

2. ESTRATIGRAFÍA

El paleozoico inferior del centro de la zona Axial desde los años sesenta hasta la actualidad, ha sido descrito por diferentes autores como Llopis Lladò (1965), Hartevelt (1970), Van den Eeckhout (1986) o Laumonier (2004). En el área cartografiada en este trabajo afloran materiales que abarcan desde el Cambro-Ordovícico hasta el Silúrico y que en parte son similares a los materiales de esta misma edad que afloran en las zonas cartografiadas durante los años 2004 y 2005. Todos estos materiales junto con los que afloran en el Sinclinorio de Tor-Casamanya se presentan en el mapa geológico que acompaña este trabajo (Anexo I). En este capítulo se describirán las características estratigráficas de los materiales cartografiados en este último año y que ocupan la parte Noreste del mapa.

La mayor parte del área de estudio está ocupada por la serie cambro-ordovícica cuya descripción podría sintetizarse como una serie arenoso – pelítica mas o menos gruesa con un tramo de mármoles típicamente asociados a ampelitas y cuarcitas situado hacia la mitad de la serie.

De manera mas concreta, a la hora de realizar el análisis estratigráfico de la zona estudiada en este trabajo, debemos tener muy presente el trabajo realizado por Van den Eeckhout (1986). Este autor, centra su estudio en el macizo gneísico de l'Ospitalet y realiza la descripción de la serie cambro-ordovícica que está en contacto con dicho macizo. Así diferencia dos formaciones (de base a techo) la formación La Seo a la que atribuye una edad Cámbrico – Ordovícico inferior y la formación La Massana que incluye a los materiales de edad Ordovícico superior de esta zona. La primera consiste en una alternancia monótona de psamitas y pelitas dentro de la cual se diferencian tres miembros (de base a techo) un miembro de carácter cuarcítico, miembro de Pic du Sal, un miembro intermedio carbonatado, miembro Ransol y el más moderno consistente en capas de cuarcitas con lentejones de microconglomerados, miembro Cap d'Entor. Sobre esta unidad este autor describe la formación de La Massana, consistente esencialmente en una alternancia de cuarcitas y pelitas con grandes cuerpos lenticulares de conglomerados (figura 3). A su vez este autor interpreta el Mb. Ransol como la continuación lateral hacia el este de la serie de Lleret – Bayau definida por Zandvliet (1960) y redefinida por Zwart (1965).

Posteriormente en Barnolas et al. (1996) se realiza una descripción de la serie del paleozoico inferior del macizo de l'Hospitalet y se diferencian cuatro términos, dos de ellos de carácter esencialmente arenoso pelítico separados por una serie negra intermedia con mármoles, cuarcitas y ampelitas negras y sobre estos tres los denominados esquistos de Jujols. Será ya en los últimos años cuando Laumonier *et al.* (2004) realizan un estudio de las series pre-variscas anteriores al ordovícico superior de Pirineos y Montaña Negra. En este trabajo estos autores diferenciarán una serie de unidades estratigráficas para el Pirineo Central (Macizo de la Pallaresa y zonas limítrofes a los macizos de l'Aston y l'Hospitalet) que correlacionan con las unidades descritas en el Pirineo Oriental, diferenciando para esta zona las formaciones (de base a techo) de Alos de Isil, de Lleret Bayau y de Alins. La primera formación esta caracterizada por una alternancia de pelitas y areniscas groseras,

sobre la que se sitúan niveles carbonatados y lutitas de color gris oscuro a negro que constituyen la formación Lleret Bayau, para pasar finalmente a una unidad caracterizada por unas areniscas y pelitas de grano fino (Fm. Alins). El resto del grupo Jujols no estaría presente debido a la discordancia sarda que marca el límite con el Ordovícico superior. En la figura 3 se representan las unidades litoestratigráficas definidas por Laumonier *et al.* (2004) para el Macizo de La Pallaresa (Pirineo Central) y su correlación con las unidades del Pirineo Oriental así como un intento de correlación con las unidades definidas por Van den Eeckhout (1986) para esta misma zona.

