

**ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO Y
ESTRUCTURAL DEL SINCLINORIO DE
TOR-CASAMANYA, PIRINEO AXIAL.
ANDORRA**



M^a Pilar Clariana García

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA
AREA DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS





INFORME	Identificación:
	Fecha: Septiembre 2004
TÍTULO: Estudio estratigráfico y estructural del Sinclinorio de Tor-Casamanya, Pirineo Axila, Andorra.	
PROYECTO: Estudio Geológico de Andorra a Escala 1:25.000. Apoyo al convenio marco entre el Instituto Geológico y Minero de España y el Institut d'Estudis Andorrans.	
RESUMEN (continuar al dorso en caso necesario): El proyecto Mapa Geológico a escala 1: 25.000 del Sinclinorio de Tor-Casamanya (Pirineo Axial, Andorra) ha consistido en el estudio geológico, basado en trabajo de campo, de esta estructura geológica situada en el Pirineo central (Andorra). El estudio se orientó, básicamente, a mejorar el conocimiento de su estratigrafía y estructura, y en la realización de una cartografía geológica a escala 1:25.000. El trabajo se realizó en el marco de un convenio entre el IGME y el Insitut d'Estudis Andorrans en su sección de ciencias de la tierra (CRECIT). Toda la información geológica se volcó a un formato digital que permite ir implementando un SIG sobre la Geología de Andorra a esta escala. Hojas 1:50.000: 182 Tirvia, 183 Andorra la Vella. Palabras clave: Sinclinorio de Tor-Casamanya, Devónico, deformación varisca, Pirineo Axial, Andorra.	
Revisión	
Nombre: Antonio Barnolas Cortinas Inmaculada Gil Peña	Autores: Pilar Clariana García
Unidad: Geología y Geofísica	Responsable: Antonio Barnolas Cortinas
Fecha: Septiembre 2004	

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Localización geográfica.....	6
1.2 Antecedentes.....	7
1.3 Objetivos.....	9
1.4 Metodología.....	9
2. ESTRATIGRAFÍA.....	13
2.1 Silúrico.....	13
2.1.1 Lutitas ampelíticas negras.....	13
2.1.2 Calizas negras con Orthocerátidos.....	14
2.2 Devónico.....	16
2.2.1 Formación Rueda	16
2.2.2 Formación Castanesa.....	17
2.2.3 Formación Manyanet.....	18
2.2.4 Formación Cavis.....	19
3. ESTRUCTURA.....	23
3.1 Sector occidental.....	24
3.2 Sector central.....	25
3.3 Sector oriental.....	34
3.4 Características generales de las estructuras del Sinclinorio de Tor-Casamanya...34	
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	41
5. BIBLIOGRAFÍA.....	45

1. INTRODUCCION

El estudio estratigráfico y estructural del sinclinorio de Tor-Casamanya junto al mapa geológico a escala 1:25000 que se presenta, forma parte del proyecto emprendido por el CRECIT (Centre de Recerca en Ciències de la terra) con la elaboración del mapa geológico a escala 1:50000, con el objetivo de mejorar el conocimiento geológico del Principado de Andorra. En esta línea de actuación se estableció una Operación Comercial entre dicha institución andorrana y el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) para la realización de este nuevo mapa, lo que supondrá una actualización del grado de conocimiento actual de la geología de este área del territorio andorrano.

La denominada Zona Axial pirenaica corresponde a una de las tres grandes zonas en las que se divide el Pirineo que son: Zona Norpirenaica, Zona Surpirenaica y Zona Axial (ChouKroune y Seguret, 1973). Las dos primeras están compuestas por materiales mesozoicos y terciarios y presentan estructuras de vergencia generalizada al norte la primera y al sur la segunda. Por su parte la zona Axial, se extiende en dirección aproximadamente E-O y configura el núcleo central de la cordillera pirenaica. Los materiales geológicos que afloran en ella, pertenecen al Paleozoico y tienen una edad que abarca desde el Precámbrico al Carbonífero. Estas rocas muestran en numerosas ocasiones estructuras que reflejan una deformación compleja, la cual puede considerarse básicamente como resultado de la superposición de dos orogénias una Hercínica y otra Alpina. La primera se desarrollo durante el Carbonífero y dio lugar a una gran cordillera (orógeno Hercínico) que se extiende desde el Sur de España hasta el macizo de Bohemia y que sería completamente erosionada antes del final del Paleozoico. Posteriormente, durante el final del Mesozoico y el Terciario, algunos sectores de la cordillera primitiva, como los que actualmente afloran en los Pirineos, sufrirán los efectos de la Orogenia Alpina y volverán a ser exhumados y deformados. Todos estos procesos darán lugar a la actual configuración de la Zona Axial pirenaica constituida por una serie de bloques de rocas paleozoicas compartimentados por estructuras alpinas. Dentro de estos bloques puede diferenciarse de manera general domos de materiales de edad cambroordovícica y estructuras sinclinales constituidas por materiales silúricos y devónicos, como es el caso de la unidad estudiada en este trabajo.

El sinclinorio de Tor-Casamanya corresponde a una unidad estructural de configuración esencialmente hercínica. Está compuesta por materiales del Silúrico y Devónico y se alarga en dirección E-O entre el valle del Valira d' Orient en Andorra y el valle de Tor en el Pallars Subirà (Lleida). Tanto al norte como al sur, el sinclinorio de Tor-Casamanya está en contacto con materiales más antiguos. Por el norte limita con los materiales cambro-ordovícicos del domo de la Pallaresa a través de la denominada falla de Arinsal. Por el sur, el cabalgamiento de Pal sitúa el sinclinorio de Tor-Casamanya sobre el Cambro-Ordovícico y Ordovícico Superior del anticlinorio de la Massana. Esta unidad al igual que otras unidades vecinas como los sinclinorios de Llavorsi y Arcabell, muestran una aparente simplicidad estructural, sin embargo su análisis detallado indica la superposición de estructuras

correspondientes a diferentes fases de deformación hercínica que dan lugar a una mayor complejidad. Esto queda reflejado en trabajos anteriores que apuntan la existencia de pliegues de escala cartográfica anteriores a la esquistosidad principal (Hartvelt, 1970), también se han reconocido superposición de pliegues hectométricos sinesquistosos, homoaxiales y pliegues de ejes curvados (Zwart, 1979) y además la geometría de estos sinclinorios parece estar condicionada por la presencia de cabalgamientos anteriores a la esquistosidad (Capella, 1988) y otros posteriores y/o sinesquistosos (Hartvelt, 1970; Casas et al., 1988). A todas estas características estructurales debemos unir, en el caso del sinclinorio de Tor-Casamanya, la falta hasta la fecha de un conocimiento estratigráfico detallado de la serie devónica lo que dificulta la interpretación correcta de su estructura interna como se refleja en trabajos de síntesis realizados en los últimos años (Barnolas et al., 1996; Casas et al., 2002), los cuales muestran un Devónico indiferenciado para esta unidad.

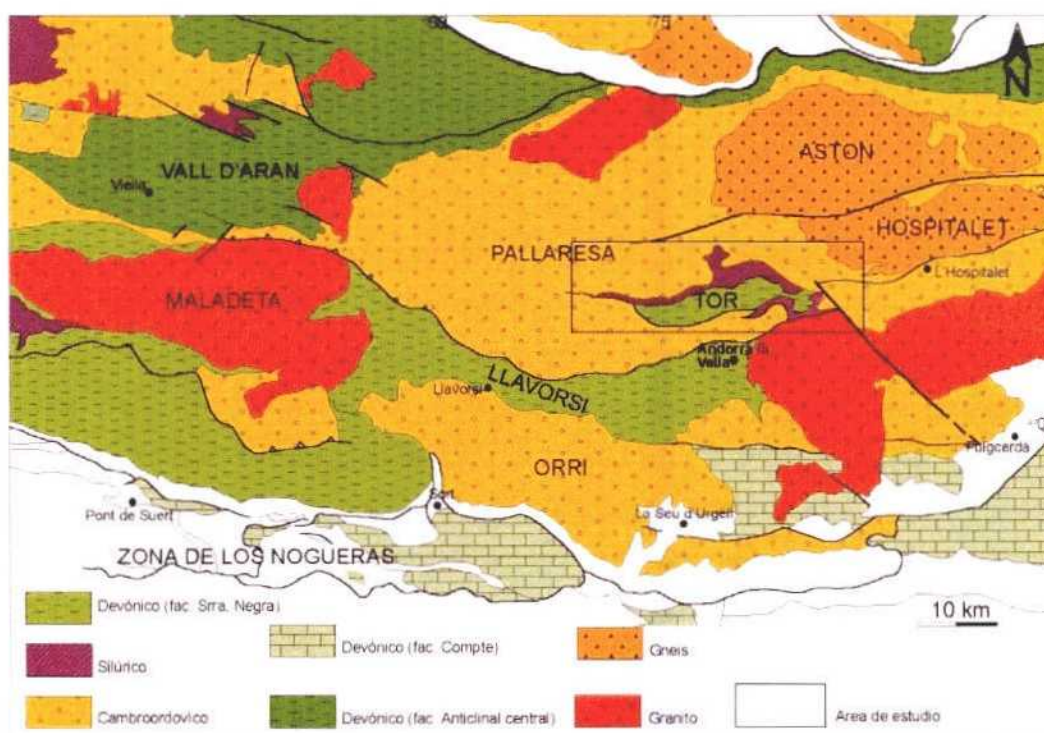


Figura 1. Localización geológica del área de estudio, enmarcada en la Zona Axial pirenaica

1.1 Localización geográfica

El área de estudio tiene una extensión aproximada de 80 km² y se sitúa mayoritariamente en la zona central de Andorra, exceptuando su extremo occidental que pertenece a la comarca catalana del Pallars Sobira, concretamente al valle de Tor. Dentro del territorio andorrano se extiende en dirección E-O, repartiéndose entre las parroquias de La Massana, Ordino y Canillo (Figura 2). Los materiales que constituyen el sinclinorio de Tor-Casamanya son atravesados en dirección aproximadamente N-S por los ríos Arinsal, Valira del Nord y Valira del Orient que confluirán más al sur en el Gran Valira, afluente del Segre de vertiente mediterránea. Estos materiales

configuran diferentes crestas montañosas en las que se localizan las cumbres del Alt de la Capa, el Pic de Casamanya y el Pic de l'Encampadana lo que da idea de los importantes desniveles existentes en la zona.

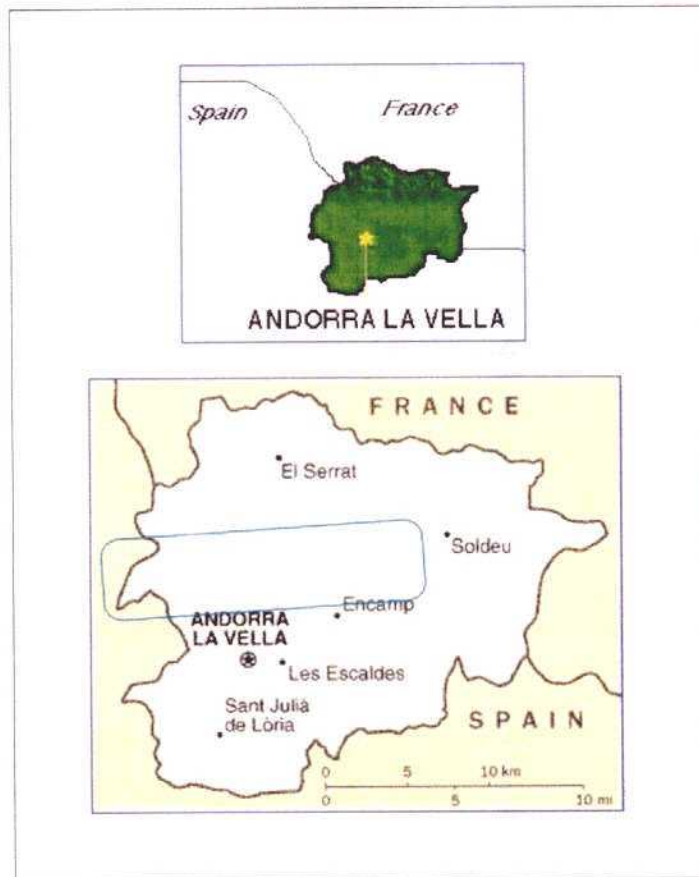


Figura 2. Localización geográfica del área del sinclinorio de Tor-Casamanya

El área ocupada por el sinclinorio de Tor-Casamanya abarca las hojas, (5-05-3, 5-05-4, 5-06-3, 5-05-4, 5-09b-2, 5-09b-4, 5-09-1, 5-09-2, 5-09-3, 5-09-4, 5-10-1, 5-10-2, 5-10-3, 5-10-4, 5-11-1, 5-11-3) del mapa topográfico a escala 1:5000 del Área de Cartografía y Topografía del Gobierno Andorrano. Este mapa fue simplificado y adaptado a escala 1:25000 en el que se han conservado las curvas de nivel cada 25 metros.

1.2 Antecedentes

Desde los años sesenta, numerosos autores han trabajado en el sinclinorio de Tor-Casamanya y en el resto de unidades que configuran la geología de la Zona Axial en este sector del Pirineo central.

Los primeros trabajos que comienzan a caracterizar a grandes rasgos la geología de la zona corresponden en gran parte a la escuela holandesa del Leiden, entre los trabajos realizados por estos autores cabe destacar los de Sitter, 1959; Zandvliet, 1960 y Zwart, 1965, entre quienes existen ciertas diferencias en la estructura propuesta para el sinclinorio. El primero lo interpreta como un sinclinal poco profundo con inmersión

hacia el E, por su parte Zandvliet, considera que se trata de un sinclinal isoclinal cuyo eje se inclina hacia el E y finalmente Zwart lo explica como un sinclinal mayor de primera fase. A este último corresponde una de las primeras cartografías geológicas realizadas en la zona. A la vez en estos años, hay que señalar otros autores como Llopis Lladó (1965, 1966 y 1969), quien llevo a cabo también la cartografía geológica de la zona realizando notables aportaciones a nivel estratigráfico y paleontológico sobre los materiales devónicos de Andorra. Si bien ambas cartografías muestran un Devónico para el sinclinorio de Tor-Casamanya en el que no se han diferenciado unidades litoestratigráficas propiamente dichas. En la siguiente década los autores holandeses siguen trabajando en la zona realizando trabajos de carácter más especializado, entre ellos destaca el estudio bioestratigráfico, a partir del estudio de conodontos, realizado por Boersman, 1973. A finales de los años setenta todo el trabajo realizado por estos autores en esta y otras áreas próximas fue sintetizado por Zwart (1979). Durante esta década de los setenta destaca también la labor de la escuela francesa, principalmente en lo que se refiere a estudios estructurales, destacando Deramon et al. (1971) y Deramond y Soula (1971), estos autores sugieren que la estructura del sinclinorio es producto de la superposición de tres fases de deformación, de las cuales la primera sería la que daría origen a las estructuras mayores.

Posteriormente a lo largo de las últimas décadas del siglo XX se realizaron trabajos que han aportado nuevos datos interesantes referentes a la estructura del sinclinorio y de las zonas adyacentes, como los realizados por Van den Eeckhout (1986), este autor perteneciente a la escuela holandesa propone que el sinclinorio de Tor-Casamanya corresponde a un pliegue mayor de segunda fase, sobreimpuesto a pliegues previos. En este punto hay que destacar también los trabajos de la escuela de Barcelona como los de Cirés (1986), Cires *et al.* (1990), Carreras y Capellá (1996), quienes realizan estudios importantes sobre la naturaleza de los accidentes tectónicos que limitan el sinclinorio siendo Cires *et al.* en 1990, los primeros en cartografiar la falla de Arinsal como cabalgamiento y por otra parte destacan los trabajos de Casas *et al.* (1989), Poblet (1991), a quienes pertenecen las últimas interpretaciones sobre la estructura interna del sinclinorio y que explicaremos más adelante en el capítulo de estructura. Por otro lado Degardin (1988) realiza un importante trabajo a nivel paleontológico y bioestratigráfico sobre los materiales silúricos del Pirineo y posteriormente hay que destacar en lo referente a la bioestratigrafía del Devónico, el trabajo de Sanz López (1995), quien aporta numerosos datos estratigráficos y bioestratigráficos a partir del estudio de conodontos para el Pirineo oriental y central.

Muchos de los datos ofrecidos por los trabajos citados en este apartado, serán tenidos en cuenta a la hora de la realización de trabajos más recientes como los de Barnolas *et al.* (1996) y Casas *et al.* (2002), basados en gran medida en la recopilación de toda la información existente hasta ese momento sobre el Pirineo hercínico en el primer caso y sobre la geología de los materiales que afloran en Andorra el segundo.

Finalmente hay que destacar los trabajos de bioestratigrafía a partir de conodontos realizados recientemente por Sanz López (2002) y Sanz López (2004), los cuales aportan nuevos e interesantes datos sobre la estratigrafía y bioestratigrafía del Devónico del Pirineo central.

1.3 Objetivos

Los principales objetivos de este trabajo son los siguientes:

- ◆ Realización de una cartografía geológica a escala 1:25000
- ◆ Elaboración de columnas estratigráficas detalladas en las que se individualicen las formaciones que componen el Devónico y establecer una sección estratigráfica tipo para esta unidad apoyada en datos bioestratigráficos.
- ◆ Elaborar un estudio estructural, apoyado en la cartografía geológica a escala 1:25000, que intentará explicar la deformación que muestran los materiales que componen este sinclinorio. Para lo cual se han realizado cortes estructurales, perpendiculares a la dirección general de las estructuras. Representación de datos en proyecciones estereográficas e interpretación de fotografías y elaboración de esquemas estructurales.

