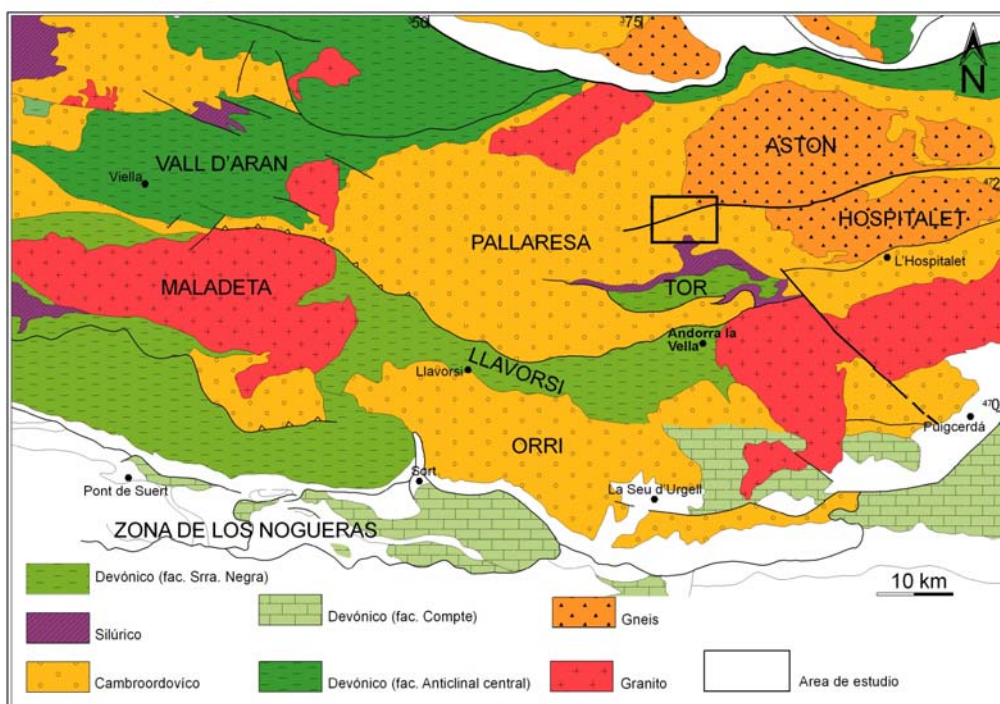


## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 2002 el CRECIT (Centre de Recerca en Ciències de la terra) emprendió el proyecto de Cartografía geológica de Andorra a escala 1:25000. En el marco de este proyecto y en colaboración con el IGME (Instituto geológico y minero de España), se realizó en un primer momento el mapa geológico del Sinclinorio de Tor-Casamanya (Año 2003), para pasar después al estudio geológico y la cartografía geológica de una pequeña área situada al norte de dicho sinclinorio e incluida dentro del Macizo de la Pallaresa (Año 2004). En este trabajo se presenta la continuación del estudio estratigráfico y estructural de este macizo, así como la cartografía geológica a escala 1:25000 de una nueva área estudiada. Esta área está constituida por materiales pertenecientes al Cambro-ordovícico, Ordovícico superior y Silúrico y se extiende desde la cresta fronteriza con Francia al Oeste hasta la cabecera del valle de Rialp al Este. Es decir se sitúa tanto al Norte del área estudiada el pasado año como del Sinclinorio de Tor-Casamanya y corresponde a la zona de contacto entre el macizo de la Pallaresa y los macizos gneísicos del Aston y de l'Hospitalet (figura 1). Esta cercanía a los macizos gneísicos proporciona al área estudiada algunas características diferentes con respecto al resto del macizo de La Pallaresa a lo que hay que unir el hecho de que esta zona es atravesada por la falla de Merens de dirección aproximadamente E-O y que separa a los macizos gneísicos del Aston y L'Hospitalet. Esta falla corresponde a uno de los principales accidentes de la zona Axial pirenaica, siguiendose a lo largo de 70 km desde el extremo oriental del sinclinal de Villefranche hasta unos kilómetros al oeste de los macizos del Aston y L'Hospitalet, donde se amortigua en los materiales cambro-ordovícicos del macizo de la Pallaresa.