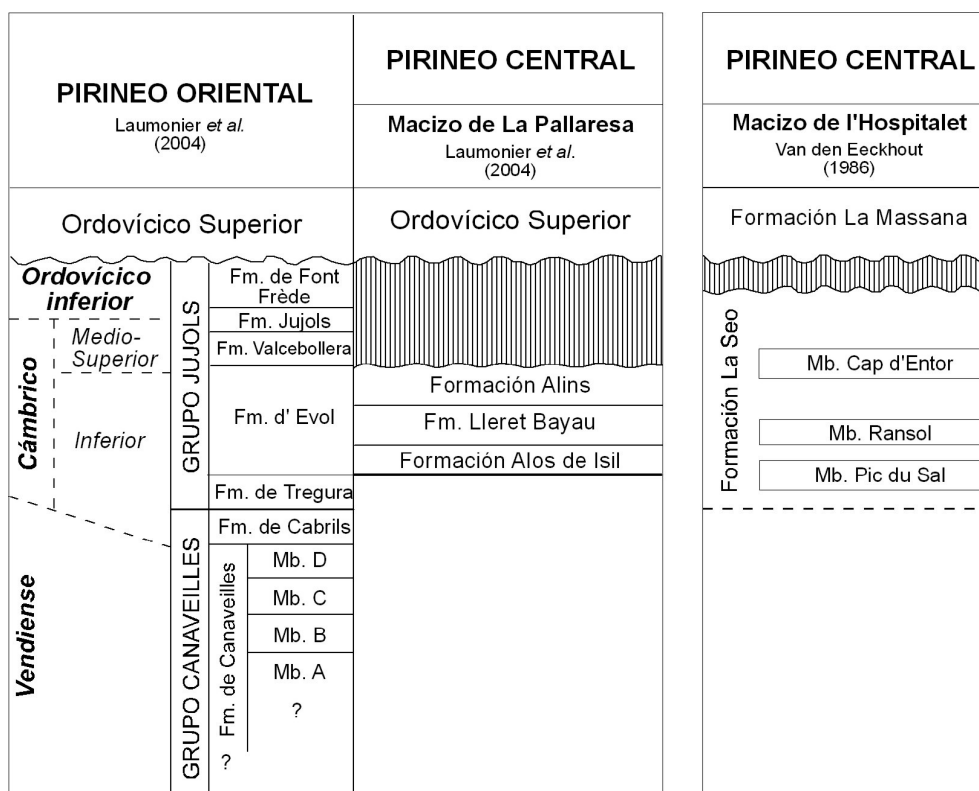


Figura 3. Posible correlación de las unidades litoestratigráficas definidas por Laumonier *et al.* (2004), con las definidas por Van den Eeckhout (1986) para el oeste del macizo de Hospitalet (Pirineo Central), donde se localiza el área de estudio.

Teniendo en cuenta la equivalencia que se estableció en trabajos anteriores (Clariana, 2006 y 2007) entre los materiales cambro-ordovícicos que afloran al noroeste de Andorra y las formaciones descritas por Laumonier *et al.* (2004) y sobre todo las características sedimentológicas observadas en el campo podríamos establecer de nuevo una equivalencia similar, si bien quizás sería más adecuado para esta zona denominar al tramo carbonatado como Miembro Ransol o Formación Ransol. Así hemos realizado una columna estratigráfica esquemática para la zona en la que se representan las tres formaciones definidas para el Cambro-Ordovícico y las formaciones del Ordovícico superior identificadas en esta área.

Las formaciones pertenecientes a la serie del Ordovícico superior que afloran en nuestra zona de estudio presentan características similares a las descritas para esta serie en otros puntos del macizo de la Pallaresa y que a su vez son equivalentes a las características que presenta la serie tipo definida por Hartevelt

(1970) en la zona de la unidad del Segre. Si bien debemos señalar que en esta zona y como ocurre de manera general en todos los afloramientos del Noroeste de Andorra, no encontramos ningún punto en el que aflore la serie completa.