1.4 Metodología

La obtención del mapa geológico a escala 1:25000 del sinclinorio de Tor-Casamanya, así como el estudio geológico realizado, es el resultado de un proceso que se divide en varias etapas. En una primera, que podríamos denominar de trabajos previos, se realiza la revisión de la bibliografía existente sobre la geología de la zona, así como la consulta de las cartografías geológicas realizadas hasta el momento y la información complementaria que las acompaña. En estos primeros pasos se realiza también un estudio fotogeológico, mediante pares estereoscópicos de las fotografías aéreas existentes. Para este trabajo se utilizaron las fotografías de dos vuelos, el primero de escala 1:22000 del año 1982 y el segundo a escala 1:16000, más moderno. Este estudio es de gran ayuda para el trazado de estructuras de escala kilométrica que debido a sus dimensiones no puede trazarse claramente en el campo.

En una segunda etapa se realizan los trabajos de campo. Estos trabajos consistieron en una campaña de campo realizada entre Junio y Octubre de 2003 en la que se llevaron a cabo observaciones en numerosos afloramientos, en los que se realizaron casi quinientas estaciones de medida (ANEXO 2). Los datos extraídos de estas observaciones, medidas de dirección y buzamiento de la estratificación, foliación tectónica, ejes de pliegues, intersecciones entre diferentes superficies, etc, son de gran utilidad para la reconstrucción de estructuras geológicas de gran escala. Todos estos trabajos permitirán deducir las características geométricas de las estructuras tectónicas que afectan a las rocas devónicas y silúricas y las condiciones en las que tuvo lugar la deformación.

Paralelamente a estos estudios se realizaron numerosas observaciones, de carácter litológico y sedimentológico en todo el área de afloramiento. Así se elaboró un perfil estratigráfico estableciendo diferentes tramos, atendiendo a criterios sedimentológicos (variaciones litológicas y de facies, tipos de asociaciones litológicas, etc.), prestando atención en el reconocimiento de discontinuidades o interrupciones en la sedimentación, con el fin de establecer correctamente los límites entre las diferentes unidades devónicas. Paralelamente al levantamiento del perfil se realizó el muestreo sistemático del mismo, con el fin de precisar las características texturales de las rocas así como obtener información de carácter paleontológico. El muestreo se realizó también en otros puntos de interés dentro de la zona estudiada, alejados del perfil, con el fin de obtener un mayor aporte de datos en el esclarecimiento de problemas estructurales.

Una vez finalizada la campaña de campo se realizan los trabajos de laboratorio que, en este caso, consistieron principalmente en el análisis de las muestras tomadas para el estudio bioestratigráfico a partir de conodontos, fósiles de gran utilidad para la datación de materiales de edad silúrica y devónica. Este estudio de manera general consiste en la fragmentación y ataque químico de las muestras, secado y tamizado del residuo y por último triado y diferenciación sistemática de ejemplares, para obtener datos más concretos sobre la edad de las unidades litoestratigráficas en las que se dividen estas rocas paleozoicas. En nuestro caso en concreto, este proceso ha consistido en el ataque químico de las muestras con ácido fórmico y su posterior secado para proceder después al tamizado de estas. Este tamizado debido a la naturaleza de nuestras muestras, de gran fragilidad frente a los métodos habituales, es un proceso muy delicado que se realiza bien por separación magnética o por líquidos densos, parte de las muestras se han sometido a estos dos procesos, pero actualmente estamos desarrollando un método que combina los dos anteriores. Este se ha utilizado en universidades extranjeras pero es posiblemente una de las primeras ocasiones en que se realiza en España. Con ello esperamos obtener una mejor proporción de recuperación de ejemplares de conodontos y además que estos conserven sus características identificativas para su posterior clasificación.

Por último se realizan lo que podríamos denominar trabajos de gabinete. En este apartado agrupamos los trabajos que conllevan el tratamiento y la interpretación de los datos obtenidos en el campo y en el laboratorio. Es en este punto cuando tiene lugar la elaboración de cortes geológicos detallados a partir de datos directos de campo y apoyados en la nueva cartografía e incluso, obtenidos en los taludes de pistas y carreteras, que en ocasiones ofrecen una información de gran utilidad, sobre todo en zonas tan cubiertas por la vegetación como es el caso de Andorra. Tomando como base los cortes geológicos, se realiza el análisis geométrico de las estructuras y, partir de criterios de superposición de estructuras, se intenta establecer la secuencia de deformación y deducir las condiciones en las que esta se produjo.

2. ESTRATIGRAFÍA

En la segunda mitad del siglo XX se produjo un avance importante en el conocimiento de las características estratigráficas de los materiales silúricos y devónicos que constituyen el sinclinorio de Tor-Casamanya aportado por los trabajos realizados por Llopis Lladó (1965, 1966 y 1969). Este autor aporta datos litoestratigráficos y bioestratigráficos tanto para el Silúrico como para la serie devónica, si bien en sus descripciones y trabajos no establece unas unidades litoestratigráficas concretas.

Posteriormente el Devónico del sinclinorio de Tor-Casamanya fue incluido, en el área de subfacies de Sierra Negra s.s. por Zwart, 1979. Esta área de afloramiento incluye otras zonas vecinas como el sinclinorio de Llavorsí (Pallars Subira), la subunidad de Sierra Negra (sector de Ribagorza) y el sinclinorio del Pla de Estanys (al norte del macizo de Maladeta). Esta distribución de facies significa que las rocas que afloran en todas estas unidades muestran, a grandes rasgos, las mismas características. Las formaciones litoestratigráficas que componen el Devónico en facies Sierra Negra en su área tipo, situada en la comarca de la Ribagorza (provincia de Huesca), de la más antigua a la más moderna son: Fm. Rueda, Fm. Castanesa, Fm. Fonchanina, Fm. Manyanet, Fm. Civis y en los puntos más occidentales en los que afloran estas facies las formaciones Renanué y Renclusa. Las tres primeras fueron definidas por Mey (1967), las dos segundas por Roberti (en Hartevelt, 1970) y Hartevelt (1970) respectivamente y las dos últimas por Buchroithner (1978) y Rios (1977). Todas ellas representan el Devónico inferior y medio.

Por otra parte, el Silúrico está representado por pizarras ampelíticas negras, al igual que en el resto de la Zona Axial pirenaica, con intercalaciones de calizas negras bioclásticas en su parte superior. A finales de la década de los ochenta Dégardin (1988) realiza un importante trabajo sobre el Silúrico de los Pirineos aportando nuevos datos bioestratigráficos y paleogeográficos.

Partiendo de estos datos bibliográficos se ha realizado la descripción y estudio estratigráfico de los materiales que afloran en el área de estudio.

2.1 Silúrico

2.1.1 Lutitas ampelíticas negras

Las lutitas ampelíticas negras que afloran en el sinclinorio de Tor-Casamanya suelen estar intensamente foliadas, plegadas y afectadas por numerosos despegues y fallas que hacen muy complicado establecer una sucesión continua, así como conocer el espesor de la serie. No suelen identificarse claramente las superficies de estratificación a no ser que presenten intercalaciones de calizas. En ellas pueden identificarse nódulos de pirita, recristalizaciones de calcopirita y precipitaciones sulfatadas y sulfurosas de colores

amarillentos. Estas ampelitas muestran intercalaciones de areniscas de grano fino y limolitas negras dispuestas en estratos de hasta 25 cm de potencia, como se observa en afloramientos situados en el valle del Valira del Nort, entre las poblaciones de La Cortinada y Arans. Una característica identificativa de estas ampelitas es que tienen la propiedad de manchar de negro al tocarlas.



Figura 3. Aspecto de campo de las ampelitas silúricas en la zona del Coll de Arenes, flanco norte del sinclinorio.

2.1.2 Calizas negras de orthocerátidos

Las calizas se disponen en estratos tabulares de potencia centimétrica a decimétrica. En el área de estudio no se han observado afloramientos que lleguen a alcanzar más de unos veinte metros de espesor. En estas calizas se identifican restos fósiles de crinoides y orthoceras. El paso de las calizas silúricas al Devónico es de carácter transicional, sin embargo esto no suele observarse porque en la mayoría de los afloramientos este contacto se encuentra tectonizado. Se han muestreado estas calizas en la zona de la población de Canillo para el posterior análisis bioestratigráfico a partir de conodontos, muestras PC183-S1 Y PC183-S2.

En trabajos anteriores, se cita la existencia de fauna fósil de graptolites en la base del Llandovery (Silúrico inferior), (Llopis Lladó, 1969) y fauna de conodontos del Pridoli (Silúrico superior) en las calizas (Dégardin, 1988). Teniendo en cuenta estos datos, y a la espera de los nuevos datos aportados por el estudio bioestratigráfico (en realización), puede considerarse que la sucesión silúrica en nuestra área de estudio es bastante completa.

Existen importantes afloramientos de los materiales silúricos en este sinclinorio como por ejemplo los situados en el Coll de Arenes (Fig. 3. Foto), en el valle de L'Ensegur y en la carretera C.S. 240 entre el Coll de Ordino y la población de Ordino.

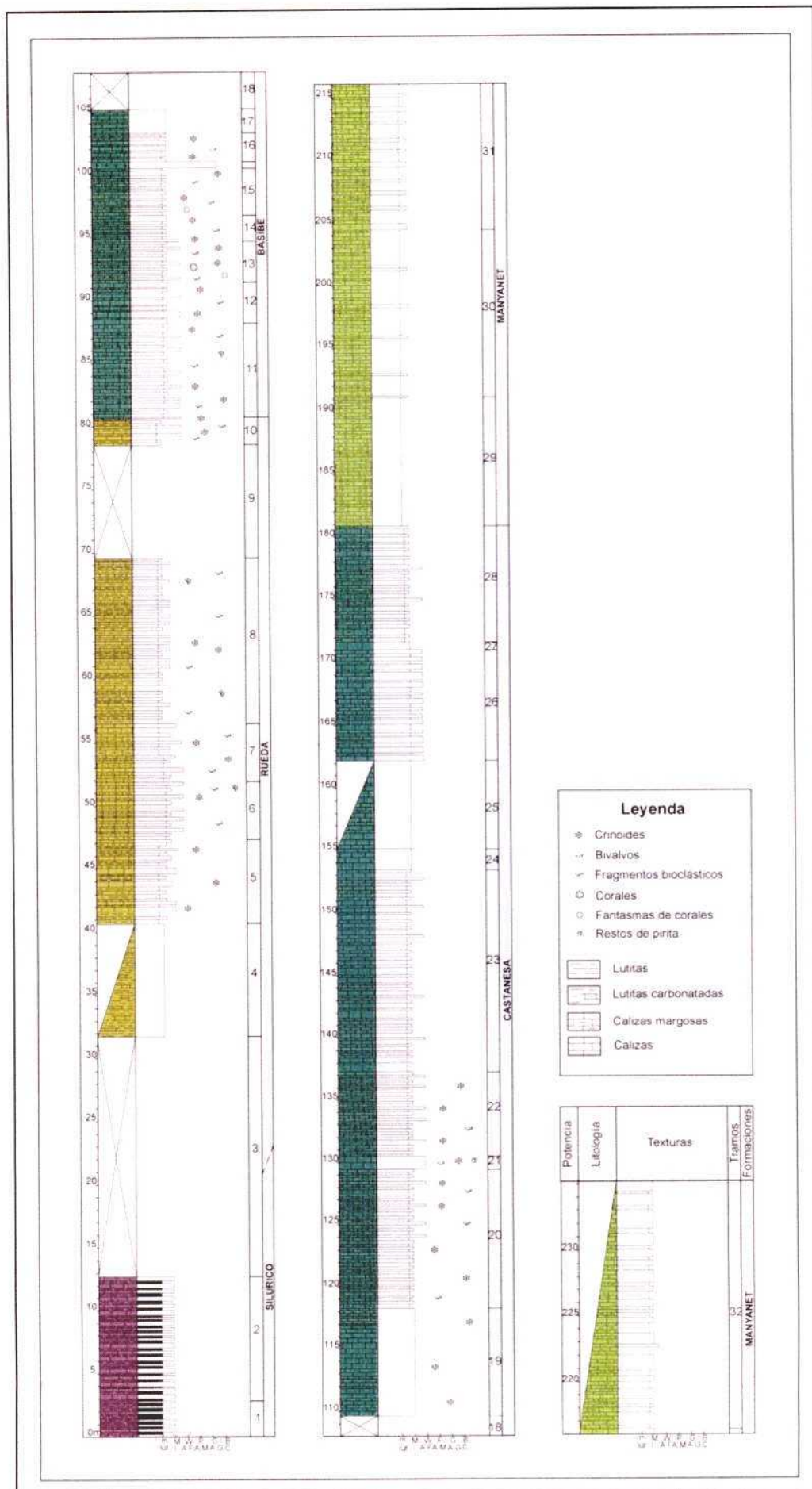


Figura 4. Perfil estratigráfico para la serie devónica del sinclinal de Tor-Casamanya situado en la población de Canillo.

2.2 Devónico

Hasta la fecha, en el sinclinorio de Tor-Casamanya no se habían identificado en cartografía, las formaciones devónicas y por tanto, no era posible su comparación con el resto de zonas en las que afloran este mismo tipo de facies. El estudio estratigráfico realizado en este trabajo ha permitido una primera individualización y descripción de estas unidades como queda reflejado en la columna estratigráfica levantada en las proximidades de la localidad de Canillo (Fig. 4). En ella se identifican de base a techo las siguientes formaciones:

2.2.1 Formación Rueda

Esta unidad está constituida por una alternancia de lutitas, lutitas carbonatadas y calizas (Fig. 5 foto), que alcanzan unos 60 m de espesor. Las lutitas muestran colores ocres en superficie y grises en corte fresco y alternan con las calizas de colores grises oscuros. Todas estas litologías se disponen en estratos tabulares de potencia decimétrica. Las calizas presentan texturas mudstone y wackestone y a lo largo de toda la unidad, se identifican restos fósiles de crinoides y fragmentos bioclásticos. Hacia el techo se aprecia una disminución de las lutitas, aumentando la presencia de estratos de calizas. En algunos afloramientos se han identificado niveles de calizas arenosas y puede observarse un aumento del carácter carbonatado de la formación Rueda desde el Oeste hacia el Este del sinclinorio. Esta característica es coherente con la variación observada a una mayor escala. Así, la Fm. Rueda presenta un carácter más siliciclástico en el área tipo, situada en la montaña de Rueda (valle de Benasque) (Mey, 1967), y se va haciendo más carbonatada hacia sectores más orientales, como es el caso de los afloramientos andorranos. La edad de esta formación se ha establecido en áreas próximas como Lockoviense – Praguense (Sanz-López, 2002). Esta unidad esta muy bien representada en la zona occidental del sinclinorio y puede observarse en la zona situada entre el Coll de la Botella y Port de Cabus, en la carretera C. S. 413 de acceso a la estación de Arinsal.

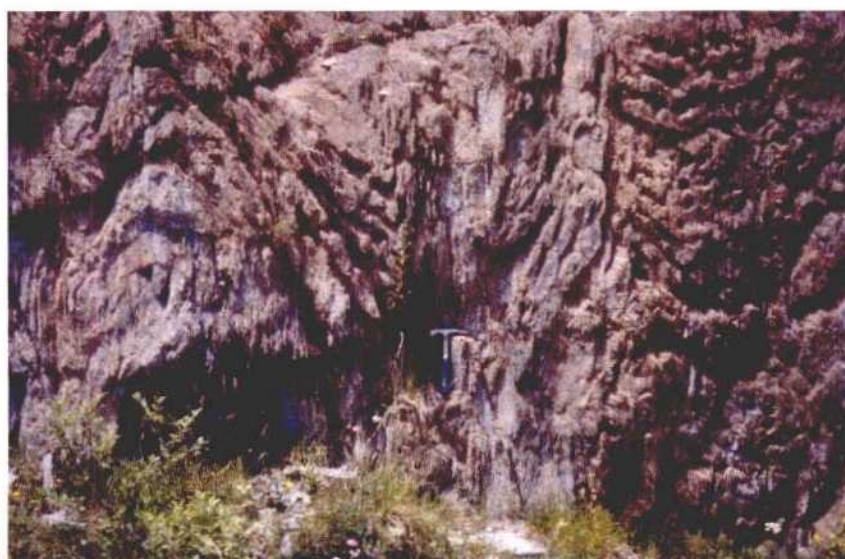


Figura 5. Aspecto de campo de la Fm. Rueda en el que puede observarse la alternancia de calizas grises y pizarras calcareas ocres

Se ha realizado el muestreo sistemático de esta unidad tanto para el estudio sedimentológico y petrográfico con un total de 18 muestras como para el análisis bioestratigráfico a partir de conodontos, muestras PC183-R1 Y PC183-R2, situadas a base y a techo de la unidad.

