

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

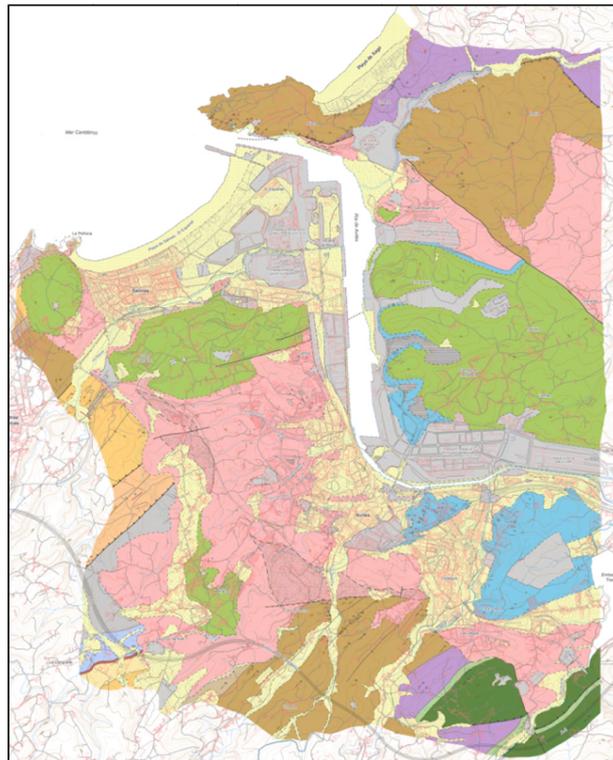


FACULTAD DE GEOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GENERAL DE LA COBERTERA MESOZOICA EN EL ENTORNO DE AVILÉS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER OFICIAL EN RECURSOS GEOLÓGICOS Y GEOTECNIA



LUIS MARÍA DÍAZ DÍAZ

Julio 2012

D. Luis María Díaz Díaz, autor del Trabajo Fin de Máster titulado “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GENERAL DE LA COBERTERA MESOZOICA EN EL ENTORNO DE AVILÉS” certifica que constituye un trabajo original y solicita su presentación.

En Oviedo, a 12 de Julio de 2012

Fdo. Luis María Díaz Díaz

El Dr. Carlos López Fernández, Profesor Titular del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, certifica que ha dirigido y revisado el Trabajo Fin de Máster titulado: “CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA GENERAL DE LA COBERTERA MESOZOICA EN EL ENTORNO DE AVILÉS”, realizado por D. Luis María Díaz Díaz, y autoriza su presentación.

En Oviedo, a 12 de Julio de 2012

Fdo. Carlos López Fernández

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	5
II.	MARCO GEOGRÁFICO	7
III.	CONTEXTO GEOLÓGICO	12
IV.	ESTRATIGRAFÍA	17
	Sustrato rocoso	17
	a) Basamento Paleozoico	17
	b) Cobertera Mesozoica	29
	Depósitos superficiales	36
	a) Rellenos antrópicos	36
	b) Depósitos cuaternarios	38
V.	ESTRUCTURA	49
	Deformación Varisca	49
	Deformación Post-Varisca	50
VI.	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES	55
	Depósitos superficiales	55
	a) Rellenos antrópicos	55
	b) Depósitos cuaternarios	56
	Sustrato rocoso	60
	a) Basamento Paleozoico	60
	b) Cobertera Mesozoica	61
VII.	RECURSOS INDUSTRIALES	68
	Canteras	68
	Escombreras	70
	Escombreras de escorias de alto horno	71
VIII.	CONCLUSIONES	72
IX.	AGRADECIMIENTOS	75
X.	REFERENCIAS	77

ANEXO I. Mapa geológico de Avilés y su entorno

ANEXO II. Perfiles geológicos I-I' y II-II'

Resumen

En este Trabajo Fin de Máster se aborda la caracterización geológica general de la cobertera mesozoica en el entorno de la ciudad de Avilés (Asturias). Este trabajo constituye una fase inicial de la Tesis Doctoral del autor, cuyo principal objetivo es la modelización geológica y geotécnica integral de dicha zona.