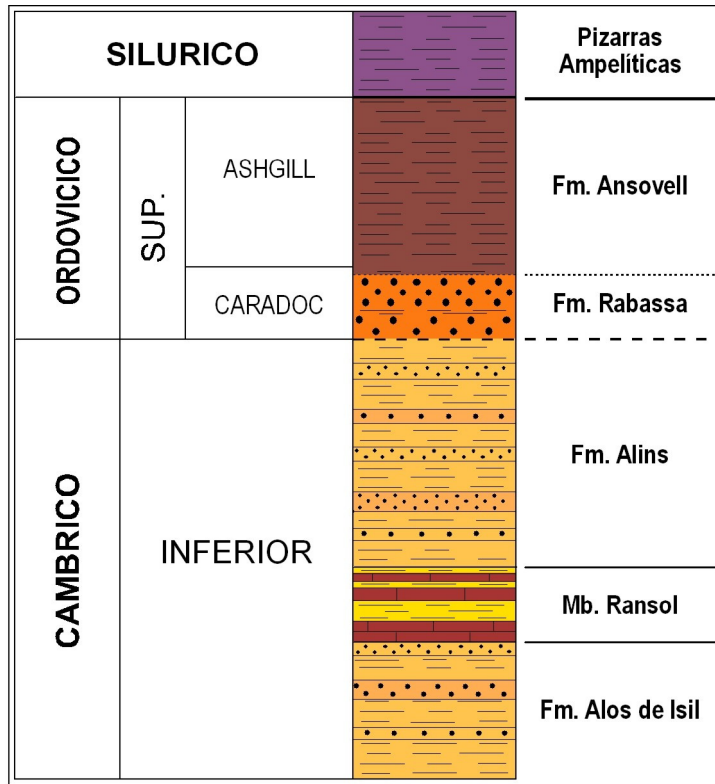


Figura 4. Columna esquemática del Cambro – Ordovícico, Ordovícico superior y Silúrico en la zona de Sorteny y Vall de Riu.

Sobre la serie del Ordovícico superior se sitúan en contacto mecánico las típicas pizarras ampelíticas pertenecientes al Silúrico. Estas afloran únicamente en el extremo meridional de nuestra zona en un extenso afloramiento que a su vez marcará el contacto con el sinclinorio de Tor-Casamanya.

En este capítulo se presenta en primer lugar la descripción realizada para los materiales pertenecientes al Cambro-Ordovícico, Ordovícico superior y Silúrico cartografiados en esta zona. Esta caracterización estratigráfica se ha llevado a cabo a partir de los datos estratigráficos de los que ya se dispone tanto por la bibliografía como por los trabajos realizados en años anteriores (Clariana, 2004, 2005, 2006). En el mapa geológico que acompaña a este informe se presentan todas las áreas cartografiadas desde que comenzamos la elaboración de la cartografía geológica a escala 1:25000 de Andorra hasta este momento. Por tanto una vez realizada una descripción más detallada de las nuevas unidades cartografiadas, se incluye la descripción de las distintas formaciones estratigráficas representadas en la cartografía. Que abarcan desde el Cambro-Ordovícico hasta el Devónico.

2.1 Cambro-Ordovícico

Las características que presenta la serie cambro-ordovícica en este sector nos permite al igual que en las zonas más occidentales dividir la serie en tres tramos, que como queda reflejado en la columna esquemática realizada para este sector, coincidirán en gran medida con las formaciones definidas por Laumonier *et al.* (2004) para este sector de la zona Axial pirenaica. Así de base a techo estos tres tramos presentan las siguientes características:

Tramo inferior

Este tramo se caracteriza por una alternancia de areniscas blancas a beige o grises y lutitas grises oscuras con intercalaciones de hasta 60 cm de potencia de cuarcitas blancas y escasas intercalaciones de calizas beige tableadas. En el campo este tramo muestra en general un tono marrón oscuro y en numerosas ocasiones oxidado que proporciona un color rojo oscuro a estas rocas. Tanto las areniscas como las lutitas se disponen en estratos tabulares de potencias centimétricas a decimétricas (figura 5). Dentro de este tramo se han diferenciado horizontes esencialmente cuarcíticos de entre 10 y 20 m de espesor, compuestos por bancos de cuarcitas blancas y grises de potencias decimétricas con niveles milimétricos a centimétricos de lutitas grises oscuras intercalados. Las calizas diferenciadas en este tramo están constituidas por estratos tabulares de potencias decimétricas de calizas beige con importante presencia de micas principalmente clorita. Este tramo situado en la zona del Port de Banyell, muy cerca de la zona de falla Merens, no supera los 20 metros de espesor.