2.2.2 Formación Castanesa

Consiste en calizas grises masivas y calizas estratificadas con intercalaciones de niveles de calizas margosas grises oscuras (Fig. 6, foto). Esta formación alcanza unos 100 m de espesor y al igual que ocurre en la columna tipo da lugar a importantes resaltes en el paisaje, como por ejemplo la Roc del Carret sobre la carretera C.G. 4 entre Erts y Xixerella, o los situados en las faldas del Alt de la Capa. Las calizas se disponen en estratos de hasta 60 cm de potencia. Presentan texturas mudstone, mudstone-wackestone y wackestone, en las que se identifican restos de crinoides, corales y fragmentos bioclásticos. Las Calizas margosas dispuestas en estratos de potencia decimétrica, son más abundantes en la mitad inferior de la unidad y contienen también restos de crinoides. A lo largo de la unidad pueden diferenciarse dos tramos intermedios de potencia métrica de calizas masivas y puede apreciarse que los estratos de calizas de textura wackestone son mas frecuentes en la mitad superior. A techo, se observa cierto aumento de los niveles de calizas margosas. Esta formación ha sido datada en zonas limítrofes, a partir de conodontos, como Praguense a Emsiense Inferior (Sanz-López, 2002). En este perfil también se recogieron muestras para el estudio bioestratigráfico PC183-B1 y PC183-B2. Además se muestreo sistemáticamente la unidad para la realización del estudio sedimentológico y petrográfico con un total de 37 muestras.

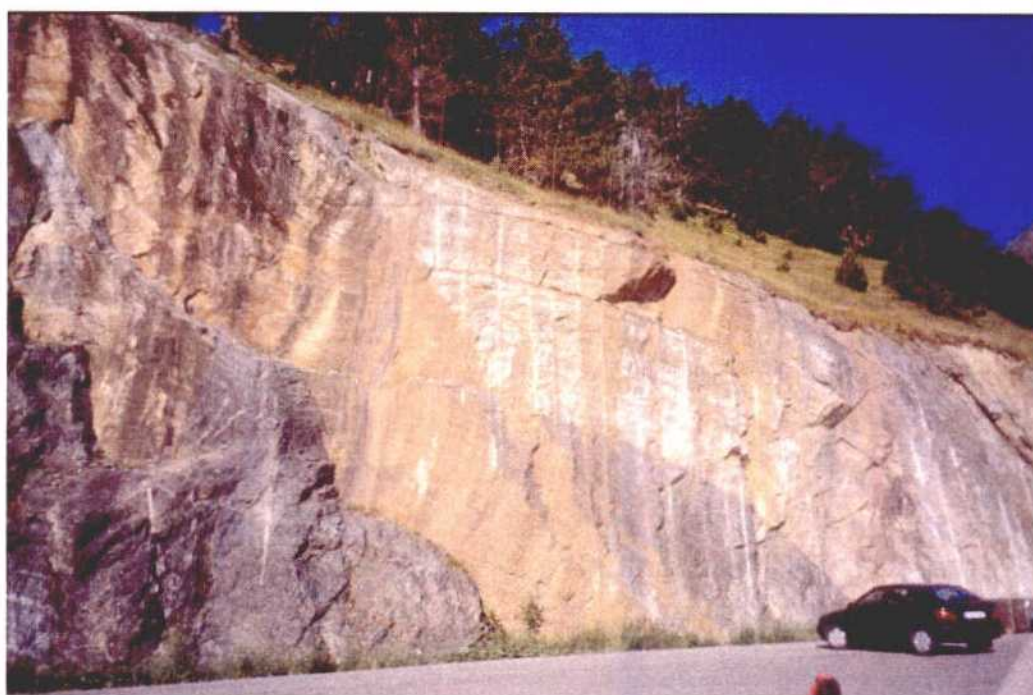


Figura 6. Afloramiento de la Fm. Castanesa en la zona de la estación de Arinsal en esta puede observarse el aspecto característicos de las calizas grises masivas

Como puede observarse en el mapa (ANEXO I), llama la atención el hecho de que esta unidad presenta una menor potencia en el sector occidental del sinclinorio. Esto podría tener una explicación paleogeográfica que provoque la diferencia de espesores durante la sedimentación en la cuenca devónica. Si bien, primero debemos asegurar que estas diferencias no son debidas a una localización incorrecta de los límites de esta unidad, provocada por una naturaleza más lutítica de esta formación en esa zona. Esto unido al hecho de que se trata de límites transicionales nos hace esperar los datos bioestratigráficos que aporte el análisis de conodontos que permitan situar más concretamente los límites de esta unidad.

Existen numerosos puntos de fácil acceso, además del descrito en esta columna estratigráfica, en los que puede observarse esta formación, como por ejemplo en la explanada de la estación intermedia de Arinsal y en diferentes afloramientos de la carretera C.S. 413 de acceso a dicha estación.

Sobre esta formación se situaría la Fm. Fonchanina del Emsiense Inferior (Sanz-López, 2002). Esta unidad está constituida en la localidad tipo por lutitas negras y grises oscuras y marca un límite neto sobre las calizas de la Fm. Castanesa, reflejando la profundización de la cuenca durante la sedimentación devónica. Sin embargo, en el perfil estudiado lo que se observa es un cambio hacia unas calizas margosas y lutitas carbonatas de color verdoso que se han considerado la base de la Fm. Manyanet. En ningún otro punto del área de estudio se han identificado materiales que pudiesen corresponder a la formación Fonchanina.

2.2.3 Formación Manyanet

La potencia de esta formación no ha podido ser establecida en este perfil, sin embargo, en zonas como el Pic de Casamanya, se estima que podría superar los 90 m de espesor. Esta unidad está compuesta por calizas margosas verdes y beige con intercalaciones de calizas beige en la base, que llegan a constituir una alternancia hacia techo (Fig. 7 foto). Los colores que muestra esta unidad la hacen fácilmente identificable con respecto al resto de formaciones devónicas. Las calizas se disponen en estratos de hasta 25 cm de potencia, tienen textura mudstone y en ellas pueden identificarse restos fósiles de crinoides y draquiconaridos. Estas calizas, en muchos casos, están recristalizadas adquiriendo un aspecto mármoleo. En su parte alta, la Fm. Manyanet es mucho más margosa, marcando el paso gradual a la Fm. Civis. En afloramientos situados en la zona del Pic de Casamanya se observa un tramo intermedio de calizas nodulosas de colores rojizos y verdes en las que se identifican restos de crinoides y corales, en este punto se han recogido muestras para su estudio bioestratigráfico a partir de conodontos (PC183-C2), lo que nos permitirá situar este evento de cambio de facies cronoestratigráficamente. A esta formación, en sectores más occidentales, se le ha asignado una edad Emsiense Inferior al límite Emsiense – Eifeliense (Sanz-López, 2002). En esta columna también se han tomado muestras para el estudio bioestratigráfico (en realización) PC183-M1 Y PC183-M2 y para el estudio sedimentológico de esta formación (11 muestras).

Las rocas de esta unidad ocupan la mayor área de afloramiento del sinclinorio y pueden observarse en numerosos puntos, si bien el más representativo es el de la zona del Pic de Casamanya, donde la Fm. Manyanet

constituye la mayoría de los afloramientos atravesados por la ruta de ascenso a pie a este pico y toda su cresta incluyendo las tres cumbres que configuran el macizo de Casamanya. Allí, estas calizas confieren un color blanquecino característico, a esta emblemática montaña andorrana.



Figura 7. Diferentes aspectos de campo de la Fm. Manyanet en la zona del Pic de Casamanya

2.2.4 Formación Civis

Esta unidad no aflora en la sucesión de Canillo, esto podría deberse posiblemente a causa tectónicas, si bien este término no puede confirmarse ya que incluso desde del techo de la formación infrayacente (Fm. Manyanet) la serie se encuentra cubierta por materiales cuaternarios. Sin embargo, se ha observado en zonas situadas en la parte central del sinclinorio de Tor-Casamanya, como en el Coll de Cases en el que da lugar a una pequeña elevación que se sitúa en el centro del collado y en la zona del Pic de Casamanya. Consiste esencialmente en lutitas grises micaceas con intercalaciones de niveles de calizas margosas grises y areniscas ocreas que se identifican hacia la base de la unidad, ambas dispuestas en estratos de potencia centimétrica a decimétrica (Fig. 8). Las areniscas de grano fino presentan estructuras sedimentarias como laminación paralela y ripples. La potencia de esta formación no ha podido ser establecida por la deficiencia de sus afloramientos. La edad de esta unidad correspondería al Eifeliense. Se han recogido muestras de esta unidad en la zona del Pic de Casamanya para la realización del estudio bioestratigráfico, PC183-C4 Y PC183-C5.

A techo de la Fm. Civis, en la zona del Pic de Casamanya, afloran unas calizas grises de textura wackestone en las que no se reconocen las características típicas del resto de formaciones devónicas descritas. Pueden corresponder a las Calizas griotte, compactas o amigdaloides, de tonos grises, descritas por Llopis Lladó (1969) y que podrían ser equivalentes a las que se superponen a la Fm. Civis en el valle de Benasque y que corresponden a calizas nodulosas grises y arrecifales del Eifeliense Superior y Givetiense (Sanz-López, 2002).

Para comprobar si verdaderamente corresponden a dichas calizas se recogieron muestras para el estudio bioestratigráfico a partir del análisis de conodontos PC183-C3 Y PC183-C1 (en realización).

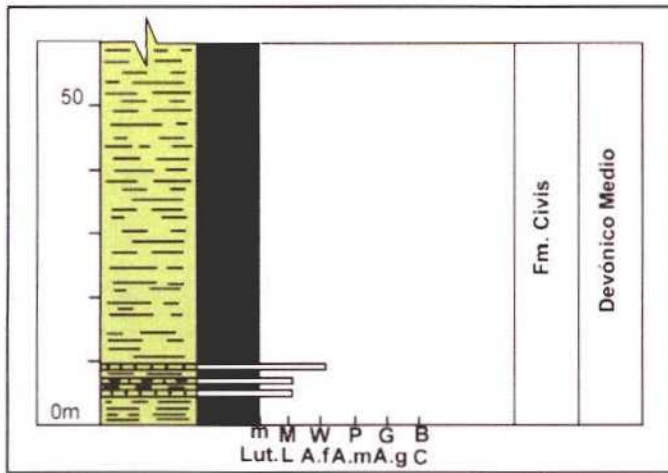


Figura 8. Perfil estratigráfico para la Formación Civis en el área del Pic de Casamanya

Todos los datos estratigráficos y sedimentológicos expuestos en este trabajo corresponden a un primer análisis realizado principalmente a partir de los datos de campo, si bien hay que tener en cuenta que a estos hay que añadir los datos que aporte el estudio bioestratigráfico que se está desarrollando en los laboratorios del IGME en Tres Cantos. Hasta el momento se ha realizado el tratamiento de aproximadamente la mitad de las muestras, siguiendo el proceso que ya se ha explicado en el apartado de metodología y se ha comenzado con el triado de algunas de ellas, con diferentes resultados en cuanto al número de ejemplares obtenidos. El próximo paso consistirá en la clasificación de estos ejemplares para extraer a partir de aquí la información bioestratigráfica posible.

Una vez obtenidos los datos bioestratigráficos podremos delimitar de manera mucho más concreta los límites de cada unidad, así como atribuir aquellos afloramientos que todavía en este momento no están definitivamente identificados a la formación que correspondan.

3. ESTRUCTURA

Al igual que muchas otras unidades de la Zona Axial pirenaica el sinclinorio de Tor-Casamanya se ha visto afectado por varias fases de deformación correspondientes tanto a la orogenia Hercínica (Paleozoico superior) como a la Alpina (Terciario). Este sinclinorio es una unidad estructural esencialmente hercínica y por tanto, la mayoría de las estructuras observables tendrían su origen en diferentes fases de esta orogenia. La influencia que posteriormente ejerce sobre ellas la orogenia Alpina, al igual que ocurre en el resto del Pirineo axial, todavía hoy es causa de controversia entre los diferentes autores que han estudiado la zona. Las rocas paleozoicas forman parte de las láminas cabalgantes Alpinas que configuran el núcleo de la Cordillera Pirenaica, como lo pone de manifiesto el perfil sísmico profundo de investigación de la corteza: perfil ECORS-Pyrenees (Choukroune y Ecors Pyrenean team, 1989; Mattauer, 1990 y Muñoz, 1992). Para algunos autores las rocas paleozoicas han sufrido una importante deformación dúctil alpina a la que atribuyen parte de la formación del clivaje (Mattauer, 1964; Mattauer y Seguret, 1966) mientras que para otros la deformación dúctil apenas es significativa quedando la deformación concentrada en planos de cabalgamiento (Zwart, 1977; Muñoz, 1985; Muñoz *et al.* 1986; Muñoz, 1992). En los últimos años algunos autores proponen nuevas posturas contemplando la posibilidad de una cierta deformación dúctil alpina para los sectores meridionales y occidentales del Pirineo Axial (Poblet, 1991 y García Sansegundo, 1992 y 1996).

Partiendo de este nivel de conocimiento, en este trabajo se realiza una descripción de las principales características estructurales del sinclinorio originadas durante diferentes fases de la orogenia Hercínica.

Entre las últimas interpretaciones sobre la estructura del sinclinorio de Tor-Casamanya cabe destacar las de autores como Poblet (1991) y Casas *et al.* (2002), quienes consideran la estructura de este sinclinorio como el resultado de la superposición de dos sistemas de pliegues, unos correspondientes a la fase de deformación principal Hercínica, vergentes al sur y un pliegue anterior, de escala kilométrica, vergente al norte. Teniendo en cuenta esta interpretación y de manera preliminar, se pueden señalar los siguientes aspectos: los materiales devónicos ocupan la mayor parte del área de estudio apreciándose en ellos una dirección general E-O mientras que el Silúrico, aflora mayoritariamente al norte, en una extensa área que abarca todo el valle de L'Angonella, al NO de la población de Llorts, como resultado probablemente de la superposición de al menos dos fases de deformación.

Para el estudio estructural del sinclinorio de Tor-Casamanya se han realizado cuatro cortes geológicos a escala 1:10000 (cortes 1 y 2) partiendo de los datos de campo obtenidos durante la realización de la cartografía y de cortes parciales realizados directamente en el campo. Estos cortes han permitido una mejor caracterización de las estructuras y de las diferentes fases de deformación identificadas en esta unidad. A su vez se ha realizado la proyección estereográfica de diferentes datos y la interpretación de esquemas fotogeológicos, todo ello destinado a obtener una mejor caracterización estructural del sinclinorio de Tor-Casamanya.

Para la descripción de las diferentes estructuras identificadas en este sinclinorio, vamos a dividir la unidad en diferentes sectores: sector occidental, central y oriental.

3.1 Sector occidental

Al oeste del sinclinorio afloran principalmente las unidades basales de la serie devónica, Rueda y Castanesa. Esta última constituye un nivel guía característico que nos permite identificar pliegues acostados, de escala cartográfica, que se identifican bien en la foto aérea, con los ejes orientados entre direcciones E-O y NNO-SSE. A estos pliegues se asocia una foliación de plano axial, subhorizontal de dirección aproximada NO-SE. En el núcleo de estos pliegues aflora la Fm. Manyanet lo que marca claramente los núcleos sinclinales. En este sector se identifica a su vez una foliación dominante de dirección E-O a ESE-ONO, asociada a pliegues subverticales, vergentes al S, la cual corresponde a una foliación de crenulación asimétrica (S2), ya que pliega a la foliación de plano axial descrita anteriormente que correspondería a una foliación de disolución (S1) (fig 9).



Figura 9. Detalles de la superposición de la foliación S2 sobre la primera foliación S1 en la zona del Port de Cabus

Junto a los pliegues descritos, en esta zona se observa también la presencia de varias láminas de cabalgamiento de dirección E-O, NE-SO y sentido de movimiento hacia el S. Estos cabalgamientos superponen materiales devónicos y por lo observado en diferentes afloramientos en los que se identifican las ampelitas silúricas (sin representación cartográfica) parecen enraizarse en el Silúrico, que según las observaciones de campo parece ser el nivel de despegue principal en toda la zona de estudio. En lo que se refiere a la cronología de estos cabalgamientos podemos decir que según las observaciones realizadas y los datos obtenidos hasta el momento vemos que cortan claramente a los pliegues acostados pero no podemos afirmar cual sería la relación respecto a los pliegues vergentes al S de segunda fase.

Estas características quedan reflejadas tanto en la cartografía (mapa, Anexo 1) como en los cortes geológicos que se han realizado, de dirección aproximadamente N-S (figs. 12 y 13, cortes 1A-A', mapa Anexo 1 y 2 B-B', mapa Anexo 1), es decir transversal a la orientación general de las estructuras. Ambos cortes se extienden desde el límite meridional del sinclinorio (cabalgamiento de Pal) hasta el límite norte del mismo (falla de Arinsal). El Corte 1 se ha elaborado desde las proximidades de la Font de Bisbe hasta el Port Negre, parte alta de la estación de Arinsal mientras que el corte 2 se ha realizado desde el Port de Cabus hasta el Cap de l'ovella. En estos cortes queda reflejado que la estructura general del sinclinorio en esta zona corresponde prácticamente a una serie de laminas de materiales devónicos superpuestas por cabalgamientos que convergen a nivel del Silúrico.

3.2 Sector central

En el valle del río Arinsal, siguen observándose pliegues orientados en dirección E-O esencialmente, derechos o vergentes al sur, tanto a escala de afloramiento como cartográfica (Mapa, Anexo 1). A estos pliegues se asocia una foliación de plano axial que muestra las mismas características que la foliación dominante (S2) descrita en el sector occidental. Estructuras similares, bien subverticales o bien de vergencia hacia el sur se reconocen en muchos de los afloramientos de la Fm. Manyanet (fig. 10) hasta el valle del Valira del Nort.