Avilés y su comarca se localizan en límite noroeste de la Cuenca Meso-terciaria Central de Asturias. En la zona afloran fundamentalmente materiales margo-arcillosos del Permotriás, así como algunos niveles carbonatados y conglomeráticos del Jurásico. Muestran una disposición subhorizontal y se disponen discordantes sobre el basamento paleozoico, constituido por materiales que comprenden edades Ordovícico inferior a Carbonífero superior. Este basamento aparece intensamente plegado y afectado por diversas estructuras, que adoptan una orientación preferente noreste-suroeste. Asimismo, en la zona se observan algunas estructuras recientes que también afectan a la cobertera mesozoica. Como principal estructura de la zona destaca la denominada falla de Ventaniella. En los márgenes de la ría y en el sector costero aparecen importantes depósitos superficiales, de naturaleza litoral y fluvial. Asimismo, destaca la existencia de numerosos depósitos antrópicos de diversa entidad, situados principalmente en la zona industrial.

En este trabajo ha sido realizada una cartografía de detalle de este sector (a escala 1/15.000) y una descripción de los distintos materiales, con especial detalle en el caso de la cobertera mesozoica y del recubrimiento superficial, dadas sus implicaciones geotécnicas. Por último, han sido analizados los principales recursos industriales de la comarca.

Abstract

This Master Thesis deals with the geological characterization of the Mesozoic cover in the surroundings of the city of Avilés (Asturias). This paper sums up the beginnings of the author doctoral thesis, which focused on the geological and geotechnical research of this area.

Avilés and his district are located in the northwestern boundary of the Mesotertiary Basin of Asturias. The main outcrops are related to marley-clayey materials which some Jurassic carbonates and conglomeratic levels belonging to the Mesozoic Cover, a sub horizontal succession with unconformably overlies the Paleozoic basement. This older basement is made up of lower Ordovician to upper Carboniferous materials intensely folded and affected by northeast-southwest trending structures. It is worth noting that there are recent structures affecting the Mesozoic cover. The most important one is the so-called Ventaniella fault. The estuary banks and the coastal area show extensive related to coastal and fluvial processes. Furthermore, in the area are present also diverse anthropic deposits, related to the industrial zones.

The work comprises a detailed geological mapping of this sector (scale 1/15.000) and an accurate description of the different materials observed, focused on the Mesozoic cover and Quaternary deposits, due to its geotechnical implications. Finally, major industrial resources of the region have been analyzed.

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La presente memoria constituye el Trabajo Fin de Máster del Máster en Recursos Geológicos y Geotecnia de la Universidad de Oviedo de Luis María Díaz Díaz. En la misma se aborda la caracterización geológica general de la cobertera mesozoica de la ciudad de Avilés y su entorno, como fase inicial del trabajo de tesis doctoral del autor, cuyo principal objetivo es la modelización geológica y geotécnica integral de dicha zona.

Avilés, tercera ciudad más poblada del Principado de Asturias, acoge importantes asentamientos tanto humanos como de tipo industrial, que han implicado la realización de obras singulares desde el punto de vista ingenieril. Ante la ausencia de trabajos geológicos y geotécnicos de detalle en su entorno se ha considerado de interés la realización de un estudio geológico-geotécnico que pueda servir a la hora de caracterizar y planificar los futuros y actuales usos del suelo, de cara a posibles asentamientos humanos e industriales, y a la prevención y tratamiento de cualquier tipo de problema de tipo geotécnico y medioambiental.

Como punto de partida de este trabajo se ha planteado la necesidad de llevar a cabo un nuevo estudio geológico general de la cobertera mesozoica -que constituye el sustrato rocoso de la mayor parte de la comarca avilesina-, que se presenta, a continuación, como Trabajo Fin de Máster.

Como principales objetivos de este estudio se pueden destacar los siguientes:

- Revisión y análisis de toda la información geológica previa.
- Elaboración de nueva una cartografía geológica a escala 1/15.000 de la cobertera mesozoica, prestando especial atención a los depósitos superficiales.
- Identificación de las grandes unidades geotécnicas de la zona y definición de sus características generales.

Este trabajo supone, por tanto, una fase en donde ha primado el trabajo de campo y la elaboración de la cartografía geológica de base.

La elaboración del mapa geológico de Avilés y alrededores se ha complementado con la toma de otros datos de diversa procedencia. Así, además de los datos obtenidos en campo, se ha recabado la información contenida en numerosos informes geotécnicos que incluyen, además, una importante información prospectiva y de laboratorio.

Hasta la fecha, han sido recopilados 240 sondeos mecánicos de rotación con una longitud media de 15 m, que puntualmente alcanzan los 50 m. Estas perforaciones han proporcionado un buen conocimiento del subsuelo en el ámbito urbano.

El trabajo de tesis doctoral del autor continuará con una fase de integración de otros datos obtenidos en estudios de investigación del terreno: i) labores superficiales, fundamentalmente calicatas y zanjas; ii) pruebas penetrométricas, dinámicas y estáticas; iii) prospecciones geofísicas (sísmica, eléctrica y georadar) utilizadas en zonas con singular problemática.

