplaçament dels mantells d'Erta i l'Orri.

4.5.3.- Emplaçament del mantell de Rialp

L'emplaçament del mantell de Rialp representa el final de l'activitat compressiva a la zona de les Nogueres i en configura la situació final (excloent l'etapa distensiva neògena que afecta el límit est de la zona estudiada). Com que aquest mantell només aflora a la finestra de Rialp, a la figura 4.84 només s'ha representat la deformació que aquest produeix en les escates que té per sobre, i no se n'ha dibuixat l'encavalcament basal ni l'estructura interna. El principal efecte d'aquesta etapa és un nou augment del basculament cap a l'avantpaís de les escates ja emplaçades i la translació cap al sud de tot el conjunt (fig. 4.84).

Durant aquest període continua actiu el sistema retroencavalcant de Morreres – Lavansa (fig. 4.84 **I**), i la sedimentació conglomeràtica en conques intramuntanes. És probable que els estadis inicials de l'emplaçament del mantell de Rialp encara estiguin registrats pels nivells més alts de l'al·logrup de Senterada, i la sedimentació de l'al·logrup d'Antist correspondria a una aturada de l'exhumació a la zona de les Nogueres, que es traslladari al nord a la Zona Axial. Una evolució com aquesta es podria produir si la zona de les Nogueres sobrepassés la inflexió rampa – replà de l'encavalcament de Rialp, moment a partir del qual l'aixecament tectònic diferencial ja no es localitzaria en ella. Aquesta evolució deduïda a partir del registre conglomeràtic sintectònic ha estat la base per a la modelització de l'emplaçament de l'encavalcament de Rialp.

Fig. 4.82.- (pàg. 217 bis1) Estadis inicial i posterior a l'emplaçament de les làmines de les Nogueres. S'indica la localització aproximada de les valls més importants a tall d'orientació. L'escala és la mateixa per totes les figures. **A.-** Configuració inicial de la modelització des d'un punt de vista al SW. La distància entre les conques en sentit N-S correspon al mínim necessari per generar geometries similars a les del camp. **G.-** fossa de Gotarta; **SB.-** fossa de Sta. Bàrbara; **AE.-** fossa d'Arcalís – Españaén. **Granat.-** discordança entre el sòcol hercinià i el Buntsandstein.; **taronja.-** discordança entre el sòcol hercinià i les sèries estefano-permianes. **B – I.-** Situació després de l'emplaçament de les làmines de les Nogueres. **Marró.-** sostre del Buntsandstein del bloc inferior de l'encavalcament de les Nogueres *s.l.*; **granat.-** Sostre del Buntsandstein de les làmines de les Nogueres; **tons grocs i daurats.-** diversos encavalcaments de la Zona de les Nogueres; **vermell.-** encavalcament de Serra Cavallera. **B.-** Làmines més inferiors de les Nogueres. **C.-** Làmines intermèdies de les Nogueres (Freixe – Erdo). **D.-** Encavalcaments inferiors i intermedis de les Nogueres. **E.-** Làmines inferiors i intermèdies de les Nogueres. **F.-** Làmina de Castells (làmina superior de les Nogueres). **G.-** Zona de les Nogueres (pre-Orri i Erta) des d'un punt de vista al SW. **H.-** Encavalcaments de la zona de les Nogueres (pre-Orri i Erta) des d'un punt de vista al SW. **I.-** Zona de les Nogueres (pre-Orri i Erta) des d'un punt de vista al SE.

Fig. 4.83.- (pàg. 217 bis2) Estadi posterior a l'emplaçament dels mantells de l'Orri i Erta. S'indica la localització aproximada de les valls més importants a tall d'orientació. L'escala és la mateixa per totes les figures. **Blau.-** encavalcament de l'Orri; **verd.-** encavalcament d'Erta; **tons grocs i daurats.-** encavalcaments de les làmines de les Nogueres; **vermell.-** encavalcament de Serra Cavallera; **granat.-** Sostre del Buntsandstein. **A.-** Mantell de l'Orri. **B.-** Mantell d'Erta. **C.-** Mantells de l'Orri i Erta. **D.-** Làmines més inferiors de les Nogueres. **E.-** Làmines intermèdies de les Nogueres (Freixe – Erdo). **F.-** Làmina de Castells (làmina superior de les Nogueres). **G.-** Zona de les Nogueres (pre-Rialp) des d'un punt de vista al SW. **H.-** Encavalcaments de la zona de les Nogueres (pre-Rialp) des d'un punt de vista al SW. **I.-** Zona de les Nogueres (pre-Rialp) des d'un punt de vista al SE.