Figura 10. Pliegues subverticales, con foliación de plano axial asociada (S2). Zona del Valle de Arinsal

En esta zona se identifican dos importantes cabalgamientos de dirección E-O, ENE-OSO, con sentido de movimiento hacia el S que sitúan las ampelitas y calizas del Silúrico sobre los materiales de la serie devónica, lo que nos indicaría que estos cabalgamientos, probablemente, tendrían su nivel de despegue en el Silúrico, sin que se pueda concretar hasta el momento si serían o no contemporáneos con los descritos anteriormente.

Desde este punto hacia el este, el flanco sur del sinclinorio mantiene las mismas características estructurales, como puede apreciarse en los alrededores de la población de Sornas y en los afloramientos que encontramos en la carretera C.S. 240 de Canillo al Coll de Ordino, es decir se identifican principalmente estructuras de vergencia S. La representación estereográfica (Fig. 11) de los datos de orientación de ejes de pliegues y lineaciones de intersección entre la estratificación (S_0) y la foliación (S_2), obtenidos en numerosas estaciones de este sector, muestran claramente una orientación mayoritaria E-O para los ejes de los pliegues vergentes al S.

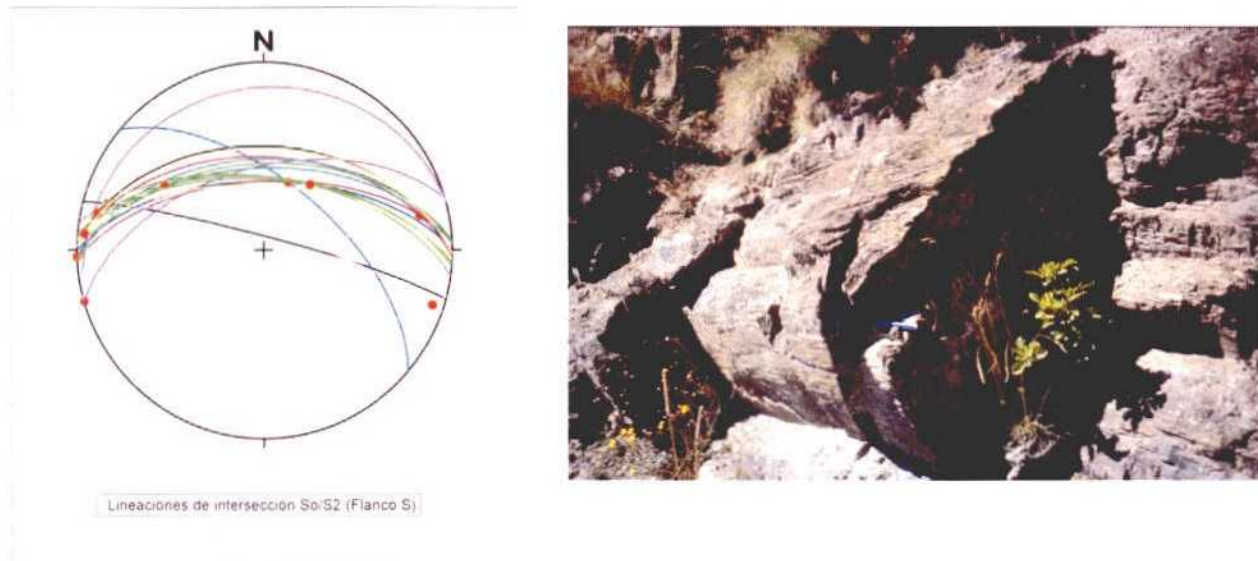


Figura 11. Representación estereográfica de las lineaciones de intersección entre estratificación (S_0) y foliación (S_2) (representados por las ciclográficas de colores) en el flanco sur del sinclinorio y detalle de un pliegue vergente al sur de esta zona.

Las características descritas para este sector quedan reflejadas tanto en la cartografía como en el corte 3 (Fig. 14, C-C', mapa Anexo 1), realizado en dirección N-S desde el Coll de Ordino hasta el Coll de Arenes. En la parte meridional de este corte se observa la presencia de los pliegues vergentes al S citados en este punto.

Dentro del sector central, en el flanco norte del sinclinorio las estructuras más destacables consisten en pliegues de escala métrica a hectométrica, vergentes al norte, a los que se asocia una foliación de plano axial. Además, en diferentes puntos se identifica una foliación de crenulación subvertical o vergente al sur, que se encuentra poco desarrollada cuando la foliación de plano axial de estos primeros pliegues es penetrativa (Fig. 15). La foliación subvertical descrita presenta las características de la foliación dominante en el resto del sinclinorio (S_2) y por tanto esto indicaría que los pliegues vergentes al norte descritos en este punto pertenecen a una fase de deformación anterior a la fase que daría lugar al desarrollo de la foliación dominante (S_2). Estos

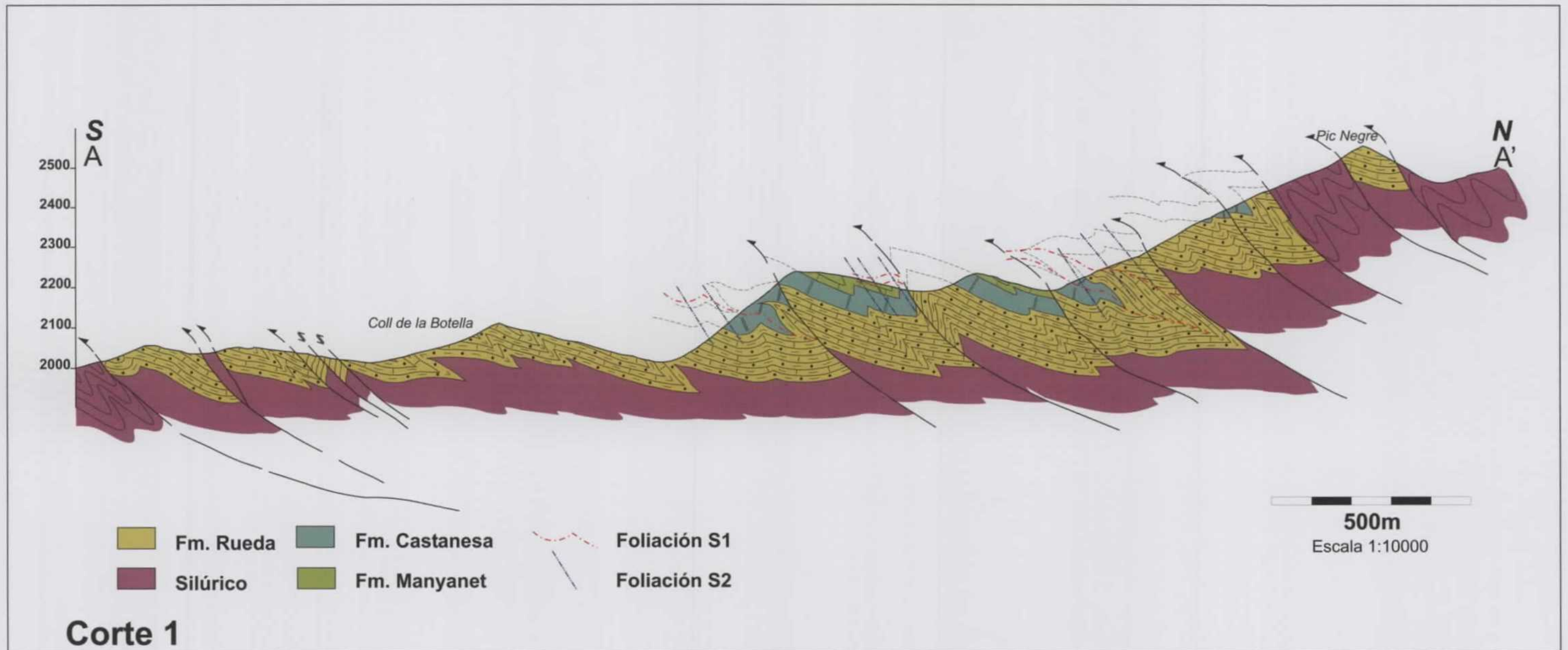


Figura 12. Corte de estructural realizado en el sector occidental del sinclinatorio de Tor-Casamanya, realizado en dirección N-S desde las proximidades de la Font del Bisbe hasta el Port Negre, parte alta de la estación de Arinsal. Corte situado en el mapa A-A'.

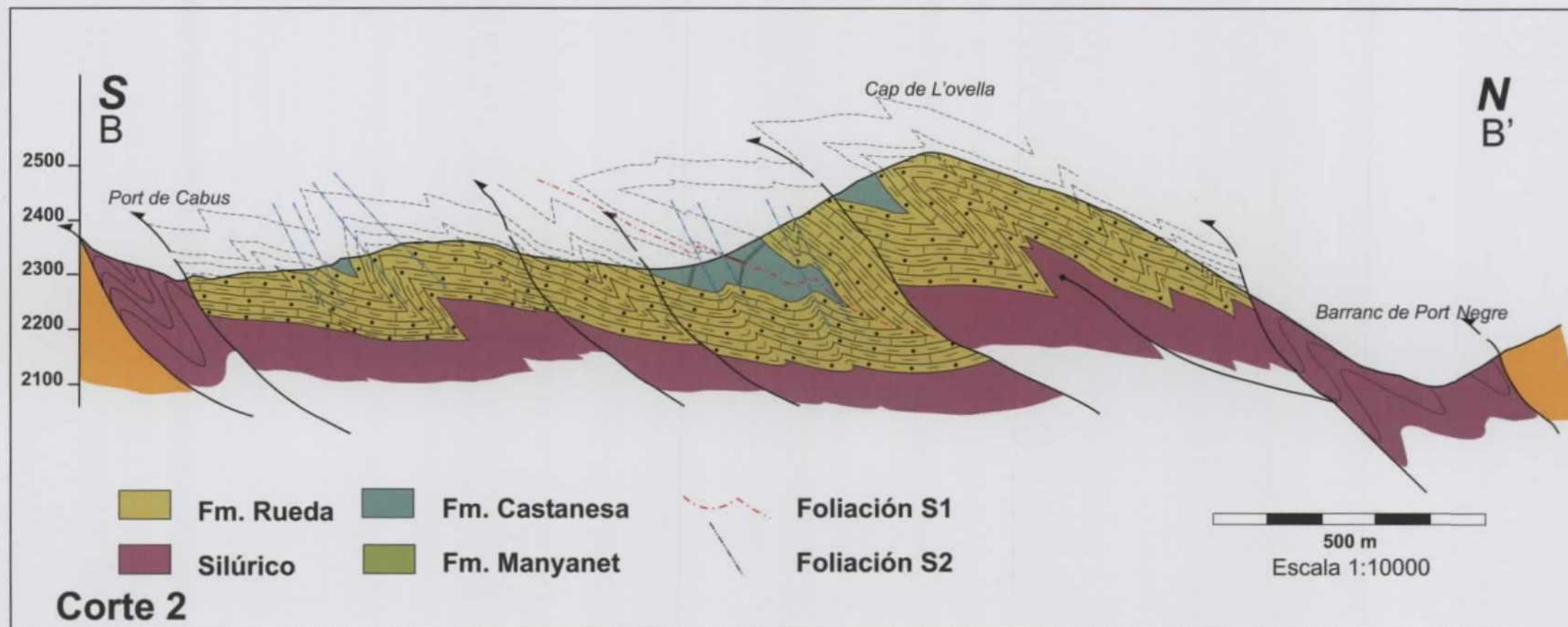


Figura 13. Corte realizado en el extremo occidental del sinclinorio de Tor-Casamanya entre el Port de Cabus y el Cap de L'ovella. Corte señalado en el mapa B-B'.

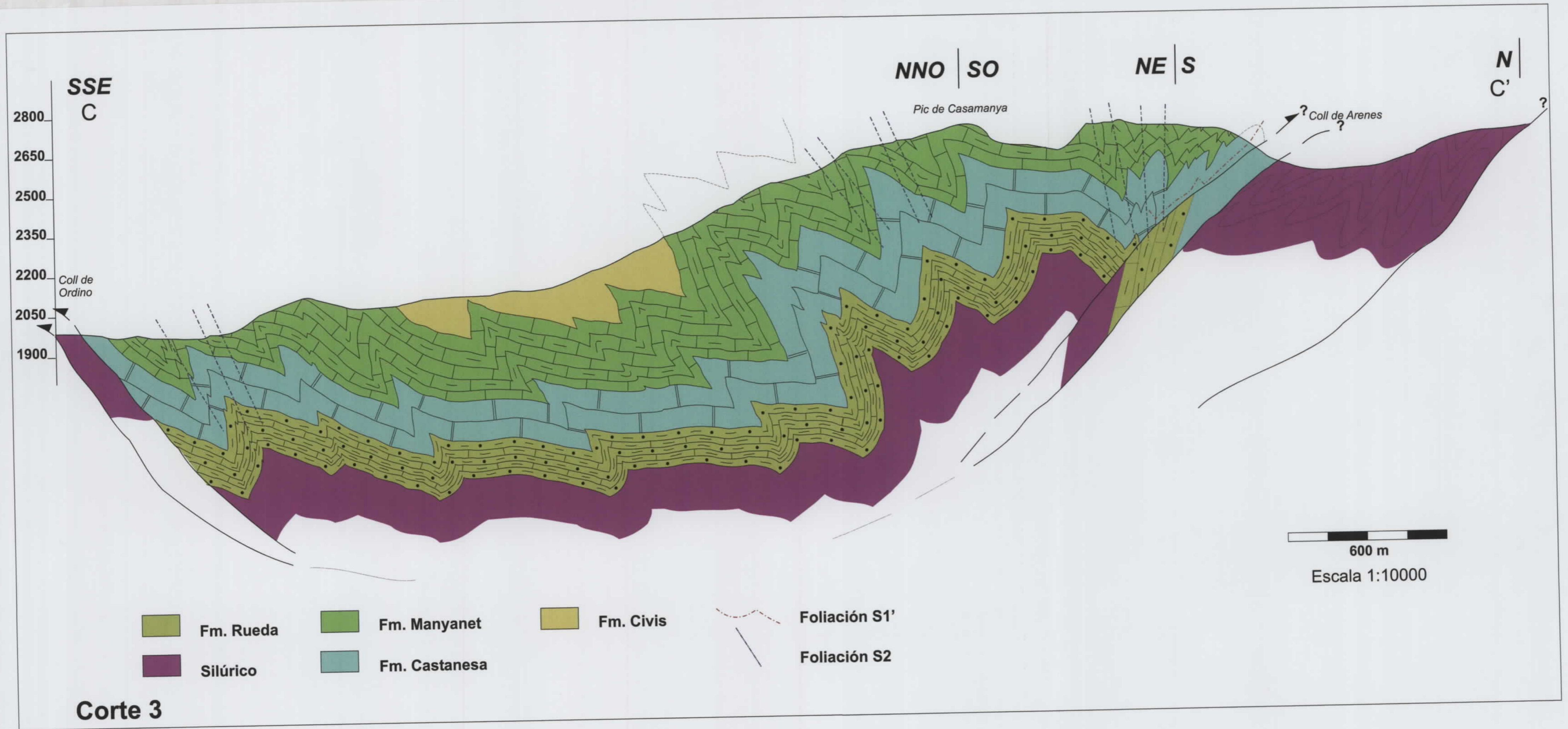


Figura 14. Corte realizado en la parte central del Sinclinorio de Tor-Casamanya, desde el Coll de Ordino al Coll de Arenes. Corte señalado en el mapa C-C'.

pliegues y la foliación asociada a ellos (S_1'), pueden observarse en algunos afloramientos de la Fm. Castanesa situados en el valle de L'Ensegur.



Figura 15. Pliegues vergentes al norte, con foliación de plano axial asociada (S_1') (Fm. Castanesa), valle de L'Ensegur.

La vergencia norte de estas estructuras queda reflejada tanto en la cartografía como en los cortes 3 (C-C', mapa, Anexo 1) y 4 (D-D', mapa, Anexo 1) (Figs. 14 y 18).

Por otra parte, en la zona del Coll de Arenes se puede apreciar que el contacto entre el Silúrico y el Devónico consiste como en el resto de la unidad en un contacto mecánico, si bien en esta zona se aprecia un claro buzamiento de este hacia el S. Además se observa que este contacto consiste realmente en un cabalgamiento principal en el que se enraiza otro que afecta sobretudo a la serie devónica, un detalle de estas estructuras puede observarse en el esquema fotogeológico de la figura 16.