La metodología de trabajo contempla, por último, la inclusión de los resultados de los ensayos de laboratorio, realizados sobre muestras representativas de suelos y rocas (identificación, estado y mecánicos).

El conjunto de resultados de las técnicas de estudio, serán recopilados y gestionados a través de una base de datos implementada mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Este Trabajo Fin de Máster ha sido codirigido por los Profesores del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, D. Daniel Arias Prieto y D. Carlos López Fernández, si bien, en cumplimiento del vigente Reglamento sobre la elaboración y defensa de los Trabajos Fin de Máster en la Universidad de Oviedo, únicamente puede constar de manera explícita uno de ellos.

II. MARCO GEOGRÁFICO

La comarca de Avilés ocupa una situación centro-septentrional dentro del Principado de Asturias; limita al Este con el municipio de Gozón, al Sur con Corvera y al Oeste con Castrillón. Cuenta con una población superior a los 85.000 residentes a comienzos de 2012, según los datos del Instituto Nacional de Estadística.

Lo zona objeto de estudio en este trabajo se localiza a ambos lados de la ría de Avilés, extendiéndose por el norte hasta su desembocadura, y por el sur hasta el embalse de Trasona (Fig. 2-1).

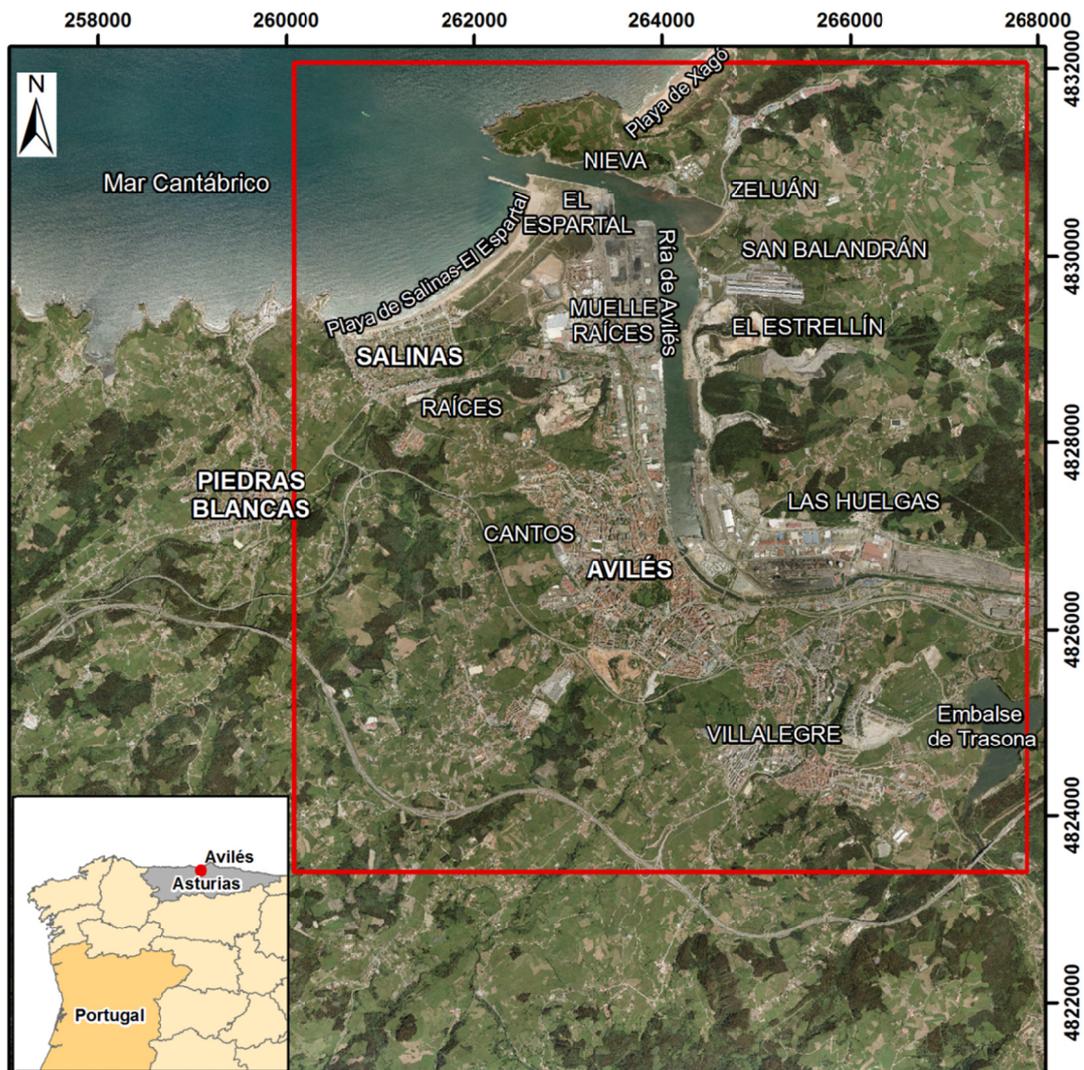


Figura 2-1. Localización geográfica de la zona objeto de estudio.

El relieve de la zona es, en general, suave, diferenciándose tres grandes unidades: el área costera o zona litoral, el entorno de la ría de Avilés y la zona montañosa meridional (Fig. 2-2).

La zona litoral es la parte más extensa, ocupando las tres cuartas partes de la superficie, e incluye varias zonas planas (Fig. 2-2), consideradas superficies de rasa costera (antigua plataforma de abrasión marina, elevada por el levantamiento de la plataforma continental). Se caracteriza por un relieve que no supera los 100 m que ocasionalmente puede llegar a ser algo más abrupto, tal como sucede en el extremo norte de la ría (área de Nieva).

La zona montañosa meridional, constituida por las estribaciones del macizo del Gorfolí (617 m), limita por el sur el sector litoral. Se trata de una alineación montañosa de dirección noreste-suroeste que discurre próxima a la costa extendiéndose hasta el Cabo Torres (situado al oeste de Gijón) y constituye un relieve residual del antiguo pedimento de 750 m (Peón, 1992) (Fig. 2-2).