Figura 5. Alternancia de areniscas y lutitas que caracterizan al tramo inferior y que sería equivalente a la Fm. Alos de Isil de Laumonier *et al.* 2004.

Tramo intermedio (Mb. Ransol)

Consiste en tramos de calizas blancas a beige o tostadas que pueden alcanzar los 50 metros de espesor dispuestas en estratos de potencia decimétrica y tramos de pizarras ampelíticas negras en las que no se ha podido observar superficies de estratificación, dispuestas en tramos de hasta decenas de metros. Las calizas en las que no se ha identificado ningún resto fósil, se encuentran totalmente recristalizadas como puede observarse tanto en muestra de mano como en lámina delgada y en ellas se observan nódulos de pizarras carbonatadas grises oscuras como se observa en la figura 6. Este tramo presenta aproximadamente 150 metros de potencia como puede observarse en la zona del Pic de la Serrera desde la collada de les Meners hacia el norte. En este punto las buenas condiciones de afloramiento nos permiten observar el afloramiento continuo de este tramo.



Figura 6. Calizas pertenecientes a nuestro tramo intermedio que podría ser equivalente al Mb. Ransol de Van den Eeckhout (1986).

Tramo superior

Tramo caracterizado por una alternancia, desde milimétrica a decimétrica de areniscas y lutitas en el que se pueden identificar horizontes de carácter esencialmente cuarcítico (figura 7). Las areniscas de color blanco a beige se disponen en estratos de hasta 40 cm de espesor que en ocasiones presentan bases canaliformes, como puede observarse en la Vall de Riu, unos metros por encima del Refugio de montaña del mismo nombre. Las lutitas de color gris a gris verdoso se disponen en estratos de potencias milimétricas a centimétricas. Los horizontes cuarcíticos que se han distinguido presentan estratos de cuarcitas blancas de potencias decimétricas y en una proporción mucho menor estratos de potencias milimétricas a centimétricas de lutitas grises.



Figura 7. Aspecto de campo del tramo superior de la serie que equivaldría a la Fm. Alins de Laumonier et al. 2004. Pic de la Cabaneta.

2.2 Ordovícico superior

A diferencia de las zonas estudiadas en trabajos anteriores (Clariana, 2005 y 2006), en las que no se habían cartografiado materiales pertenecientes al ordovícico superior con anterioridad a la realización de dichos trabajos, en esta zona existen ya trabajos que describen materiales pertenecientes a esta edad. De este modo, Van den Eeckhout (1986) define la Fm. La Massana, a la que le atribuye una edad Ordovícico superior. Según este autor esta unidad está compuesta por capas de areniscas de color pálido con lentejones de microconglomerados.

Durante la realización de este trabajo, nosotros hemos podido diferenciar ciertos materiales al sur de la zona de estudio que por las características que presentan se han considerado como pertenecientes a unidades del ordovícico superior. Sin embargo debemos señalar que nuestra diferenciación sería equivalente a unidades descritas en la serie tipo definida por Hartevelt (1970) y por tanto diferentes a la formación definida por Van den Eeckhout (1986) y descrita más arriba. Así las unidades identificadas de base a techo son:

2.2.1 Microconglomerados a conglomerados marrones verdosos

Estos materiales se caracterizan por niveles de conglomerados a microconglomerados de colores marrones verdosos en los que no se puede observar claramente las superficies de estratificación. Los granos de cuarzo alcanzan un tamaño de 4 milímetros (figura 8). Esta unidad no supera prácticamente los 20 m de espesor. El afloramiento más claro de estos materiales se encuentra en la zona más meridional de la Serra del Estanyo. Por las características observadas en estas rocas podríamos considerarlas como pertenecientes a la Formación conglomerados de Rabassa.