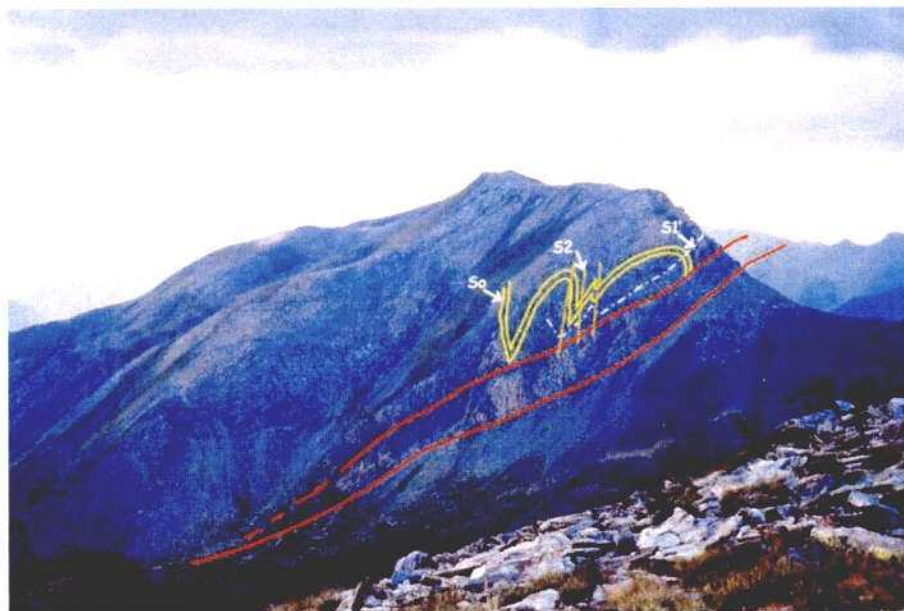


Figura 16. Esquema fotogeológico de la zona del Coll de Arenes en el que puede observarse las trazas de la estratificación (S_0) y las relaciones con la foliación dominante (S_2) y la foliación asociada a los pliegues vergentes al N (S_1').

La presencia de los dos sistemas de pliegues descritos en este punto puede observarse en el valle del Montaup, donde la orografía permite observar la figura de interferencia originada por la superposición de los pliegues vergentes al sur, pertenecientes a la fase de deformación principal, y los pliegues previos, vergentes al norte. La estructura de esta zona también queda representada en el corte 4 (Fig. 18, (D-D', mapa, Anexo 1).

3.3 Sector oriental

Por último, en el extremo oriental del sinclinorio, situado al este del río Valira del Orient y que abarca principalmente la zona del Pic de la Encampadana, vuelve a ser mayor la presencia de cabalgamientos de dirección E-O, con sentido de movimiento hacia el sur (Fig. 17), que convergen en el Silúrico, al igual que ocurría con los descritos en el resto de la unidad. Estos cabalgamientos, como puede observarse en la cartografía, superponen láminas de materiales devónicos y se encuentran cortando a los pliegues pertenecientes a la fase de deformación principal.

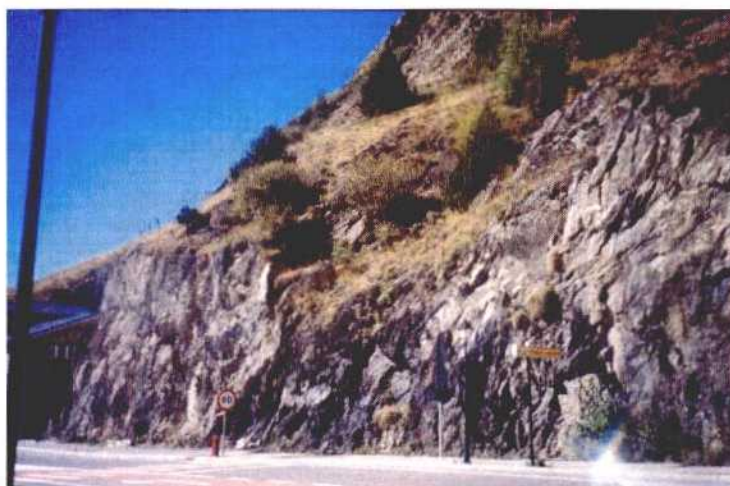


Fig. 17. Aspecto del contacto mecánico de la serie devónica con el Silúrico en la población de Canillo. Sector oriental del sinclinorio.

En esta zona se identifica también una foliación principal de orientación E-O, ESE-ONO subvertical y vergente al S (S2) que en algunos afloramientos se encuentra plegando a un clivaje previo (S1).

3.4 Características generales de las estructuras del sinclinorio de Tor-Casamanya

A partir de las observaciones de campo y del análisis estructural realizado, se puede considerar que la estructura general de esta unidad viene marcada por la existencia de estructuras de dirección E-O.

Los datos obtenidos y analizados hasta el momento nos permiten reconocer una fase de deformación principal para el sinclinorio a la cual se asocia la foliación dominante (S2) y que esta caracterizada por

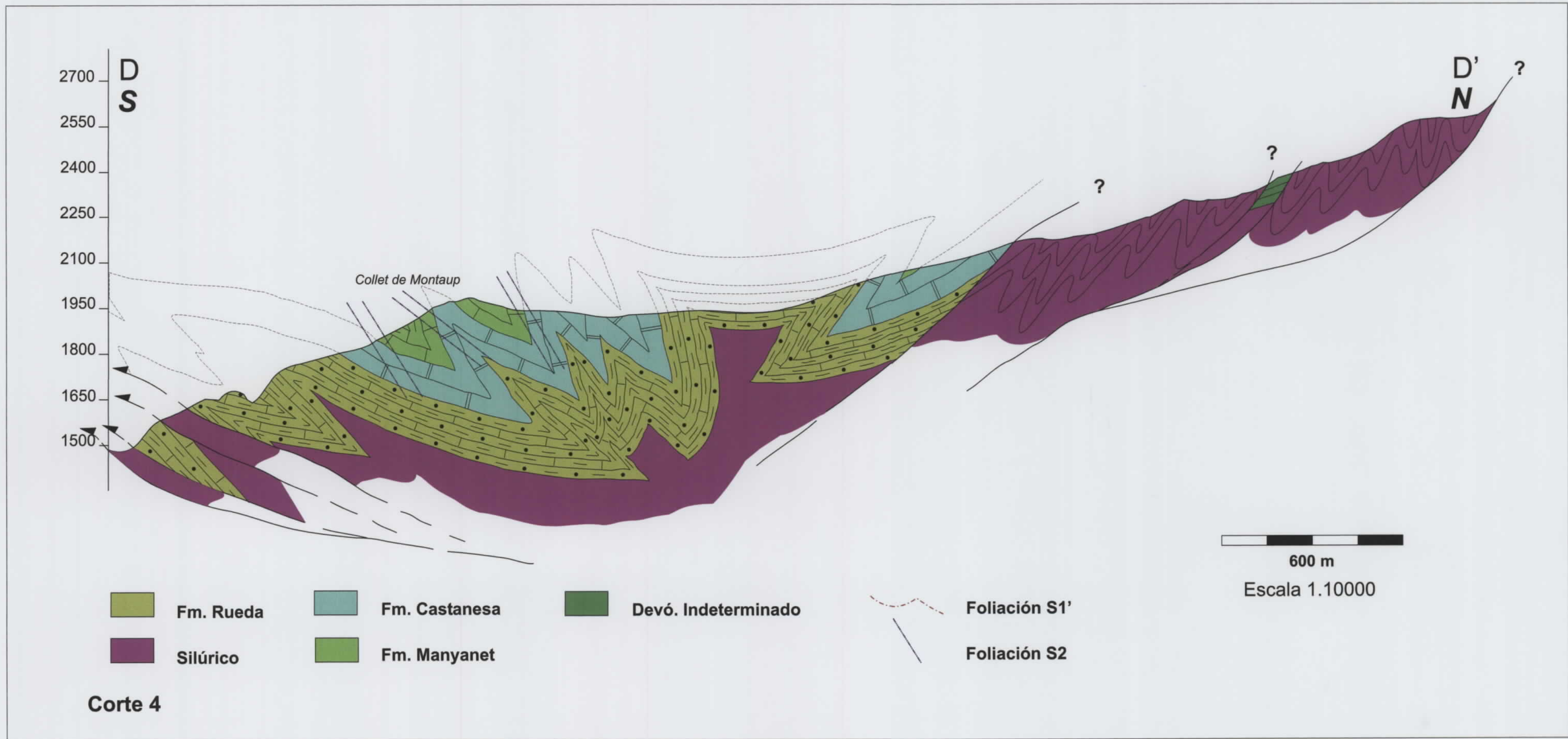


Figura 18. Corte realizado en dirección N-S desde el límite sur del sinclinal a lo largo del valle del Montaup. Corte señalado en el mapa D-D'

estructuras cuya presencia es constante en toda la unidad. Estas estructuras se superponen a pliegues que se observan de manera más esporádica y que muestran vergencias diferentes en distintos puntos. Hasta este momento no se ha obtenido ninguna prueba que nos indique la relación temporal entre ambas fases, o por otra parte si estas estructuras primitivas pudiesen estar originadas en una misma fase de deformación.

La fase de deformación principal o dominante esta caracterizada por pliegues apretados con ejes orientados en dirección E-O y plano axial derecho o vergentes claramente al S. Los ejes de estos pliegues se encuentran inclinados tanto al este como al oeste, si bien el ángulo de inclinación de estos suele estar siempre por debajo de los 30°. A estos pliegues esta asociada la foliación dominante (S2), esta se reconoce en todo el sinclinorio y corresponde como ya hemos apuntado a una foliación de crenulación, ya que se encuentra plegando a las foliaciones asociadas a las fases de deformación anteriores.

Las estructuras pertenecientes a las fases de deformación anteriores a la fase principal consisten esencialmente en dos tipos de pliegues. Unos se caracterizan por pliegues acostados, de escala cartográfica, vergencia S y una foliación de plano axial subhorizontal (S1), como puede observarse en el caso del sector occidental. Los otros corresponden a pliegues vergentes al norte como lo indica la marcada asimetría de los pliegues observados y la relación con la foliación de plano axial (S1'), estos se reconocen en el sector centro – norte, en el valle de Ensegur, la zona del Coll de Arenes y en el Valle del Montaup, además en estos afloramientos puede apreciarse que el clivaje asociado a estos pliegues se encuentra plegado por una foliación de crenulación que corresponde a la foliación principal (S2).

Hay que señalar también en este punto la presencia de numerosos cabalgamientos a lo largo de toda la unidad, si bien se han reconocido principalmente en los extremos occidental y oriental, hay que tener en cuenta que estos podrían estar afectando igualmente a la serie devónica en puntos centrales de la unidad. En cuanto a la edad de estos cabalgamientos hasta el momento lo que podemos apreciar, a partir de la cartografía y de los datos de campo es que en el caso del sector occidental varios de estos cabalgamientos se encuentran cortando a los pliegues acostados anteriores a la fase de deformación principal, lo que indicaría una edad posterior al desarrollo de estos pliegues, sin embargo para este sector no queda clara la relación con los pliegues y estructuras pertenecientes a la fase principal. Por otra parte si nos fijamos en el sector oriental del sinclinorio podemos ver que algunos de los cabalgamientos se encuentran cortando a estructuras de la fase de deformación principal. A partir de aquí podemos decir que existen cabalgamientos contemporáneos o posteriores a la fase de deformación principal, sin que podamos concretar si los cabalgamientos observados en el sector occidental corresponden a este evento o algún otro evento anterior.

Finalmente podemos decir también, que la superposición de las estructuras vergentes al S pertenecientes a la fase de deformación principal que se superponen a los pliegues vergentes al N y por tanto de vergencia opuesta, origina una estructura de doble vergencia que queda bien reflejada en la parte central y

oriental del sinclinorio. Por otra parte en otras zonas la numerosa presencia de láminas de cabalgamiento no permite apreciar ninguna estructura de este tipo.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La realización de este estudio estratigráfico y estructural y la nueva cartografía a escala 1:25000 elaborada para el sinclinorio de Tor-Casamanya ha permitido aumentar el conocimiento geológico de esta zona situada prácticamente en el centro del territorio andorrano.

Los nuevos datos estratigráficos obtenidos a partir de las observaciones de campo y de la realización de un perfil estratigráfico detallado muestran que en la serie devónica descrita en este trabajo se han reconocido todas las formaciones que componen el área de subfacies Sierra Negra s.s. a excepción de la Fm. Fonchanina. Este hecho contrasta con lo expuesto en trabajos precedentes en los que se señala la ausencia de la Fm. Civis y se atribuye un carácter discontinuo para la Fm. Castanesa (Poblet, 1991). En el presente trabajo la cartografía detallada ha permitido, reconocer la Fm. Civis en diferentes puntos del área de estudio, destacando el afloramiento situado en la zona centro-oriental del sinclinorio, así como la continuidad de afloramiento de la Fm. Castanesa a lo largo de toda la unidad.

El estudio estratigráfico realizado ha permitido una primera caracterización de la serie devónica. En este estudio se ha comprobado que, al igual que en otras áreas de los Pirineos con facies Sierra Negra, se diferencia una parte inferior, con alternancia de pizarras y calizas (Fms. Rueda y Manyanet) y un tramo intermedio carbonatado (Fm. Castanesa) así como una parte superior esencialmente pizarrosa (Fm. Civis). En el sinclinorio de Tor-Casamanya, la serie presenta un carácter más carbonatado que la serie tipo definida en la zona de Benasque (Alta Ribagorza, (Huesca)), de naturaleza mucho más siliciclástica. Esta característica viene dada por la existencia de una Fm. Rueda con más intercalaciones de calizas y la ausencia de la Fm. Fonchanina de carácter siliciclástico. Este aumento del carácter carbonatado observado de oeste a este, se observa también a nivel del sinclinorio de oeste a este de la unidad.

El estudio bioestratigráfico que se está llevando a cabo en este momento, nos permitirá concretar posteriormente las edades para los límites de cada formación. Esto supondrá un gran apoyo para todos los datos obtenidos en este primer trabajo.

La cartografía geológica realizada identificando las distintas formaciones devónicas, permite destacar los principales rasgos de la estructura de esta unidad. Así, una vez realizado el análisis estructural, podemos decir que el sinclinorio de Tor consiste en una estructura con orientación esencialmente E-O que viene dada por el desarrollo de cabalgamientos y pliegues superpuestos.

Hasta el momento se han atribuido estas estructuras como pertenecientes a al menos dos fases de deformación hercínica diferentes, es decir se han reconocido en el sinclinorio estructuras anteriores a la fase de deformación principal, sin que se haya podido esclarecer si estas se originaron en dos fases de deformación diferentes o pertenecen a una única fase de deformación. Las estructuras que caracterizan estas primeras fases son en un caso pliegues acostados, vergentes al S, con una foliación de plano axial subhorizontal (S1) y en otro

caso consisten en pliegues de vergencia norte, con un clivaje primario de plano axial (S1') asociado. Sobre ambos se superponen pliegues vergentes al sur a los que se asocia una foliación de crenulación (S2). Esta segunda foliación es la dominante en todo el sinclinorio y constituye junto con los pliegues a los que se asocia las estructuras características de la fase de deformación principal.

La existencia de pliegues pertenecientes a una fase de deformación precoz con vergencia norte, han sido descritos en otras áreas de la Zona Axial (García-Sansegundo, 1992). La vergencia de estas estructuras es opuesta a la vergencia sur que muestran las estructuras pertenecientes a la fase principal, hecho que se hace evidente en la zona centro-oriental del sinclinorio. Esto queda reflejado en la cartografía, en la que se pueden observar figuras de interferencia de ambos sistemas de pliegues.

Como parte importante de la estructura de este sinclinorio debemos destacar también la presencia de cabalgamientos de orientación E-O a NE-SO, más abundantes en los extremos del sinclinorio. En cuanto a la cronología de estas estructuras y su relación con las fases de deformación deducidas, todavía no se ha podido establecer un orden cronológico fiable.

Como ha quedado expuesto en este trabajo se ha avanzado en el conocimiento estratigráfico y estructural del sinclinorio de Tor-Casamanya, si bien también se ha pretendido mostrar que todavía existen ciertos puntos en los que profundizar y seguir trabajando.

5. BIBLIOGRAFÍA

Barnolas, A; Chiron, J.C. y Guérangé, B. (1996). Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées. Volume 1, Introduction, Géophysique, Cycle Hercynien. Éditions BRGM-ITGE, 729 p., 26pl. h.t.

Boersma, K. Th. (1973). "Devonian and Lower Carboniferous conodont biostratigraphy, Spanish Central Pyrénées". *Leidse Geol. Meded.*, 49, pags. 307-377.

Casas, J.M.; Domingo, F.; Poblet, J. & Soler, A. (1989). On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the Upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees. *Geodinamica Acta*, Paris, 3, 2, pags. 135-147.

Casas, J.M.; Alías, G.; Masachs, L.; Soler, A.; Vilaplana, J.M. (2002). Memòria del mapa geològic d'Andorra 1:50000. Institut d'Estudis Andorrans, 49 pags.

Carreras, J. & Cires, J. (1986). The geological significance of the western termination of the Merens fault at Port Vell (Central Pyrenees). *Tectonophysics*, Amsterdam, 135, pags. 87-98.

Capellà, I.; Carreras, J. (1996). La zonación estructural del Hercínico del Pirineo Central en el anticlinorio de la Pallaresa. *Estudios Geol.*, 52; pags. 51-61.

Cirés, J.; Alías, G.; Poblet, J.; Casas, J.M. (1990). La estructura del anticlinal de la Massana (Hercínico del Pirineo central). *Geogaceta*, 8, pags. 42-44.

Degardin, J. M. (1988). Le Silurien des Pyrénées. Biostratigraphie. Paléogéographie. *Soc. Geol. Nord*, publ. 15, 355 pags.

Deramond, J. (1971). Plis couchés dans la Zone Axial des Pyrénées Ariégeoises (Haut-Salat). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 272, pags. 693-696.