La ría de Avilés dibuja un relieve plano y llano en cuyo margen izquierdo se emplaza la mayor parte de la Villa de Avilés, que se sitúa entre las cotas 5 y 30 m sobre el nivel del mar (Fig. 2-3). Destaca la presencia de cordones dunares, formando parte del complejo de desembocadura, y que ocasionalmente (zona de Salinas) alcanzan alturas elevadas, de hasta 20 m.

La ría de Avilés constituye uno de los escasos estuarios amplios que presenta la costa asturiana; muestra un trazado general con orientación aproximadamente norte-sur, si bien en su desembocadura adopta un abrupto quiebro de dirección este-oeste.

Este estuario, a diferencia de la mayoría, no se drena con un río colector principal, sino con una serie de cauces costeros situados en la margen izquierda, cuya geometría de avenamiento en planta adquiere una forma de peine (López Peláez y Flor, 2008). De sur a norte están: el río Alvares (que alimenta al embalse de Trasona), y el río Tamón, ambos situados en la cabecera de la ría, el río Arlós (de dirección principal norte-sur), el río Magdalena, el río San Martín, el río Tuluergo y el río Raíces, que presenta una dirección este-oeste. En el margen derecho destaca el río Vioño que desemboca en la ría en su parte septentrional (Fig. 2-2).

Las redes de drenaje, que constituyen la cuenca hidrográfica del sistema estuarino,

están conformadas por ejes fluviales cuya longitud no sobrepasan los 17 km (Fig. 2-2), por lo que se encuadran dentro del tipo “ríos costeros” (ríos de corto recorrido, inferior a 20 km). Hay que añadir que todos ellos drenan cuencas de escasa superficie, no sobrepasan los 40 km², siendo la superficie total estimada de la cuenca de 184 km².

En general, el clima que se registra en Avilés es el típico y propio del sector cantábrico, estando determinado principalmente por las masas de aire húmedo que proceden del Atlántico, cuyo paso al sur es impedido por la cordillera, originándose abundantes precipitaciones. Por otro lado, las temperaturas son suaves y las oscilaciones térmicas, tanto las estacionales como las diurnas, son poco acusadas debido al efecto regulador térmico del mar.

Las precipitaciones medias anuales de Asturias oscilan desde menos de 1000 mm hasta más de 2000 mm; esta variación –consecuencia del denominado “efecto ladera”– está estrechamente relacionada con la altitud, mostrando valores máximos en las zonas elevadas y mínimos en la costa. La comarca de Avilés está localizada en la zona con menores precipitaciones de Asturias, estando delimitada por la isoyeta 1000 mm (l/año); ésta abarca la denominada área de Peñas, desde Cabo Vidio hasta la mediana entre Gijón y Villaviciosa.