*Figura 1. Situación geológica del área de estudio*

La situación expuesta se traduce en una zona afectada por el metamorfismo regional hercínico cuya zonación abarca desde la zona de la Biotita hasta la zona de la Silimanita, en las áreas más cercanas al contacto con los macizos gneísicos (Alias y Cirés, 1992). A su vez, la disposición de las isogradas metamórficas refleja el efecto de la falla de Merens sobre esta zonación y confirma el movimiento inverso de la falla (Carreras y Cires, 1986).

Partiendo de los primeros rasgos estructurales del Macizo de la Pallaresa, establecidos durante la primera etapa de trabajo en la zona de los valles de Comapedrosa y Pla de L'estany y de las características expuestas en esta introducción, en este trabajo se ha intentado profundizar en la caracterización tanto de la estructura como de la estratigrafía del macizo así como en un mejor conocimiento de la zona de contacto con los macizos gneísicos.

### 1.1 Localización geográfica

El área estudiada corresponde al extremo noroeste del Principado de Andorra, pertenece íntegramente a la parroquia de Ordino y ocupa aproximadamente una superficie de 30 km<sup>2</sup> desde la cresta fronteriza con Francia al oeste hasta el Valle de Rialb al este, incluyendo la zona de los Estanys de Tristaina, y el valle del Río del mismo nombre, la zona de la Serra de Arcalis y la zona del Pic de Besali es decir toda la cabecera del valle del Valira del Nort. En esta zona se localizan algunas de las cumbres más conocidas del país, entre las que cabe destacar de oeste a este: El pic de Cataperdis (2805 m), Pic de Forcats (2807 m), Pic de Tristaina (2878 m) y Pic de la Font Blanca (2903 m), todos ellos han constituido importantes puntos de afloramiento durante la realización de este trabajo.



Figura 2. Localización geográfica del área de estudio

El área ocupada por la zona de estudio abarca las hojas, (5-01-2, 5-02-1, 5-02-2, 5-01-4, 5-02-3, 5-02-4) del mapa topográfico a escala 1:5000 del Área de Cartografía y Topografía del Gobierno Andorrano. Este ha sido simplificado y adaptado a escala 1:25000 conservando únicamente las curvas de nivel cada 25 metros, como base topográfica para la cartografía geológica.

## 1.2 Antecedentes

Los trabajos realizados en el macizo de la Pallaresa y por extensión en la zona estudiada en este trabajo han sido abundantes desde la década de los sesenta, durante la cual, debemos destacar de manera mayúscula los trabajos de los geólogos holandeses. Entre ellos destacan Zandvliet (1960), Zwart, (1963 y 1965) y Hartevelt (1970). Su contribución es importante tanto en el campo de la estratigrafía del Cambro-ordovícico, como en el de la cartografía y estructura. En el mismo periodo fueron destacables también los trabajos realizados en los materiales cambro-ordovícicos del Pirineo Central por autores franceses como Casteras *et al.* (1969), Oele, (1966) y Seguret y Proust (1968), estos tres últimos con una importante contribución al estudio estructural de la zona.

Durante estos años en lo que se refiere más concretamente a la caracterización de la geología del Principado de Andorra, hay que señalar los trabajos de Llopis Lladó (1965) que contribuyeron a aumentar el conocimiento estratigráfico de la zona.

Posteriormente en los años setenta, fueron importantes las aportaciones en el estudio de la deformación y estructura en el macizo de la Pallaresa (Santanach, 1972), así como en la caracterización de la falla de Merens destacando los trabajos de Leterrier (1972), Aparicio (1975), Aparicio y Lelubre (1976) y Zwart (1979). Será más tarde en la década de los ochenta, cuando los trabajos realizados en la zona son más numerosos. En estos años destacan los trabajos llevados a cabo por Laumonier et Guitard (1986), Laumonier (1988) y Van den Eeckhout (1986) para intentar caracterizar la serie cambro-ordovícica del macizo de la Pallaresa. A su vez, se realizaron importantes trabajos de carácter estructural intentando bien, establecer modelos tectono-metamórficos (Lamoroux *et al.* 1980, 1981, 1987; Soula, 1982; Verhoef, 1984, Van den Eeckhout, 1986) o bien para caracterizar el significado de las milonitas identificadas en la falla de Merens, entre los que destacan Carreras y Cirés (1986) y Mc Caig, (1986).