Deramond, J. et Soula, J.c. (1971). Orientation des structures hercyniennes et rôle des anisotropies dans les Pyrénées ariégeoises et andorranes. *C. R. Acad. Sci., Paris*, D, 272, 63, pags. 2653-2656.

García-Sansegundo, J. (1992). *Estratigrafia y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del Valle de Aran y de la Alta Ribagorça*. Publicaciones especiales del Boletín Geológico y Minero, 167 p.

García-Sansegundo, J. (1996). Influence de la tectonique alpine sur les structures hercyniennes. En: Barnolas, A.; Chiron, J.C. y Guérangé, B. (ed.), *Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées*. BRGM-ITGE ed., 1, pags. 658-659.

Hartevelt, J.J.A. (1970). Geology of the upper Segre and Valira valleys, central Pyrenees, Andorra/Spain. *Leidse Geol. Med.*, 45, pags. 167-236.

Llopis Lladó, N. (1965). Sur le Paléozoïque inférieur de l'Andorre. *Bull. Soc. géol. France, Paris* (7), VII, pags. 652-659.

Llopis Lladó, N. (1969). "Estratigrafía del Devónico de los valles de Andorra". *Mem. R. Acad. Cien. Artes Barcelona*, 34 (7): pags. 219-290.

Mattauer, M. (1964). Sur les schistosités d'âge tertiaire de la zone axiale hercynienne des Pyrénées. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 259, pags. 2891-2894.

Mattauer, M. et Seguret, M. (1966). Sur le style des déformations tertiaires de la Zone Axiale des Pyrénées hercyniennes. *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, nº 1, pags. 10-13.

Mey, P. H. W. (1967). The Geology of the Upper Ribagorzana and Baliera valleys, Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, pags. 153-220.

Mey, P. H. W. (1968). Geology of the upper Ribagorzana and Tor valleys, Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, pags. 229-292.

Muñoz, J.A. (1992). Evolution of a continental collision belt: ECORS-Pyrenees crustal balanced cross-section. En: McClay, K.R. (ed.) *Thrust tectonics*. Chapman and Hall ed., pags. 235-246.

Poblet, J. (1991). *Estructura herciniana i alpina del vessant sud de la zona axial del Pirineu Central*. Tesis doctoral, Univ. De Barcelona, 604 p., (inédita).

Roure, F.; Choukroune, P.; Berástegui, X.; Muñoz, J.A.; Villien, A.; Matheron, P.; Bareyt, M.; Seguret, M.; Cámara, P. y Deramond, J. (1989). ECORS depp seismic data and balanced cross sections: geometric constraints on the evolution of the Pyrenees. *Tectonics*, 8 (1), pags. 41-50.

Sanz, J. (1995): *Estratigrafía y bioestratigrafía (Conodontos) del Silúrico superior-Carbonífero inferior del Pirineo oriental y central*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona. 2 vol., 716 pags. (inédita).

Sanz-López, J. (2002).- Devonian and Carboniferous pre-Stephanian rocks from the Pyrenees. In: S.García-López y F. Bastida (eds.) Palaeozoic Conodonts from Northern Spain. *Cuadernos del Museo Geominero*, 1, pags. 367-389.

Eeckhout, Van den B. (1986). A case study of a manteld gneis antiform, the Hospitalet massif Pyrenees (Andorra, France). *Geologica Ultraiectina*, Utrecht, 45 pags. 1-193.

Zandvliet, J. (1960). The geology of the upper Salat and Pallaresa valleys, Central Pyrenees, France / Spain. *Leidse Geol. Med.*, 25, pags. 1-127.

Zwart, H.J. (1965). Geological map of the Paleozoic of the Central Pyrenees, sheet 6, Aston, France, Andorra, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 33, 191-254.

Zwart, H.J. (1979). The Geology of the Central Pyrenees. *Leidse Geol. Med.*, 50, 1, 74 p.

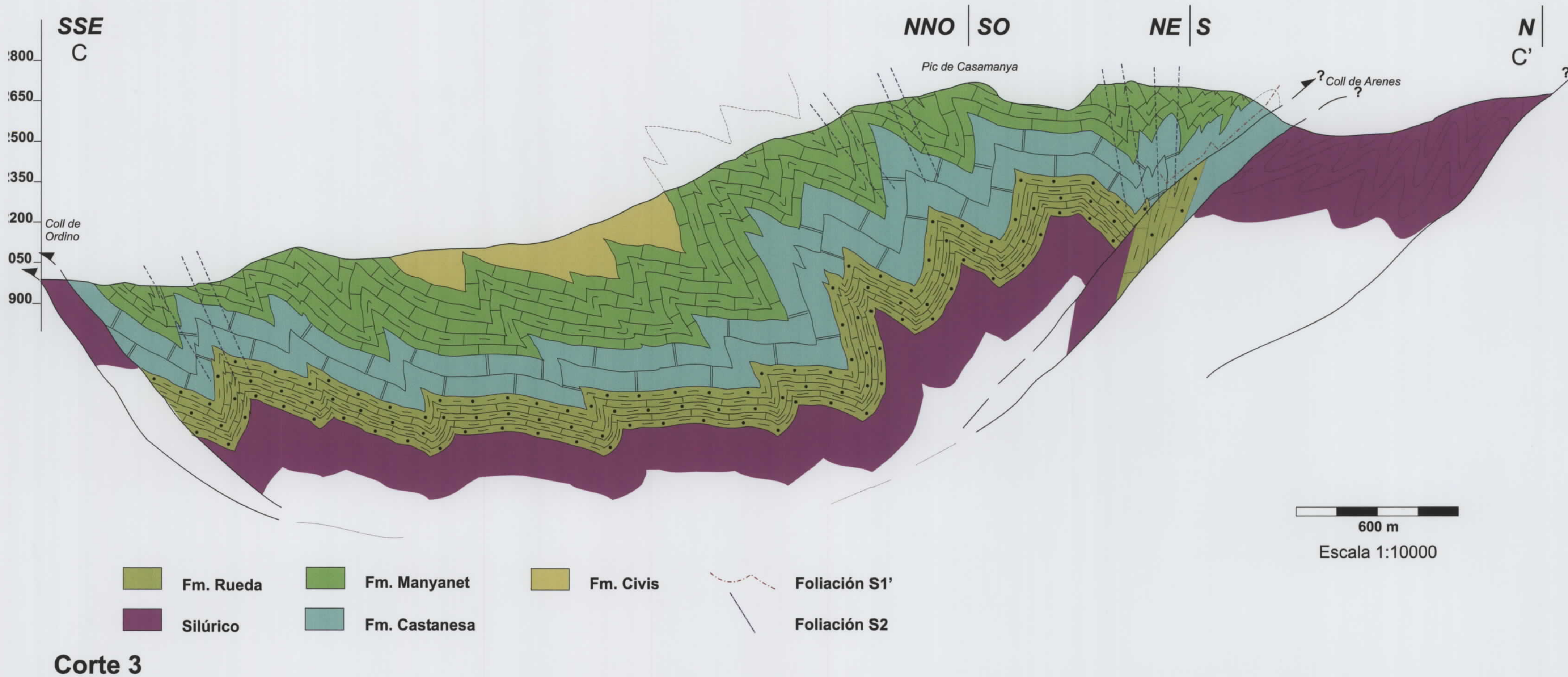


Figura 14. Corte realizado en la parte central del Sinclinal de Tor-Casamanya, desde el Coll de Ordino al Coll de Arenes. Corte señalado en el mapa C-C'.

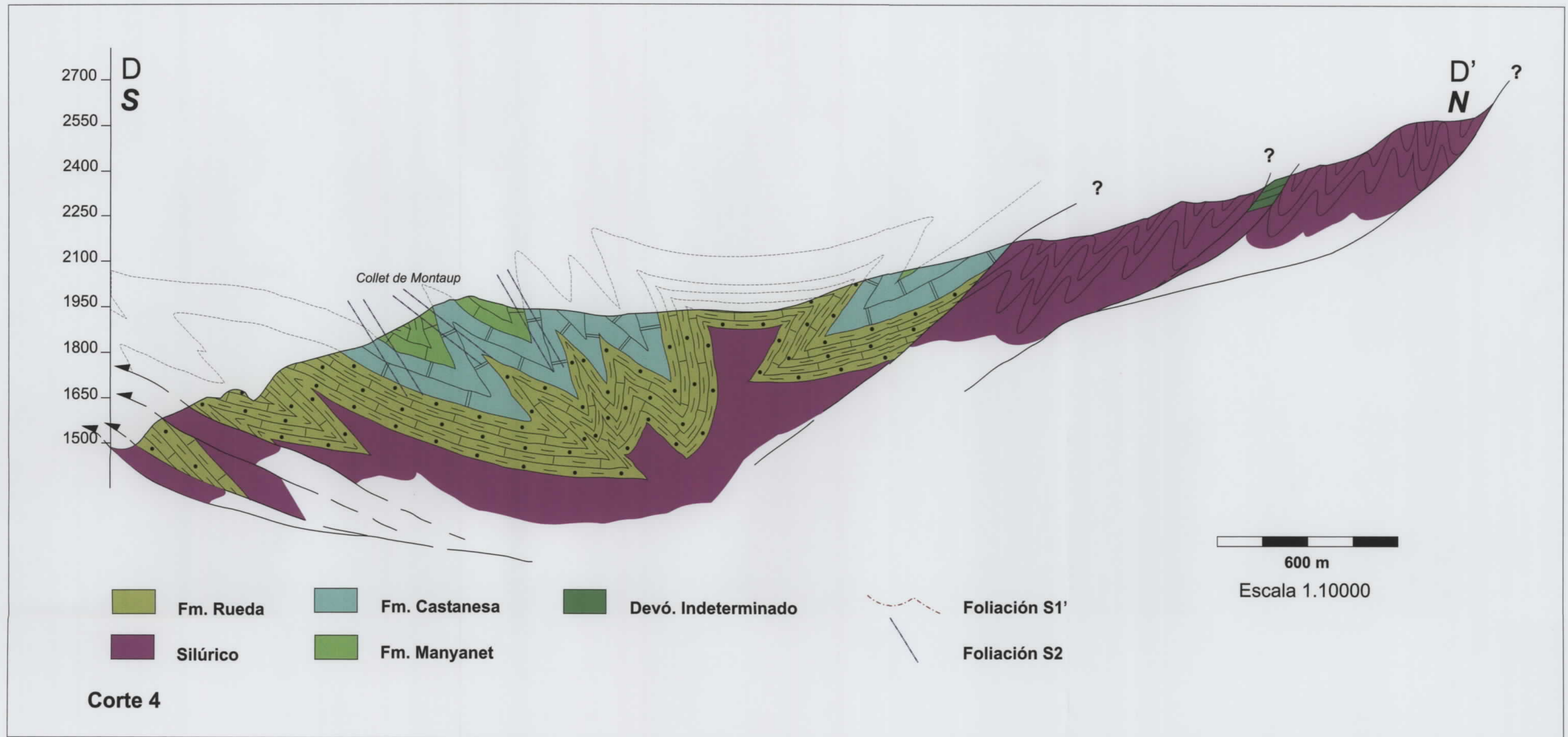


Figura 18. Corte realizado en dirección N-S desde el límite sur del sinclinal a lo largo del valle del Montaup. Corte señalado en el mapa D-D'

MAPA GEOLÓGICO DEL SINCLINORIO DE TOR - CASAMANYA

Fecha de realización: Julio de 2004
Autora: MP. Clariana



Leyenda

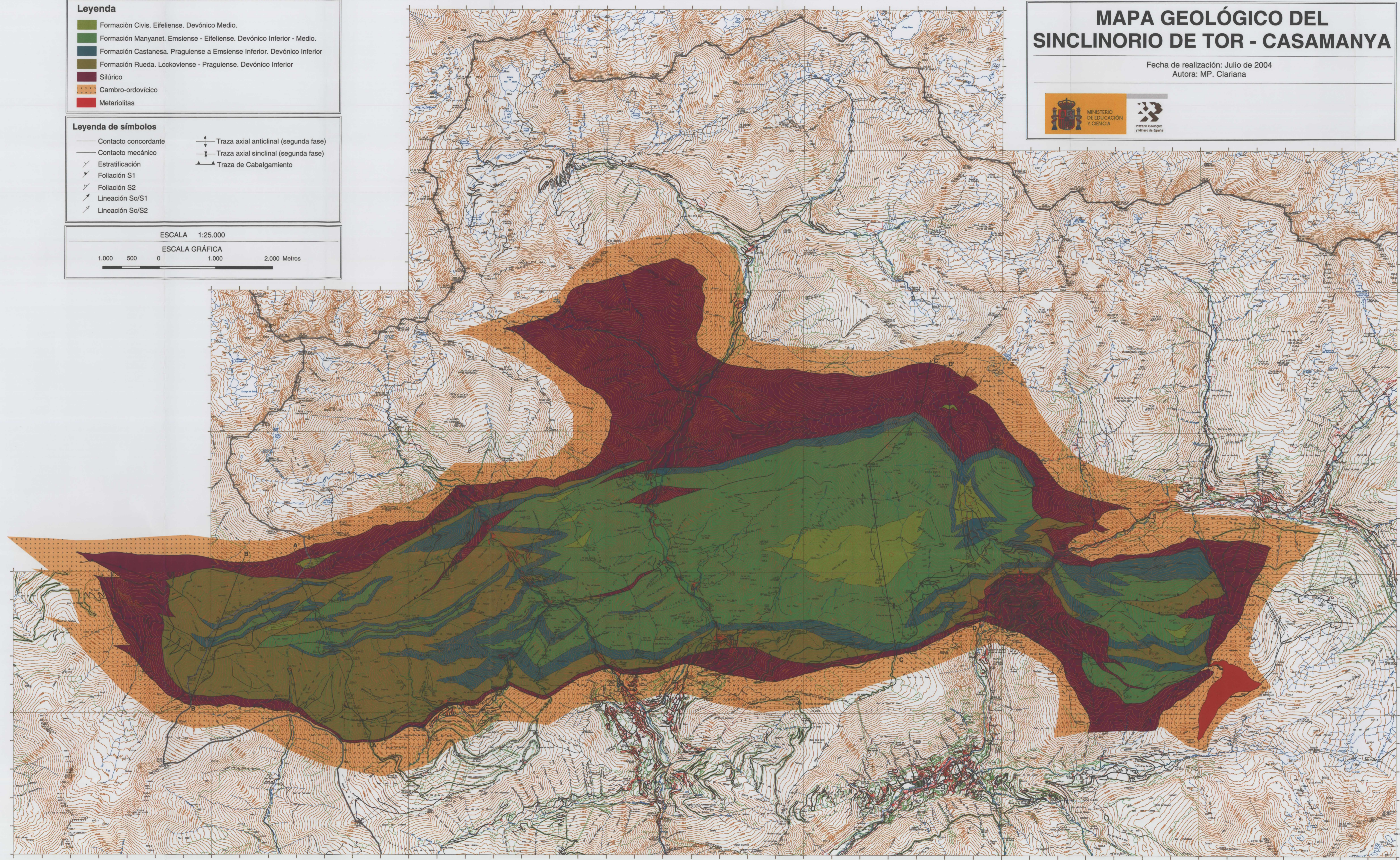
- Formación Civis. Eifelense. Devónico Medio.
- Formación Manyanet. Emsiense - Eifelense. Devónico Inferior - Medio.
- Formación Castanosa. Praguense a Emsiense Inferior. Devónico Inferior
- Formación Rueda. Lockoviense - Praguense. Devónico Inferior
- Silúrico
- Cambro-ordovícico
- Metarolitas

Leyenda de símbolos

<ul style="list-style-type: none"> — Contacto concordante — Contacto mecánico ↙ Estratificación ↘ Foliación S1 ↗ Foliación S2 ↖ Lineación So/S1 ↗ Lineación So/S2 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Traza axial anticlinal (segunda fase) ⊖ Traza axial sinclinal (segunda fase) ▲ Traza de Cabalgamiento
--	---

ESCALA 1:25.000

ESCALA GRÁFICA



ESTACION	DIRECCION	BUZANIENTO	TIPO DE MEDIDA	ESTACION CAMPO
1		100 69N	Estratificación	240
1		79 64N	Foliación (S2)	240
2		140	90 Foliación (S2)	242
3		140 70N	Foliación (S2)	243
4		120 40S	Estratificación	244
4		105	15 Lineación	244
5		100 75N	Foliación (S2)	245
5		110 40S	Estratificación	245
5		115	20 Lineación So/S2	245
6		155	60 Estratificación	246
6		90	65 Eje de pliegue	246
7		160	90 Clivage de crenulación	247
*8		90 50N	Foliación (S2)	248
9		95 68N	Foliación (S2)	249
10		105 89N	Foliación (S2)	250
11		100 55N	Foliación (S2)	251
12		80 30S	Estratificación	252
13		95 85S	Foliación (S2)	253
14		105 38N	Estratificación	254
14		98 40N	Foliación (S2)	254
14		280	8 Eje de pliegue	254
15		98 54N	Estratificación	255
15		84 62N	Foliación (S2)	255
16		102 54N	Estratificación	256
16		84 68N	Foliación (S2)	256
17		98 44N	Estratificación	257
17		88 55N	Foliación (S2)	257
18		98 50N	Estratificación	258
18		70 50N	Foliación (S2)	258
19		112 38N	Estratificación	259
19		90 62N	Foliación (S2)	259
20		170 63E	Estratificación	260
20		86 51N	Foliación (S2)	260
21		152 39NE	Estratificación	261
21		82 40N	Foliación (S2)	261
22		82 54N	Foliación (S2)	262
22		102 46N	Estratificación	262
22		90 66N	Foliación (S2)	262
23		96 70N	Estratificación	263
23		93 58N	Foliación (S2)	263
23		72 35NE	Estratificación	263
23		96 58N	Foliación (S2)	263
24		108 52N	Estratificación	264
24		84 50N	Foliación (S2)	264
24		80 85NE	Foliación (S1)	264
25		86 52N	Estratificación	265
25		90 60N	Foliación (S2)	265
26		101 47N	Estratificación	266
26		96 50N	Foliación (S2)	266
27		27 20W	Estratificación	267
27		90 75S	Foliación (S2)	267
27		72 80N	Estratificación	267
28		122 74N	Estratificación	268
28		92 65N	Foliación (S2)	268
29		122 78S	Estratificación	269