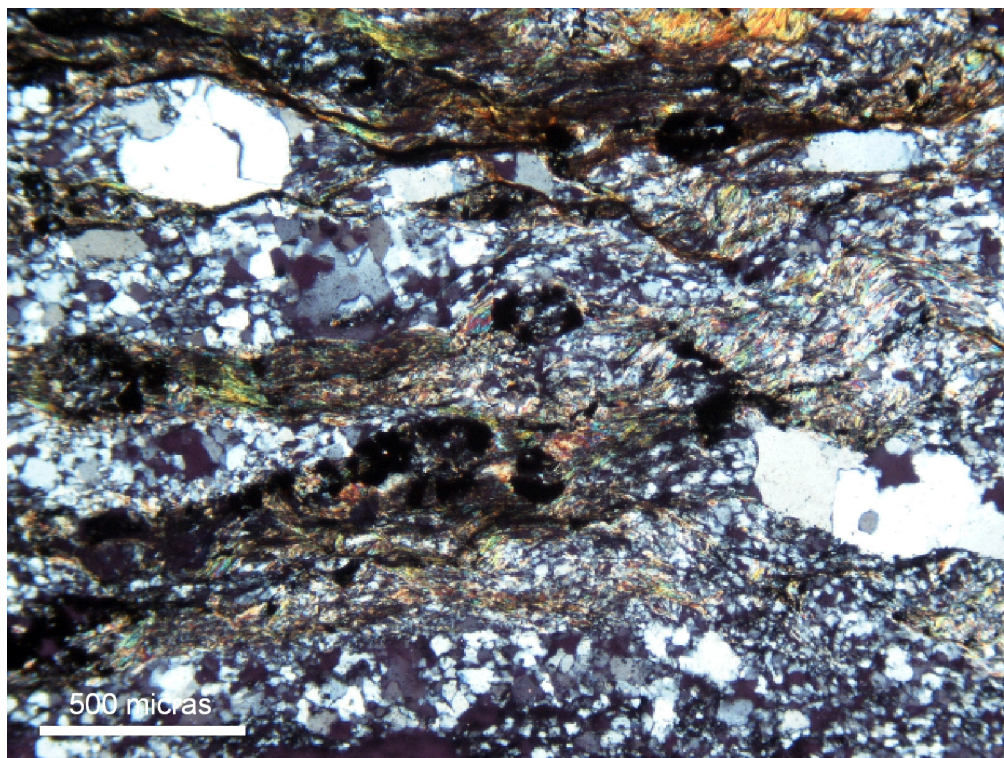


Figura 8. Aspecto al microscopio de las facies que constituirían el conglomerado de Rabassa, en el que pueden apreciarse el tamaño de los granos de cuarzo. Serra del Estanyo.

2.2.2 Pizarras grises. Fm. Ansovell

Sobre los conglomerados de la formación precedente se encuentran unas pizarras grises oscuras en las que no se identifican claramente superficies de estratificación y que se encuentran en contacto mecánico con las pizarras ampelíticas silúricas, esto unido a la mala calidad de sus afloramientos no nos permite conocer cual podría ser su espesor en esta zona. El afloramiento más significativo de estas pizarras se encuentra en la misma zona que hemos señalado para la unidad anterior, al norte de los materiales Silúricos del Coll de Arenes.

2.3 Silúrico

El Silúrico en esta zona presenta esencialmente las características típicas que muestran los materiales de esta edad en toda la zona Axial. Esta caracterizado por pizarras ampelíticas negras en las que no se observan superficies de estratificación y únicamente es en el extremo sureste de la zona de estudio en la salida de la Vall de Riu donde se pueden observar algunos niveles de calizas pizarrosas negras, de potencia decimétrica. El Silúrico en esta zona se encuentra en contacto mecánico tanto sobre los materiales del Ordovícico superior como con los materiales devónicos del sinclinorio de Tor-Casamanya, esto podemos observarlo de manera clara en la zona del Coll de Arenes (figura 9).