Fig. 4.84.- (pàg. 217 bis3) Estadi posterior a l'emplaçament del mantell de Rialp. S'indica la localització aproximada de les valls més importants a tall d'orientació. L'escala és la mateixa per totes les figures. **Blau.-** encavalcament de l'Orri; **verd.-** encavalcament d'Erta; **tons daurats.-** encavalcaments de les làmines de les Nogueres; **vermell.-** encavalcament de Serra Cavallera; **lila.-** retroencavalcament de Morreres – Lavansa; **granat.-** Sostre del Buntsandstein. **A.-** Mantell de l'Orri. **B.-** Mantell d'Erta. **C.-** Mantells de l'Orri i Erta. **D.-** Làmines més inferiors de les Nogueres. **E.-** Làmines intermèdies de les Nogueres (Freixe – Erdo). **F.-** Làmina de Castells (làmina superior de les Nogueres). **G.-** Zona de les Nogueres (post-Rialp) des d'un punt de vista al SW. **H.-** Zona de les Nogueres (post-Rialp) des d'un punt de vista al SE. **I.-** Encavalcaments i retroencavalcaments de la zona de les Nogueres (post-Rialp) des d'un punt de vista al SW.

4.5.4.- Observacions referents a l'arrelament de la zona de les Nogueres

Si bé la localització de l'arrelament de les làmines de les Nogueres dins la Zona Axial no és un dels objectius d'aquest treball, la descripció realitzada en aquest treball aporta informació que pot ser útil en aquest sentit. Tot seguit exposo algunes observacions referents a l'arrelament de les làmines de les Nogueres basant-me en les dades presentades sobre aquesta zona, completades amb treballs referents a la Zona Axial de diferents autors.

L'arrelament de les làmines de la zona de les Nogueres a la transversal de la Noguera Ribagorçana depèn en gran part d'on se situï el de l'encavalcament d'Erta. Si s'accepta que l'arrelament de l'encavalcament d'Erta en el de Sallente a la vall de la Noguera Pallaresa (Poblet, 1991) es pot projectar fins la vall de la Noguera Ribagorçana, on l'encavalcament de Sallente se situa uns 15 km al nord del desarrelament de l'encavalcament d'Erta, aquest encavalcament dibuixaria un ampli anticlinal a poca distància sobre la superfície del terreny que seria tallat per l'encavalcament de Bono, que és una estructura fora de seqüència (Poblet, 1991). Per tant, l'encavalcament de Bono no pot correspondre a l'arrelament de la zona de les Nogueres al sector occidental, donada la relació temporal entre el mantell d'Erta i les làmines de les Nogueres d'aquesta zona (grup Gotarta – la Costera). Això implica que, acceptant que els encavalcaments de

Gotarta – la Costera i Erta s’entronquen caudalment en alçada, l’arrelament s’ha de situar com a mínim en l’encavalcament de Sallente.

A la zona compresa entre les valls de la Noguera Ribagorçana i la Noguera Pallaresa la falla meridional de la fossa d’Erill Castell hauria invertit durant el període estefano-permià l’encavalcament hercinià de Sallente, que posteriorment hauria estat reactivat novament per la fase alpina, formant l’encavalcament d’Erta. Això es veuria reforçat per l’equivalència dels salts calculats per als encavalcaments d’Erta i de Sallente (Poblet, 1991). Per tant, en aquest sector, l’arrelament de la zona de les Nogueres s’ha de continuar localitzant com a mínim en l’encavalcament de Sallente, amb el que mantindria una relació com la descrita en la vall de la Noguera Ribagorçana.

A la transversal de la Noguera Pallaresa, Muñoz (1992) considera que l’encavalcament d’Escós (segons la nomenclatura proposada en aquest treball) forma part de la mateixa unitat estructural que la làmina d’Erta (que anomena dúplex d’Ancs), i per això en situa l’arrelament en l’encavalcament de Llavorsí. En canvi Muñoz et al. (1986) proposen l’arrelament de l’encavalcament de les Nogueres superiors en la continuació occidental de l’encavalcament de Gavarnie (Bresson, 1903) que identifiquen en una sèrie d’encavalcaments menors que afecten el dom de la Pallaresa (massís de sòcol al nord del sinclinal de Llavorsí). Aquestes solucions no es corresponen amb l’entroncament caudal dels encavalcaments de Freixe i Arcalís – Españ que he descrit. , els salts calculats per diferents autors (Losantos, 1988; Capellà i Carreras, 1996; Autran, 1996; Soler et al., 1998, Carreras i Druguet, 2002) per a les falles que afecten el dom de la Pallaresa no són correlacionables amb els valors d’escurçament deduïts per als encavalcaments de Freixe i Arcalís – Españ.

Per altra banda considerant que les diferències entre el sòcol del mantell d’Erta i les làmines de la zona de les Nogueres *s.l.* del sectors central i oriental s’originen durant l’orogènia hercíniana, tal com es pot observar en la làmina del Segre, a l’est de la Seu d’Urgell, que té una estructura i fàcies molt similar a la de les làmines de la zona de les Nogueres d’aquests sectors, l’arrelament de l’encavalcament de les Nogueres *s.l.* pot situar-se en la mateixa zona que el d’Erta, és a dir, en els diversos encavalcaments que afecten el límit sud i l’interior del sinclinal de Llavorsí. Tot i així, encara continua havent-hi una diferència sustancial entre l’escurçament calculat a la zona de les Nogueres i els salts alpins deduïts per als encavalcaments de sòcol per Poblet (1991), i per tant, el problema de l’arrelament de la zona de les Nogueres resta encara obert.