54	70 64S	Estratificación	295
54	106 68N	Foliación (S1)	295
54	100 73N	Foliación (S1)	295
54	94 52S	Foliación (S2)	295
54	92 87S	Foliación (S2)	295
54	82	50 Eje de pliegue	295
55	101	90 Estratificación	296
56	107 82S	Estratificación	297
57	104 50N	Estratificación	298
57	88 34N	Foliación (S2)	298
58	270	8 Eje de pliegue	299
58	85 54N	Estratificación	299
58	76 44N	Foliación (S1)	299
58	90 66N	Foliación (S2)	299
59	80 65N	Estratificación	300
59	100 46N	Foliación (S2)	300
60	98 38N	Estratificación	301
60	101 50N	Foliación (S2)	301
61	79 65N	Estratificación	302
61	130 60N	Estratificación	302
61	90 60N	Foliación de p.axial	302
61	276	6 Lineación So/S2	302
62	121 70S	Estratificación	303
62	103 31N	Foliación (S2)	303
63	92 49N	Estratificación	304
63	87 60N	Foliación (S2)	304
63	293	26 Eje de pliegue	304
64	73 15N	Estratificación	305
64	74 54N	Foliación (S2)	305
65	90 42N	Foliación (S2)	306
65	72 43N	Foliación (S2)	306
65	70 58N	Estratificación	306
66	82 34N	Estratificación	307
66	81 50N	Foliación (S2)	307
67	98 38N	Estratificación	308
67	152 25E	Foliación (S1)	308
67	88 40N	Foliación (S2)	308
68	116 25N	Estratificación	309
68	130 18NE	Foliación (S2)	309
69	82 38N	Estratificación	310
69	101 42N	Foliación (S2)	310
70	106 45N	Estratificación	311
70	126 40N	Foliación (S2)	311
71	76 45NW	Estratificación	312
71	82 40NW	Foliación (S2)	312
72	56 67N	Estratificación	313
72	100 35N	Foliación (S2)	313
73	153 46N	Estratificación	314
73	112 46N	Foliación (S2)	314
73	72	24 Lineación So/S2	314
74	118 22N	Estratificación	315
74	134 30N	Foliación (S2)	315
75	98 58N	Estratificación	316
76	88 50N	Estratificación	318
76	88 54N	Foliación (S2)	318
77	95 58N	Estratificación	319

98	89 59N	Estratificación	348
98	92 72N	Foliación (S2)	348
99	93 69N	Estratificación	349
99	100 65N	Foliación (S2)	349
100	149 26N	Estratificación	350
100	122 43N	Foliación (S2)	350
101	90 30N	Estratificación	351
101	72 52N	Foliación de p.axial	351
102	107 54N	Estratificación	352
102	93 55N	Foliación (S2)	352
103	106 38N	Estratificación	353
103	121 42N	Foliación (S2)	353
104	116 37N	Estratificación	354
104	103 39N	Foliación (S2)	354
105	107 40N	Estratificación	355
105	102 50N	Foliación (S2)	355
106	108 24N	Estratificación	356
106	110 36N	Foliación (S2)	356
107	100 30N	Estratificación	357
107	107 38N	Foliación (S2)	357
108	110 32N	Estratificación	358
108	62 28N	Foliación (S1)	358
108	116 48N	Foliación (S2)	358
109	302	24 Lineación So/S2	359
109	300	18 Lineación So/S2	359
110	84 37N	Estratificación	360
111	84 28N	Estratificación	361
111	80 36N	Foliación (S2)	361
112	68 28N	Estratificación	362
112	70 44N	Foliación (S2)	362
113	99 50N	Estratificación	363
113	60 29N	Foliación (S1)	363
114	116 20N	Estratificación	364
114	84 55N	Foliación (S2)	364
115	130 30NE	Estratificación	365
115	99 46N	Foliación (S2)	365
116	97 32N	Estratificación	366
116	107 28N	Foliación (S2)	366
117	76 37N	Estratificación	367
117	126 28N	Foliación (S2)	367
118	97 40N	Estratificación	368
118	96 42N	Foliación (S2)	368
119	106 30N	Estratificación	369
119	91 42N	Foliación (S2)	369
120	96 31N	Estratificación	370
120	86 41N	Foliación (S2)	370
120	261	10 Lineación So/S2	370
120	260	7 Lineación So/S2	370
121	91 72S	Estratificación	371
121	123 29N	Estratificación	371
121	114 35N	Foliación de p.axial	371
121	288	5 Lineación So/S2	371
122	92 20N	Estratificación	372
122	92 54N	Foliación (S2)	372
123	90 28N	Estratificación	373
123	93 30N	Estratificación	373

148			
149	105	90 Foliación (S2)	408
150	85 35N	Estratificación	410
150	26 55N	Estratificación	411
150	60 55N	Foliación (S2)	411
151	56 54NO	Estratificación	412
151	50 74NO	Foliación (S2)	412
152	70 55N	Foliación (S2)	414
153	20	90 Foliación (S2)	415
154	104 70N	Estratificación	416
155	40 45NO	Estratificación	417
155	42 48N	Foliación (S2)	417
156	60 30N	Foliación	418
157	98 44N	Foliación (S2)	419
157	60 45N	Kink-bands	419
157	105 45N	Foliación (S2)	419
158	40 36N	Kink-bands	420
158	50 40N	Kink-bands	420
159	75 55N	Foliación (S2)	421
160	108 45N	Foliación (S2)	422
161	62 74N	Estratificación	423
161	84 66N	Foliación (S2)	423
162	165 40E	Estratificación	424
162	40 50NO	Foliación (S2)	424
163	70 50NO	Estratificación	425
163	55 45NO	Foliación (S2)	425
164	65 55N	Contacto Basibe-Manyanet	426
165	75 22S	Estratificación	427
165	70 55N	Foliación (S2)	427
165	80 38N	Estratificación	427
165	90 55N	Foliación (S2)	427
166	62 52N	Foliación (S2)	428
167	54 72N	Estratificación	429
167	58 44N	Foliación (S2)	429
168	40 40NO	Foliación	430
168	24 80NO	Foliación	430
169	50 40N	Foliación (S2)	431
170	60 72N	Foliación (S2)	432
171	118 44S	Estratificación	433
171	73 60NO	Estratificación	433
171	72 72N	Foliación (S2)	433
171	260	36 Lineación So/S2	433
172	90 40N	Foliación (S2)	434
173	90 45N	Estratificación	435
173	60 30N	Estratificación	435
173	65 55N	Foliación (S2)	435
174	100 27N	Estratificación	436
175	165 20O	Estratificación	437
176	40 20NO	Estratificación	438
177	120 30N	Foliación (S2)	439
178	100	35 Foliación (S2)	440
178	280	8 Lineación So/S2	440
179	80 40N	Estratificación	441
180	110 40N	Estratificación	442
181	110 35N	Estratificación	443
182	320	12 Lineación So/S2	444
182	110 35N	Foliación (S2)	444

209	94	90 Estratificación	476
210	89 80S	Foliación (S2)	477
211	80	90 Estratificación	478
211	85	90 Foliación (S2)	478
212	93 65S	Estratificación	479
212	81	90 Foliación (S2)	479
213	96 80N	Estratificación	480
213	97	90 Foliación (S2)	480
214	90 70N	Foliación (S2)	481
215	79 50N	Estratificación	482
215	105 72N	Foliación (S2)	482
216	57 23N	Estratificación	483
216	84 42S	Foliación (S2)	483
217	90 46N	Estratificación	484
218	150 10SO	Estratificación	485
218	72 80S	Foliación (S2)	485
219	68	90 Estratificación	486
219	74 68N	Foliación (S2)	486
220	90 44N	Estratificación	487
220	84 62N	Foliación (S2)	487
221	74 53N	Estratificación	488
221	90 75N	Foliación de p.axial	488
221	90 63N	Foliación de p.axial	488
221	100	90 Estratificación	488
222	93 55S	Estratificación	489
222	146 42N	Estratificación	489
222	84 77N	Foliación de p.axial	489
223	152 26N	Estratificación	490
223	108 65N	Foliación (S1)	490
223	88	90 Foliación (S2)	490
224	63 42N	Estratificación	491
224	85	90 Foliación (S2)	491
225	80 52N	Estratificación	492
225	136 35O	Estratificación	492
226	89 55N	Estratificación	493
226	90 80N	Foliación de p.axial	493
227	116 66N	Estratificación	494
227	133 60N	Foliación (S1)	494
227	97	90 Foliación (S2)	494
228	88 63N	Estratificación	495
228	99 80S	Estratificación	495
228	92	90 Foliación de p.axial	495
229	82 69N	Estratificación	496
229	89 79N	Foliación (S2)	496
230	50 56N	Estratificación	497
230	73 67N	Foliación (S2)	497
230	54 83N	Foliación (S2)	497
230	96 75N	Estratificación	497
230	79 76N	Foliación (S2)	497
231	96 80N	Estratificación	498
231	143	90 Foliación (S2)	498
232	104 45N	Estratificación	499
232	100 80N	Foliación (S2)	499
233	89 86N	Estratificación	500
233	110 62N	Foliación (S2)	500
234	118	90 Estratificación	501

260	76 56N	Foliación (S2)	534
260	43	47 Lineación So/S2	534
261	90 65N	Estratificación	535
261	69 59N	Foliación (S2)	535
262	86 72N	Estratificación	536
262	87 45N	Foliación (S2)	536
263	100 45N	Estratificación	537
263	70 60N	Foliación (S1)	537
263	162	90 Foliación (S2)	537
264	70 38N	Estratificación	538
264	88 68N	Foliación (S2)	538
264	65 48N	Estratificación	538
264	93 66N	Foliación (S2)	538
265	82 65N	Foliación (S2)	541
266	118 48N	Estratificación	542
266	98 52N	Foliación (S2)	542
267	78 35N	Estratificación	543
267	64 60N	Foliación (S2)	543
268	80 64N	Estratificación	544
268	100 60N	Foliación (S2)	544
269	18 84E	Estratificación	545
269	101	90 Estratificación	545
270	72 76N	Foliación (S2)	546
271	85 75N	Foliación (S2)	547
272	90 78N	Foliación (S2)	548
273	90 56N	Estratificación	550
273	123 52N	Foliación (S1)	550
273	84 78N	Foliación (S2)	550
273	95 38N	Estratificación	550
273	109 40N	Foliación (S2)	550
274	93 55N	Estratificación	551
274	103 77N	Estratificación	551
275	94 62N	Estratificación	552
275	88 70N	Foliación (S2)	552
276	97 56N	Estratificación	553
276	88 60N	Foliación (S2)	553
277	130 65N	Foliación (S1)	554
277	115	90 Foliación (S2)	554
278	86 32N	Estratificación	555
278	83 46N	Foliación (S2)	555
279	95 42N	Estratificación	556
279	105 44N	Foliación (S2)	556
280	120	90 Estratificación	557
280	67 66N	Estratificación	557
280	50 41O	Estratificación	557
280	95 48N	Foliación (S2)	557
281	90 68N	Estratificación	558
281	95 70N	Foliación (S2)	558
282	93 47N	Estratificación	563
282	64 66N	Foliación (S2)	563
283	83 54N	Estratificación	564
283	100 72N	Foliación (S2)	564
284	90 75N	Foliación (S2)	565
265	86 74N	Estratificación	566
265	100 52N	Foliación (S2)	566
266	82 68N	Estratificación	567

294	84 39N	Estratificación	597
294	102 53N	Estratificación	597
294	122 48N	Estratificación	597
294	93 47N	Foliación de p.axial	597
295	94 71S	Foliación	599
296	97 52S	Estratificación	600
296	68 39SE	Estratificación	600
296	104 53S	Foliación de p.axial	600
296	112 45S	Foliación (S2)	600
297	101 55S	Estratificación	601
297	88 64S	Foliación (S2)	601
298	63 76N	Foliación (S1)	602
298	10 87W	Foliación (S2)	602
299	95 46S	Estratificación	603
299	86 32S	Foliación (S1)	603
299	87	90 Foliación (S2)	603
300	122 28S	Estratificación	604
300	108 57S	Foliación (S2)	604
301	143 46No	Foliación	605
302	93 42N	Estratificación	607
302	103 62N	Foliación (S2)	607
303	73 53N	Estratificación	608
303	95 61N	Foliación (S2)	608
304	83 68N	Estratificación	609
304	89 67N	Foliación (S1)	609
304	150	90 Foliación (S2)	609
305	98 62N	Estratificación	610
305	92 69N	Foliación (S2)	610
306	112 63N	Foliación (S2)	611
307	74 53N	Estratificación	612
307	91 57N	Foliación (S2)	612
308	77 44N	Estratificación	613
308	96 52N	Foliación (S2)	613
309	97 50N	Estratificación	614
309	114 58N	Foliación (S2)	614
310	92 50N	Estratificación	615
310	114 58N	Foliación (S2)	615
311	84 63N	Estratificación	616
311	83 68N	Foliación (S2)	616
312	130 32S	Estratificación	619
312	157 20S	Foliación	619
312	290	20 Lineación So/S1	619
313	140 62S	Estratificación	620
313	126 47S	Foliación	620
314	130 30S	Estratificación	623
314	135 58S	Foliación (S1)	623
314	300	10 Lineación So/S1	623
315	85 48N	Estratificación	624
315	300	30 Lineación So/Splano axial	624
316	145 30S	Estratificación	625
317	90 85N	Estratificación	626
317	100 75N	Foliación (S1)	626
318	115 88S	Estratificación	627
318	100 82S	Foliación	627
318	295	7 Lineación So/S1	627
319	97 87S	Estratificación	628

351	106 66N	Foliación (S2)	666
352	88 40N	Estratificación	667
352	84 53N	Foliación (S2)	667
353	87 46N	Foliación (S2)	668
354	93 47N	Estratificación	669
354	92	90 Foliación (S2)	669
354	271	4 Lineación de p.axial	669
355	81 56N	Estratificación	670
355	90 67N	Foliación (S2)	670
356	126 34W	Estratificación	671
357	53 58E	Estratificación	672
358	178 88S	Foliación (S2)	674
359	156 35N	Estratificación	675
359	143 15N	Foliación (S1)	675
360	82 60N	Foliación (S2)	676
361	143 23S	Estratificación	677
361	80 30N	Foliación (S2)	677
362	61 30W	Estratificación	678
362	78 57N	Foliación (S2)	678
363	8 41W	Estratificación	680
363	45 56N	Foliación (S2)	680
364	48 46N	Estratificación	681
364	58 48W	Foliación (S2)	681
365	134 39N	Estratificación	682
365	113 60N	Foliación (S2)	682
366	100 33N	Estratificación	683
366	97 39N	Foliación (S2)	683
367	100 50N	Estratificación	533
367	65 68N	Foliación (S2)	533
368	94 46N	Estratificación	534
368	80 50N	Foliación (S1)	534
368	80 50N	Foliación (S2)	534
369	96 57N	Estratificación	535
370	95 63N	Estratificación	684
370	56 87S	Foliación (S2)	684
371	94 50S	Estratificación	685
371	83 70S	Foliación(S2)	685
372	95 63N	Estratificación	687
372	103 84N	Foliación(S2)	687
373	97 57N	Estratificación	688
374	108 59N	Estratificación	689
374	100	90 Foliación(S2)	689
375	112 60N	Foliación(S2)	690
376	116 55N	Estratificación	692
376	85 59N	Foliación(S2)	692
377	80 68N	Foliación(S2)	693
378	92 72N	Estratificación	694
379	106	90 Estratificación	695
380	100 38S	Estratificación	696
380	93 13S	Estratificación	696
381	104 38N	Estratificación	697
381	263	Eje de Pliegue	697
382	93 37N	Estratificación	698
382	90 66N	Foliación de P. Axial	698
382	94 72S	Estratificación	698
382	97 10N	Estratificación	698