La pluviometría registrada en la comarca avilesina para el periodo comprendido entre los años 2001 y 2012 se sitúa entre los 720,58 y los 1313,78 mm totales anuales, situándose los máximos de precipitaciones en los meses de abril y noviembre, y los mínimos en julio. Las precipitaciones máximas diarias registradas en 24 horas se alcanzan en los meses de septiembre y noviembre. El régimen térmico depende fundamentalmente de la radiación solar (insolación) que recibe la zona. La latitud de alrededor de 45°N, implica una fuerte estacionalidad en la radiación, puesto que la duración de los días es muy variable. La fluctuación térmica tiene origen en la proximidad del mar que cede calor en la época fría y absorbe en las más cálidas. Así, la amplitud térmica (diferencia entre las temperaturas del mes más cálido y más frío del año) en la comarca es de unos 9 °C. Para el periodo 2002-2012 las temperaturas medias oscilaron entre los 13,5 y 14,6 °C. Los valores mínimos se registran en diciembre-enero (oscilando entre 9,7 y 11 °C de media anual) y los máximos en julio-agosto (fluctuando entre 16,4 y 18 °C).

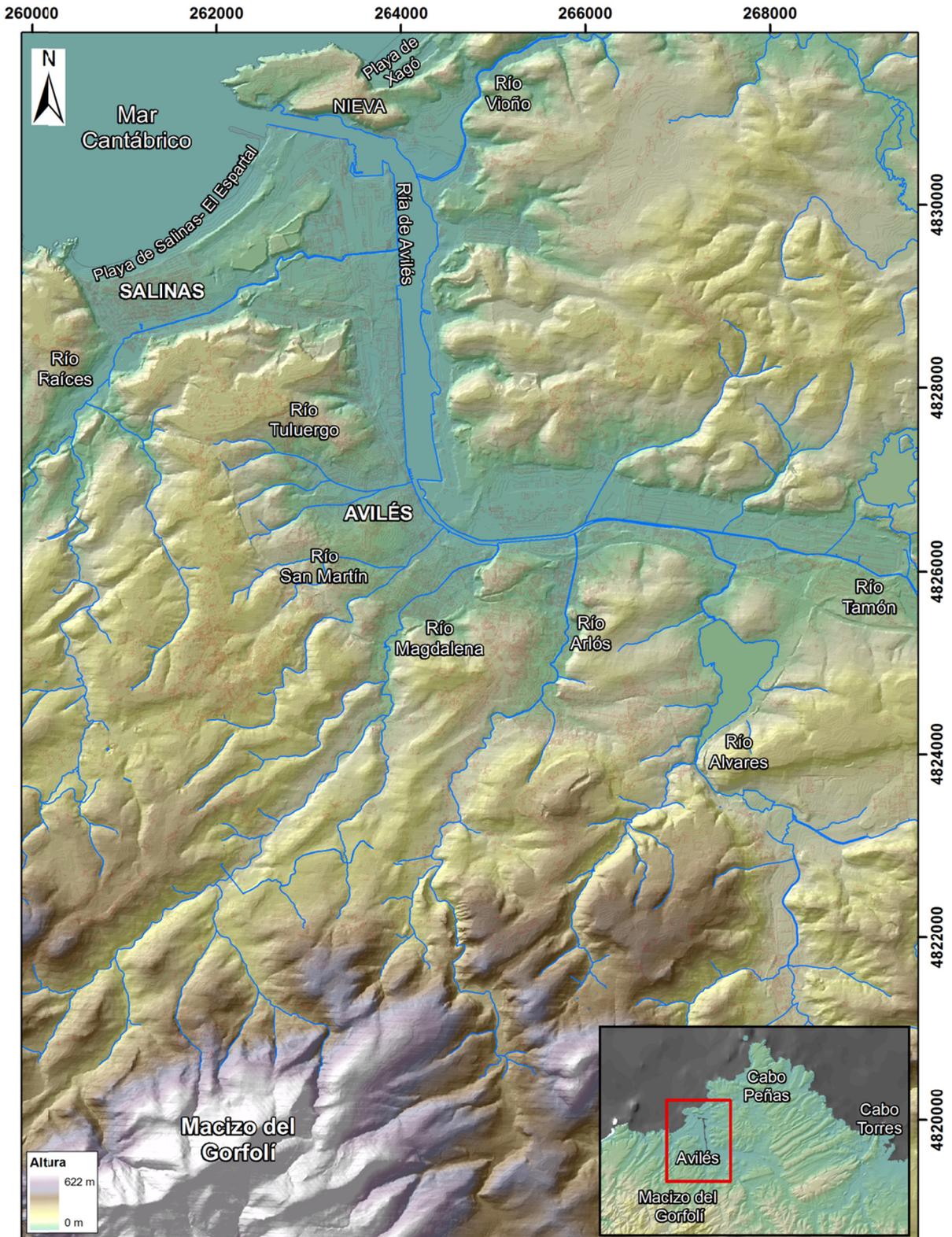


Figura 2-2. Modelo digital de elevaciones de la zona de Avilés.