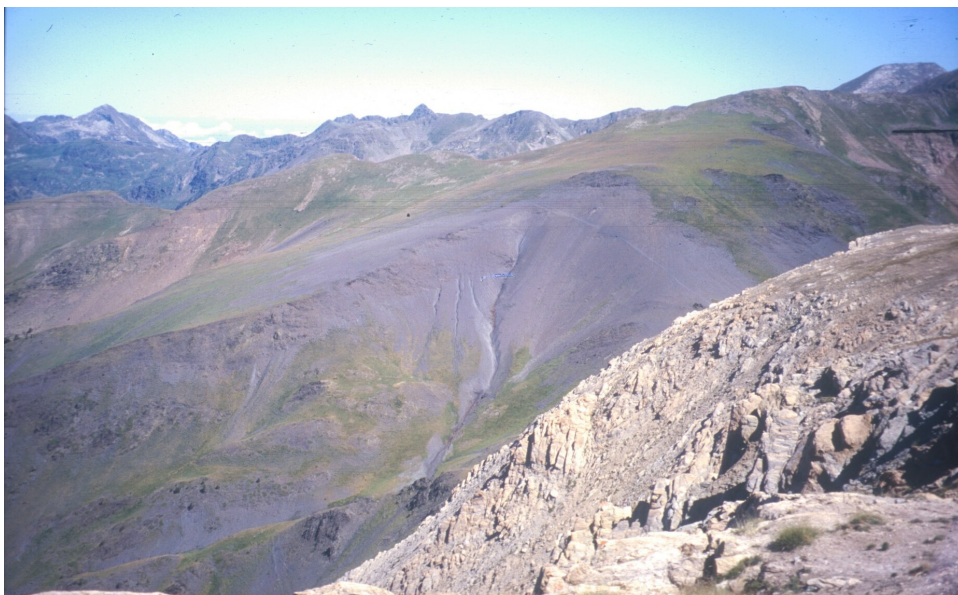


Figura 9. Aspecto del afloramiento de las ampelitas del Silúrico en la zona del Coll de Arenes, vista desde el Pic de Casamanya.

2.4 Unidades presentes en el mapa geológico (Anexo I)

Como explicábamos al principio en la parte introductoria de este capítulo, a continuación se presenta la descripción de las unidades geológicas que afloran en el área cartografiada hasta este momento que incluye además de la nueva zona cartografiada, el Sinclinorio de Tor-Casamanya y todo el extremo noroeste del país en el que afloran materiales pertenecientes al macizo cambro-ordovícico de la Pallaresa. La descripción se realiza de base a techo haciendo una descripción muy somera en el caso de las unidades descritas en los apartados anteriores intentando evitar la repetición innecesaria de información.

2.4.1 Cambro-Ordovícico

2.4.1.1 Tramo inferior

Alternancia de areniscas blancas a beige y lutitas grises oscuras. Ambas se presentan en estratos tabulares de potencias centimétricas a decimétricas incluso en ocasiones milimétricas. En ocasiones pueden diferenciarse horizontes esencialmente cuarcíticos. En este tramo se identifica alguna intercalación poco potente de calizas beige. Este tramo se correspondería con la formación Alos de Isil de Laumonier *et al.* (2004).

2.4.1.2 Tramo intermedio

Este tramo presenta un carácter lutítico y carbonatado. Se trata de lutitas negras en las que normalmente es complicado observar las superficies de estratificación. Por su parte las calizas son blancas a beige y se disponen en estratos de potencias decimétricas. En ellas pueden observarse en ocasiones nódulos

de pizarras negras. Este tramo coincide con las características dadas por Laumonier *et al.* (2004) para la formación Lleret-Bayau.

2.4.1.3 Tramo superior

Está constituido por una alternancia de areniscas blancas y lutitas de color gris o gris verdoso. Las lutitas se disponen mayoritariamente en estratos de potencia centimétrica mientras que las areniscas están dispuestas en estratos tabulares que pueden alcanzar hasta los 50 centímetros de potencia y en ocasiones una mayor abundancia de estos estratos constituye horizontes cuarcíticos que se diferencian en la cartografía. Las características que presenta este tramo son similares a las de la formación Alins (Laumonier *et al.*, 2004).

2.4.2 Ordovícico Superior

2.4.2.1 Microconglomerados a conglomerados marrones verdosos

Niveles de conglomerados a microconglomerados de colores marrones verdosos en los que no se puede observar claramente las superficies de estratificación. Esta unidad no supera prácticamente los 20 m de espesor.