En la década de los noventa seguirán siendo abundantes los trabajos que intentan aportar más luz sobre las características de la deformación en el macizo de la Pallaresa entre los que cabe señalar: Carreras y Capellà (1994), (1995) y (1996), Capellà (1995) y Aerden (1995). Por otra parte, durante estos años comienzan a realizarse estudios especializados en la caracterización del metamorfismo regional hercínico asociado a los macizos genésicos del Aston y de l'Hospitalet (Alías, 1990; Alías y Liesa, 1992; Alías y Cirés, 1992). Durante

esta década se realizará el trabajo de síntesis más importante para la Zona Axial Pirenaica (Barnolas et al., 1996). En el se recogerá toda la información existente hasta el momento sobre el Paleozoico del Pirineo.

Finalmente, en los primeros años de este siglo se han realizado trabajos especializados como los de Gil-Peña et al., (2000) sobre el Ordovícico superior del Pirineo central, así como un nuevo trabajo de síntesis, Casas et al. (2002), en el que se recopilaron todos los datos existentes hasta ese momento, sobre la geología de los materiales que afloran en Andorra. También debemos señalar aquí el trabajo de Laumonier (2004) que supone las aportaciones estratigráficas, más recientes, para la serie Cambro-ordovícica del Macizo de la Pallaresa y los alrededores de los macizos del Aston y de l'Hospitalet. Estas aportaciones se expondrán de manera más detallada en el capítulo de estratigrafía de este trabajo.

### **1.3 Objetivos**

Los principales objetivos de este trabajo son los siguientes:

- ◆ Realización de una cartografía geológica a escala 1:25000, (realizada en un sistema de información geográfica, SIG)
- ◆ Realización de un análisis estratigráfico que permita caracterizar de manera más detallada la serie cambro-ordovícica.
- ◆ Elaborar un estudio estructural, apoyado en la cartografía geológica a escala 1:25000 y en la realización de cortes estructurales perpendiculares a la dirección general de las estructuras. Este estudio estará apoyado por la representación de los datos obtenidos en el campo en proyecciones estereográficas, interpretación de fotografías y elaboración de esquemas estructurales.

### **1.4 Metodología**

Al igual que en ocasiones anteriores, el estudio geológico llevado a cabo en este trabajo así como la realización del mapa geológico a escala 1:25000 de la zona de estudio, será el resultado de un proceso dividido 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, realizados por el gobierno andorrano, 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 durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre de 2005 en la que se llevaron a cabo observaciones en numerosos afloramientos, que han quedado reflejadas en aproximadamente trescientas estaciones de medida. 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.

Paralelamente a estos estudios se realizaron numerosas observaciones, tanto de carácter litológico y sedimentológico como mineralógico, ya que gran parte de la serie cambro-ordovícica que aflora en el área de estudio se encuentra metamorfizada. Con esto se pretendía por una parte, una mejor caracterización de la serie cambro-ordovícica y del Ordovícico superior y por otra parte, intentar reconocer, en la medida de lo posible, a partir de las muestras de mano, los minerales más representativos de las diferentes zonas metamórficas. Durante esta campaña de campo se realizó la recogida de muestras tanto de las rocas en las que todavía se preservan sus características sedimentológicas como de aquellas rocas metamorfizadas, con el fin de precisar sus características texturales y petrológicas. Esto se llevará a cabo una vez finalizada la campaña de campo dentro de la siguiente etapa en la que se realizaran los trabajos de laboratorio. En este estudio estos trabajos han consistido mayoritariamente en el análisis de las láminas delgadas, realizadas a partir de las muestras tomadas en el campo. Este análisis se realiza a través del microscopio óptico de luz transmitida, esto nos ha permitido identificar la verdadera composición de las rocas sedimentarias, reconocer los minerales índice para las diferentes zonas metamórficas y por otra parte este análisis resulta de gran ayuda a la hora de caracterizar las diferentes fases de deformación a partir del análisis microestructural.

Finalmente la última fase en la que se desarrollan lo que se conoce como trabajos de gabinete, consiste esencialmente en el tratamiento, interpretación e integración de los datos obtenidos en el campo y de las precisiones a las que se ha llegado en el laboratorio. En este punto se llevará a cabo la elaboración de los cortes geológicos detallados tanto a partir de los datos directos de campo como de la cartografía realizada. Tomando como base los cortes geológicos, los esquemas fotogeológicos y el análisis microestructural, 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.