Figura 2-3. Aspecto general del suave relieve del entorno de la ría de Avilés. En la zona central se observa la zona de ría y, en primer término, zonas más elevadas y planas correspondientes a la rasa costera.

III. CONTEXTO GEOLÓGICO

La zona objeto de estudio se sitúa principalmente en el borde noroeste de la Cuenca Mesoterciaria de Asturias, y, menormente, sobre el extremo septentrional de la Región de Pliegues y Mantos dentro de la denominada Zona Cantábrica del Macizo Varisco (Julivert, 1967; Alonso *et al.*, 2009) (Fig. 3-1).

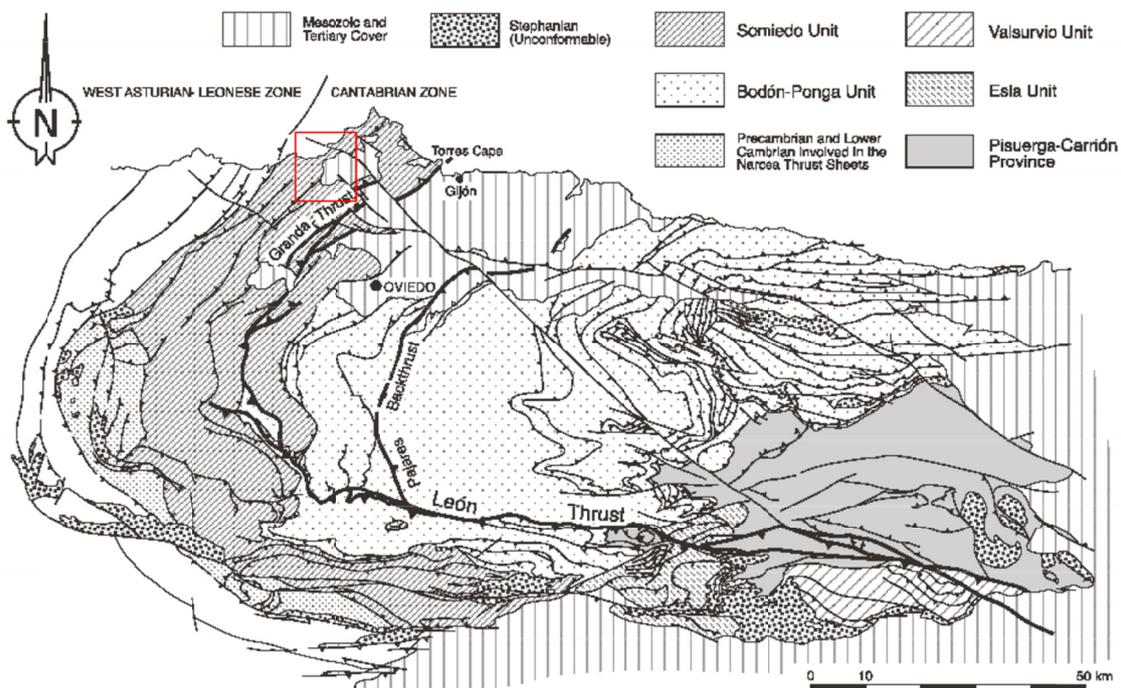


Figura 3-1. División en unidades de la Zona Cantábrica. (Tomada de Alonso *et al.*, 2009)

La Cuenca Mesoterciaria de Asturias, se divide desde el punto de vista estructural, en tres unidades (Fig. 3-2): Cuenca Jurásica de Gijón, Franja Móvil Intermedia y la Cuenca de Oviedo-Siero, principalmente cretácica (Ramírez del Pozo, 1972). Los materiales mesozoicos del entorno de Avilés pertenecen al extremo occidental de la Franja Móvil Intermedia.