2.4.2.2 Areniscas grises

Esta unidad está representada por unas areniscas grises oscuras dispuestas en estratos tabulares de potencia decimétrica. Estas areniscas poseen un tamaño de grano medio y muestran numerosas oquedades, sin que hasta el momento hayamos comprobado si estas podrían estar originadas por la disolución de restos fósiles. Con estas características podemos pensar que estas areniscas corresponderían a la Fm. Cava. El afloramiento más característico se sitúa en el camino que va de Arinsal a las bordas dels Prats nous.

2.4.2.3 Calizas grises oquerosas

Esta unidad está constituida por calizas grises a marrones oscuras y calizas arenosas grises. Normalmente se disponen en estratos tabulares de potencias centimétricas a decimétricas. Estas calizas presentan oquedades que nos permiten identificarlas claramente en el campo y que tendrán un origen probable en la disolución de restos fósiles. En sección pulida las calizas presentan color gris oscuro a negro y aspecto noduloso. Estas calizas afloran en diferentes puntos a lo largo de la cresta del Pic de Arcalis, en la estación baja de Ordino-Arcalis, en el Valle de l'Angonella y al sur de la cresta de Arcalis. En alguno de estos afloramientos puede observarse un paso gradual a la formación superior de naturaleza más pizarrosa. En vista de las características expuestas se ha considerado que estas calizas podrían corresponder a las calizas de la Formación Estana del Ordovícico superior.

2.4.2.4 Pizarras grises (Fm. Ansovell)

Unidad compuesta por pizarras grises oscuras cuya potencia es difícil de establecer en muchos de sus afloramientos, ya que sobre ella se encuentran en contacto mecánico las pizarras ampelíticas del Silúrico que además a primera vista presentan cierta similitud, si bien las pizarras de Ansovell tiene un carácter más competente y menos carbonoso. En estas pizarras no suelen apreciarse de manera clara superficies de estratificación. Los afloramientos más importantes de esta unidad se sitúan en la zona del Port Vell a la Portella de Sanfons, en la cresta del Pic de Arcalis y al norte del Coll de Arenes.

2.4.3 Silúrico

2.4.3.1 Lutitas ampelíticas negras

Estas Lutitas ampelíticas negras son los materiales más representativos del Silúrico en todas las zonas cartografiadas. En general en todos los afloramientos identificados, estas lutitas 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 sobre todo en los afloramientos correspondientes al sinclinorio de Tor-Casamanya 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.

2.4.3.2 Calizas negras de orthocerátidos

Estas calizas solo las hemos identificado en el sinclinorio de Tor-Casamanya. Las calizas se disponen en estratos tabulares de potencia centimétrica a decimétrica. 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. Alguno de los afloramientos más significativos de estas calizas se sitúan en la carretera C.S. 240 de Canillo al Coll de Ordino.

2.4.4 Devónico

2.4.4.1 Formación Rueda

Esta unidad está constituida por una alternancia de lutitas, lutitas carbonatadas y calizas, 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 de Tor-Casamanya. La edad de esta formación se ha establecido en áreas próximas como Lockoviense – Praguense (Sanz-López, 2002). Esta unidad está 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.

2.4.4.2 Formación Basibe

Consiste en calizas grises masivas y calizas estratificadas con intercalaciones de niveles de calizas margosas grises oscuras. Esta formación alcanza unos 100 m de espesor y 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 más 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). Existen numerosos puntos, 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.

2.4.4.3 Formación Manyanet

La potencia de esta formación no ha podido ser establecida, 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 beigeas con intercalaciones de calizas beigeas en la base, que llegan a constituir una alternancia hacia techo. 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 draquioconaridos. Estas calizas, en muchos casos, están recristalizadas adquiriendo un aspecto marmóreo. 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. A esta formación, en sectores más occidentales, se le ha asignado una edad Emsiense Inferior al límite Emsiense – Eifeliense (Sanz-López, 2002).

2.4.4.3 Formación Civis

Esta unidad 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. 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.