29	80 76N	Foliación (S2)	269
30	82 47N	Estratificación	270
30	86	90 Foliación (S2)	270
31	100 82S	Estratificación	271
31	87 88N	Foliación (S2)	271
32	136 38NE	Estratificación	272
32	86 48N	Foliación (S2)	272
33	99 42N	Estratificación	273
33	88 47N	Foliación (S2)	273
34	123 37N	Estratificación	274
34	91 44N	Foliación (S2)	274
35	64 48NW	Estratificación	275
35	70 56NW	Foliación (S2)	275
36	117 34N	Estratificación	276
36	126 27N	Foliación (S2)	276
37	167	90 Estratificación	277
37	84 64N	Foliación (S2)	277
38	100 59N	Estratificación	278
38	82 79N	Foliación (S2)	278
39	87 56N	Estratificación	279
39	90 52N	Foliación (S2)	279
40	87 37N	Estratificación	280
40	92 22N	Foliación (S2)	280
41	108 50S	Estratificación	281
41	71 65N	Foliación de p.axial	281
42	36 33S	Estratificación	282
42	80 45N	Foliación S2	282
43	91 53N	Estratificación	283
43	90 79N	Foliación (S2)	283
44	69 52N	Estratificación	284
44	86 36N	Foliación (S2)	284
45	102 57N	Estratificación	285
45	94	90 Foliación (S2)	285
46	87 70N	Estratificación	286
46	98	90 Foliación (S2)	286
47	11 10S	Estratificación	288
47	60 12NE	Foliación (S1)	288
47	132 67N	Foliación (S2)	288
47	102 68N	Estratificación	288
48	102 64N	Estratificación	289
48	86 67N	Foliación (S1)	289
48	110 80S	Foliación (S2)	289
49	100 67N	Estratificación	290
49	78 42N	Foliación (S1)	290
49	102 80N	Foliación (S2)	290
50	88 63N	Estratificación	291
50	95 47N	Foliación (S1)	291
50	96 73N	Foliación (S2)	291
51	100 62N	Estratificación	292
51	105 56N	Foliación (S1)	292
51	96	90 Foliación (S2)	292
52	82	63 Eje de pliegue	293
53	106 84N	Estratificación	294
53	95 84N	Foliación (S1)	294
53	102 80S	Foliación (S2)	294
54	100 83N	Estratificación	295

77	87 52N	Foliación (S2)	319
78	80 40N	Estratificación	320
79	84 54N	Estratificación	322
80	98 58N	Estratificación	323
80	94 59N	Foliación (S2)	323
81	87 59N	Estratificación	324
82	68 40N	Estratificación	326
82	100 43N	Foliación (S2)	326
82	92 57N	Estratificación	326
82	74 60N	Foliación (S2)	326
83	84 53N	Estratificación	328
83	77 60N	Foliación (S2)	328
83	82 50N	Estratificación	328
83	70 57N	Foliación (S2)	328
84	73 59N	Contacto Silu-Rueda	329
84	87 56N	Estratificación	329
84	62 68N	Foliación (S2)	329
84	65 64N	Estratificación	329
84	66 74N	Foliación	329
85	106 60N	Estratificación	330
85	102 72N	Foliación	330
86	110 75N	Estratificación	331
87	110 70S	Estratificación	333
87	113 56N	Estratificación	333
87	84 76N	Foliación (S2)	333
88	103 66N	Estratificación	334
88	117	90 Foliación (S2)	334
89	132 54S	Estratificación	336
89	49 43N	Estratificación	336
89	104 74N	Foliación (S2)	336
90	88 77S	Estratificación	337
90	113 36S	Falla	337
90	90 62S	Estratificación	337
90	167 12S	Estratificación	337
90	109	10 Eje de pliegue	337
90	74 64S	Foliación (S2)	337
91	85 58N	Estratificación	338
91	40 85SE	Foliación (S1)	338
91	91 58N	Foliación (S2)	338
92	108 67N	Estratificación	340
92	35	90 Foliación (S1)	340
92	90 64N	Estratificación	340
92	83 82N	Foliación (S2)	340
92	125 60N	Contacto Silu-Rueda	340
93	92 58N	Estratificación	341
93	99 57N	Foliación (S2)	341
94	84 53N	Estratificación	343
94	80 63N	Foliación (S2)	343
95	108 64N	Estratificación	345
95	122 55N	Foliación (S2)	345
96	104 55N	Estratificación	346
96	89 63N	Foliación (S2)	346
97	88 70N	Estratificación	347
97	87 68N	Foliación (S2)	347
98	84 62N	Estratificación	348
98	83 65N	Foliación (S2)	348

124	88 21N	Estratificación	374
124	120 29N	Foliación (S2)	374
125	170 16W	Estratificación	375
125	96 40N	Foliación (S2)	375
126	82 16N	Estratificación	376
126	120 44N	Foliación (S2)	376
127	128 44S	Estratificación	378
127	114 36N	Foliación (S2)	378
128	150 22NE	Estratificación	379
128	122 40N	Foliación (S2)	379
129	82 33N	Estratificación	380
129	94 46N	Foliación (S2)	380
130	96 53N	Estratificación	381
130	80 48N	Estratificación	381
130	96 66N	Foliación de p.axial	381
131	70 58N	Estratificación	383
131	82 66N	Foliación (S2)	383
132	99 48N	Estratificación	385
132	104 44N	Foliación (S2)	385
133	79 52N	Estratificación	386
133	92 38N	Foliación (S2)	386
134	54 28N	Estratificación	387
134	110 40N	Foliación (S2)	387
134	72 57N	Estratificación	387
134	87 70N	Foliación (S2)	387
135	92 65N	Estratificación	388
135	102 66N	Foliación (S2)	388
136	96 78N	Foliación (S2)	390
137	64 43N	Estratificación	394
137	48 55N	Estratificación	394
137	64 56N	Foliación (S1)	394
137	99 40N	Foliación (S2)	394
137	50	24 Lineación So/S2	394
138	68 32N	Estratificación	397
138	90 57N	Foliación (S2)	397
139	24 78S	Estratificación	398
139	84 53N	Foliación (S2)	398
140	108 48N	Estratificación	399
140	88 74N	Foliación (S2)	399
141	75 12N	Estratificación	400
141	106 68N	Foliación (S2)	400
142	55 10N	Estratificación	401
142	60 40N	Foliación (S2)	401
143	60 35N	Estratificación	403
143	55 60N	Foliación (S1)	403
143	93 42N	Estratificación	403
143	92 27N	Foliación (S2)	403
144	100 65N	Estratificación	404
145	90 50N	Estratificación	405
145	90 40N	Foliación (S2)	405
145	340	42 Lineación So/S2	405
146	100 60N	Estratificación	406
146	90 40N	Foliación (S2)	406
147	100 25N	Estratificación	407
147	97 70N	Foliación (S2)	407
148	100 55N	Estratificación	408

183	73 22N	Estratificación	445
183	83 30N	Foliación (S2)	445
184	90 35N	Estratificación	446
185	104 56N	Estratificación	447
186	150	90 Estratificación	448
187	136 46N	Estratificación	453
187	94 40N	Foliación (S2)	453
188	103 34N	Estratificación	454
188	102 44N	Foliación (S2)	454
189	110 47N	Estratificación	455
189	92 50N	Foliación (S2)	455
190	104 36N	Estratificación	456
190	100 40N	Foliación (S2)	456
191	100 35N	Estratificación	457
191	102 45N	Foliación (S2)	457
192	114 39N	Foliación (S2)	458
193	99 59N	Estratificación	459
193	70 48N	Foliación (S2)	459
194	60 40N	Estratificación	460
194	104 46N	Foliación (S2)	460
195	94 46N	Estratificación	461
195	83 50N	Foliación (S2)	461
196	70 66N	Estratificación invertida	462
196	112 50N	Foliación (S2)	462
197	83 48N	Estratificación	463
197	95 54N	Foliación (S2)	463
198	93 50N	Estratificación	464
198	114 55N	Foliación (S2)	464
199	40 24N	Estratificación	465
199	60 26N	Estratificación	465
199	104 46N	Foliación (S2)	465
199	320	20 Eje de pliegue	465
200	38 58O	Estratificación	466
200	124 45N	Foliación de p.axial	466
200	325	20 Lineación So/Sp.axial	466
201	60 48N	Estratificación	467
201	104 52N	Foliación (S2)	467
202	108 44N	Estratificación	468
202	66 80SE	Foliación (S1)	469
203	76 82S	Estratificación	470
203	60	90 Foliación p.axial	470
203	260	12 Eje de pliegue	470
204	76 68SE	Estratificación	471
204	94 64S	Foliación (S2)	471
205	82 72SE	Foliación (S2)	472
206	86	90 Estratificación	473
206	145	90 Foliación (S1)	473
206	90	90 Foliación (S2)	473
207	82	90 Estratificación	474
207	88	90 Foliación (S2)	474
208	81 28S	Estratificación	475
208	88 75S	Foliación (S2)	475
208	82 60N	Estratificación	475
208	18 67E	Estratificación	475
208	90	90 Foliación de p.axial	475
208	88	40 Eje de pliegue	475

234	110 43N	Foliación (S2)	501
235	90 42N	Estratificación	502
235	100 35N	Estratificación	502
235	118	90 Foliación de p.axial	502
236	50 73N	Estratificación	503
236	140 26NO	Foliación (S2)	503
237	92 57N	Estratificación	504
238	66 34N	Estratificación	505
238	68 38N	Foliación (S2)	505
239	125 52S	Estratificación	507
239	90 45N	Foliación (S2)	507
240	137 28N	Estratificación	509
240	107 40S	Foliación (S2)	509
241	80 72N	Foliación (S2)	511
242	96 74N	Foliación (S2)	512
243	84 74N	Estratificación	513
243	82 73N	Foliación (S2)	513
244	74 77N	Estratificación	514
244	64 78N	Foliación (S2)	514
245	89 79N	Estratificación	515
245	100 68N	Foliación (S2)	515
246	83	90 Foliación (S2)	518
247	153 32N	Estratificación	519
247	54 33NO	Foliación (S2)	519
247	156 33W	Estratificación	519
248	90 60N	Estratificación	520
248	120 70N	Foliación (S2)	520
249	170 14O	Estratificación	521
249	112 38S	Foliación (S2)	521
250	54	90 Estratificación	522
250	66 67N	Estratificación	522
250	74 83N	Foliación (S2)	522
251	65 56N	Estratificación	523
251	89 73N	Foliación (S2)	523
252	78 82N	Estratificación	524
252	100 83N	Foliación (S2)	524
253	99 48N	Estratificación	525
253	91 75N	Foliación (S2)	525
254	76 65N	Estratificación	526
255	114 60S	Estratificación	527
255	86 10S	Estratificación	527
255	66 30S	Foliación (S1)	527
255	94	90 Foliación (S2)	527
255	130 25O	Estratificación	527
255	70 58N	Estratificación	527
255	97	90 Foliación (S2)	527
256	69 80N	Estratificación	529
256	95	90 Foliación (S2)	529
257	80 78S	Estratificación	531
257	72 80N	Foliación (S2)	531
258	86 76N	Estratificación	532
258	101 80N	Foliación (S2)	532
259	104 56N	Estratificación	533
259	65 52N	Foliación (S2)	533
260	89 55N	90 Estratificación	534
260	53 71O	Foliación (S1)	534

266	103 72N	Foliación (S2)	567
267	90 65N	Estratificación	568
267	84 72N	Foliación (S2)	568
268	74 66N	Estratificación	569
268	85 50N	Foliación (S2)	569
269	86 84N	Foliación (S2)	570
270	93 66N	Estratificación	571
270	94 70N	Foliación (S2)	571
271	106 70N	Estratificación	572
271	89 66N	Foliación (S2)	572
272	79 73N	Estratificación	573
272	68 70N	Foliación (S2)	573
273	90 32N	Estratificación	574
273	110 60N	Foliación (S2)	574
274	50 58N	Foliación (S2)	575
275	104 46S	Estratificación	576
275	82 57S	Foliación (S2)	576
276	99 62S	Estratificación	577
276	97 58S	Foliación (S2)	577
277	80 56N	Estratificación	578
277	99 61N	Foliación (S2)	578
278	84 15S	Estratificación	579
278	82 78N	Foliación (S2)	579
279	80 16N	Estratificación	580
279	88 80N	Foliación (S2)	580
280	97 72N	Estratificación	581
280	99 78N	Foliación (S2)	581
281	98 62N	Estratificación	582
281	92 83S	Foliación (S2)	582
282	109 37S	Estratificación	583
282	12 20O	Foliación (S1)	583
282	112 68S	Foliación de p.axial	583
283	96 34S	Estratificación	585
283	110 48S	Foliación (S2)	585
284	95 22S	Estratificación	586
284	112 58S	Foliación (S2)	586
284	90 14S	Estratificación	586
284	97	90 Foliación (S2)	586
285	160 23E	Estratificación	587
285	85	90 Foliación (S2)	587
286	122 38SE	Estratificación	588
286	116 70S	Foliación (S2)	588
287	126 77N	Estratificación	589
287	120 80S	Foliación (S2)	589
288	109 66N	Foliación (S2)	590
289	84 68S	Estratificación	591
290	84 82S	Estratificación	592
290	110 83N	Foliación (S2)	592
291	82 38N	Estratificación	594
291	86 71N	Foliación (S2)	594
292	72 53N	Estratificación	595
292	94 62N	Foliación (S2)	595
292	148	20 Lineación So/S2	595
293	89 42N	Estratificación	596
293	132 53NE	Estratificación	596
293	152 59E	Foliación de p.axial	596

319	95 80S	Foliación (S1)	628
320	120 40S	Foliación (S1)	629
320	110	0 Lineación So/S1	629
321	105 78S	Estratificación	630
321	115 50N	Foliación (S1)	630
321	115	8 Lineación de crenulación	630
321	105	10 Lineación de crenulación	630
322	95 70S	Estratificación	631
322	118 70N	Foliación (S1)	631
323	90 50N	Estratificación	632
323	90 70N	Foliación (S1)	632
324	90 53N	Estratificación	634
325	90 52N	Estratificación	635
325	70 57N	Foliación (S1)	635
326	76 48N	Estratificación	637
327	75 37N	Estratificación	638
327	295	25 Lineación So/S1	638
328	73 42N	Estratificación	639
329	60 30N	Estratificación	640
330	100 88N	Estratificación	641
330	105 80S	Estratificación	641
330	93 55N	Foliación (S2)	641
330	275	17 Lineación So/S2	641
331	339	38 Lineación de Crenulación	642
332	120 87S	Foliación	643
333	85 63N	Estratificación	646
333	82 57N	Foliación (S2)	646
334	74 53N	Estratificación	647
334	91 63N	Foliación (S2)	647
335	81 54N	Estratificación	648
335	94 63N	Foliación (S2)	648
336	68 37N	Estratificación	649
336	38 50W	Foliación (S1)	649
336	117 72N	Foliación (S2)	649
337	74 44N	Estratificación	650
338	73 56N	Estratificación	651
339	107 37N	Estratificación	654
339	89 50N	Foliación (S2)	654
340	91 50N	Estratificación	655
341	103 54N	Estratificación	656
341	80 69N	Foliación (S2)	656
341	259	12 Lineación de crenulación	656
342	90 51N	Estratificación	657
343	83 58N	Estratificación	658
343	80 70S	Foliación (S2)	658
344	94 41N	Estratificación	659
344	92 51N	Foliación (S2)	659
345	93 55N	Estratificación	660
345	102 63N	Estratificación	660
346	108 48N	Estratificación	661
347	88 45N	Estratificación	662
347	94 63N	Foliación (S2)	662
348	101 60N	Estratificación	663
349	85 50N	Estratificación	664
350	80 60N	Estratificación	665
350	104 65N	Foliación (S2)	665

382	81 74N	Foliación de P. Axial	698
383	99 80N	Estratificación	699
384	92 62N	Estratificación	700
384	90 85N	Foliación (S2)	700
384	95	90 Foliación tardía	700
385	105 20S	Estratificación	701
385	23 40W	Estratificación	701
385	8 30W	Foliación de P.Axial	701
386	120	90 Estratificación	702
386	100 58S	Estratificación	702
386	120 68S	Foliación de P.axial	702
386	55	165 Eje de pliegue	702
387	87 70S	Estratificación	703
387	93 72S	Foliación (S2)	703
388	94 81S	Foliación (S2)	704
389	94 78S	Estratificación	705
390	83 67N	Foliación(S2)	709
391	100 67S	Estratificación	710
391	97 82S	Estratificación	710
391	100 89N	Foliación (S2)	710
392	94 60N	Foliación(S2)	711
393	100 76S	Estratificación	712
393	75 21N	Foliación (S2)	712
394	91 45N	Foliación (S2)	713
394	93 62N	Estratificación	713
395	92 80N	Estratificación	714
396	109 81N	Estratificación	715
396	104 60S	Foliación (S2)	715
397	302	38 Eje de Pliegue	716
397	134 83N	Estratificación	716
398	96 80S	Estratificación	717
398	70 80E	Eje de Pliegue	717
399	69 56N	Estratificación	718
400	112 78N	Estratificación	719
400	20 60W	Estratificación	719
400	292	70 Eje de Pliegue	719
401	106 26N	Estratificación	720
402	63 56N	Foliación (S2)	721
403	58 63N	Foliación (S2)	723
404	66 44N	Estratificación	724
404	74 55N	Foliación (S2)	724
405	70 85N	Estratificación	725
405	99 90N	Foliación (S2)	725
406	41 26N	Estratificación	726
407	136 64S	Estratificación	727
407	104 58N	Estratificación	727
408	98 48N	Estratificación	728
409	96 80S	Estratificación	729
409	114 66S	Foliación (S2)	729
410	108 54S	Contacto Silúrico-Basibe	732
411	140 29S	Estratificación	733
412	88 34N	Estratificación	734
412	83 44N	Foliación(S2)	734
412	109 66N	Estratificación	734
412	102 82N	Foliación(S2)	734

*Están marcadas en amarillo aquellas medidas representadas en el mapa.