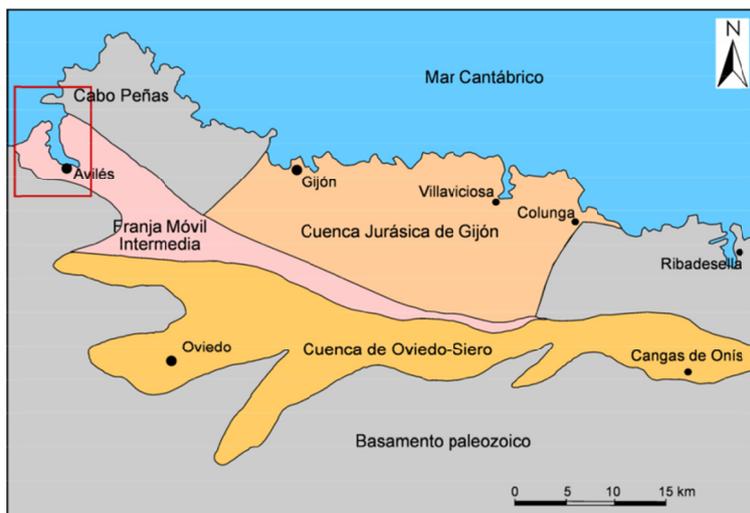


Figura 3-2. Zonas principales de la Cuenca Mesoterciaria de Asturias. El recuadro en trazo rojo indica la zona objeto de estudio.

Las rocas que integran la cobertera mesozoica en esta zona abarcan edades que van desde el Pérmico al Jurásico medio, que se depositaron discordantemente sobre un zócalo paleozoico deformado durante la Orogenia Varisca.

La villa de Avilés cuenta con un subsuelo urbano caracterizado por la abundancia de suelos, como los depósitos de ría, depósitos residuales, aluviales, etc. Así mismo, en esta zona son especialmente significativos los depósitos de carácter antrópico, marcadamente heterogéneos, que presentan una singular importancia dada la elevada intensidad de las actuaciones humanas en toda la zona.

El sustrato rocoso es marcadamente homogéneo (sobre todo en la margen izquierda de la ría) y está constituido principalmente por areniscas, arcillas y margas de tonalidad rojiza de edad permotriásica (Torres Alonso y Gutiérrez Claverol, 2005; Julivert, 1973). Como ya se indicó anteriormente, estos materiales corresponden a la Cuenca Mesoterciaria de Asturias junto con las unidades del Jurásico que presentan una menor presencia en este sector siendo litologías dominantes en el este de la ría (Fig. 3-3).

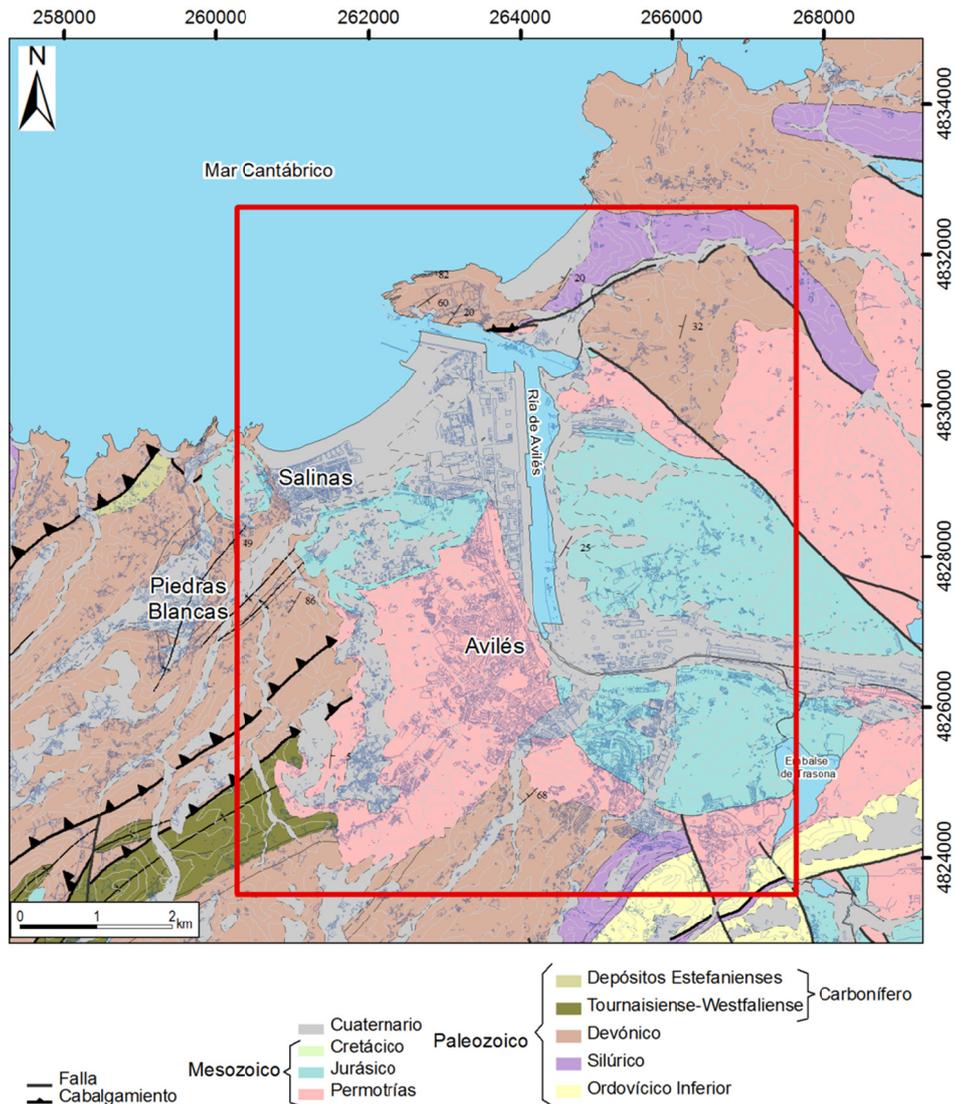


Figura 3-3. Esquema geológico del área de estudio.

Los materiales competentes de edad paleozoica (correspondientes a la Región de Pliegues y Mantos) que están presentes en la periferia de la urbe, abarcan edades desde el Ordovícico inferior hasta el Estefaniense. Sobre el Ordovícico se apoya directamente el Silúrico, continuando el depósito de una manera continua hasta el Namuriense Superior, siendo deformado en la Orogenia Varisca. Los depósitos estefanienses se sitúan discordantemente sobre estos materiales siendo plegados en una fase tardi-varisco.

Desde el punto de vista tectónico, a gran escala, se puede diferenciar la deformación varisca (que motivó la aparición de pliegues y cabalgamientos) y la

deformación Alpina, caracterizada por una tectónica de fallas. Así, el zócalo paleozoico y la cobertera mesozoica constituyen dos dominios diferenciados. La Orogenia Varisca afecta únicamente al basamento, mientras que la deformación posterior (asociada a la apertura y posterior rejuego de diferentes sistemas de fracturación), desarrollada durante Mesozoico y Cenozoico, afecta conjuntamente a basamento y cobertera.

La estructura varisca de la zona responde a una gran morfología sinformal general con vergencia hacia el Este, en cuyos flancos aflora la cuarcita ordovícica: afloramiento de cabo Vidrias al noroeste (fuera del área de estudio) y cuarcitas del extremo sureste (Fig. 3-3). Dentro de este sinforme se encuentran un buen número de pliegues de trazado NE-SO que llegan a conservar en su núcleo areniscas del Devónico superior y el Carbonífero (Fig. 3-3).

La cobertera mesozoica se dispone subhorizontalmente, con buzamientos que oscilan habitualmente entre los 5° y 20°, configurando pliegues muy laxos.

Un accidente más tardío que las estructuras variscas anteriormente mencionadas, sería el cabalgamiento de Nieva que es la prolongación con toda probabilidad del cabalgamiento de Arnao, situado hacia el Este (Julivert et al., 1973).

Las estructuras más modernas, formadas durante el Mesozoico y Cenozoico son fallas muy verticales. El sistema más importante tiene una dirección NO-SE, siendo la estructura más destacada de la zona la falla de Ventaniella (Julivert, 1960), fractura de carácter regional, que corta toda la Zona Cantábrica y discurre al Este de la zona objeto de estudio, poniendo en contacto materiales de edad mesozoica (Jurásico y Triásico) con materiales paleozoicos. Esta falla podría ser la responsable del quiebro que presenta la ría de Avilés en la zona de su desembocadura, y muestra un movimiento de elevación del labio NE. Tiene un trazado muy rectilíneo y corta muy netamente todas las estructuras variscas.

Su primer movimiento se ha considerado que puede ser de edad pérmica o triásica, pero la falla ha continuado su movimiento con posterioridad, y efectivamente se le asocia una actividad sísmica reciente. El cañón de Avilés se sitúa en la prolongación hacia el NO de este accidente (Fig. 3-4).

Un accidente más tardío que los anteriormente estudiados sería el cabalgamiento de Nieva que es la prolongación con toda probabilidad del cabalgamiento de Arnao,

situado hacia el Este (Julivert et al., 1973).

Hay otro sistema de fallas, también de dirección NE-SO (Fig. 3-3) que, en general, podría corresponder al rejuego de estructuras variscas previas.

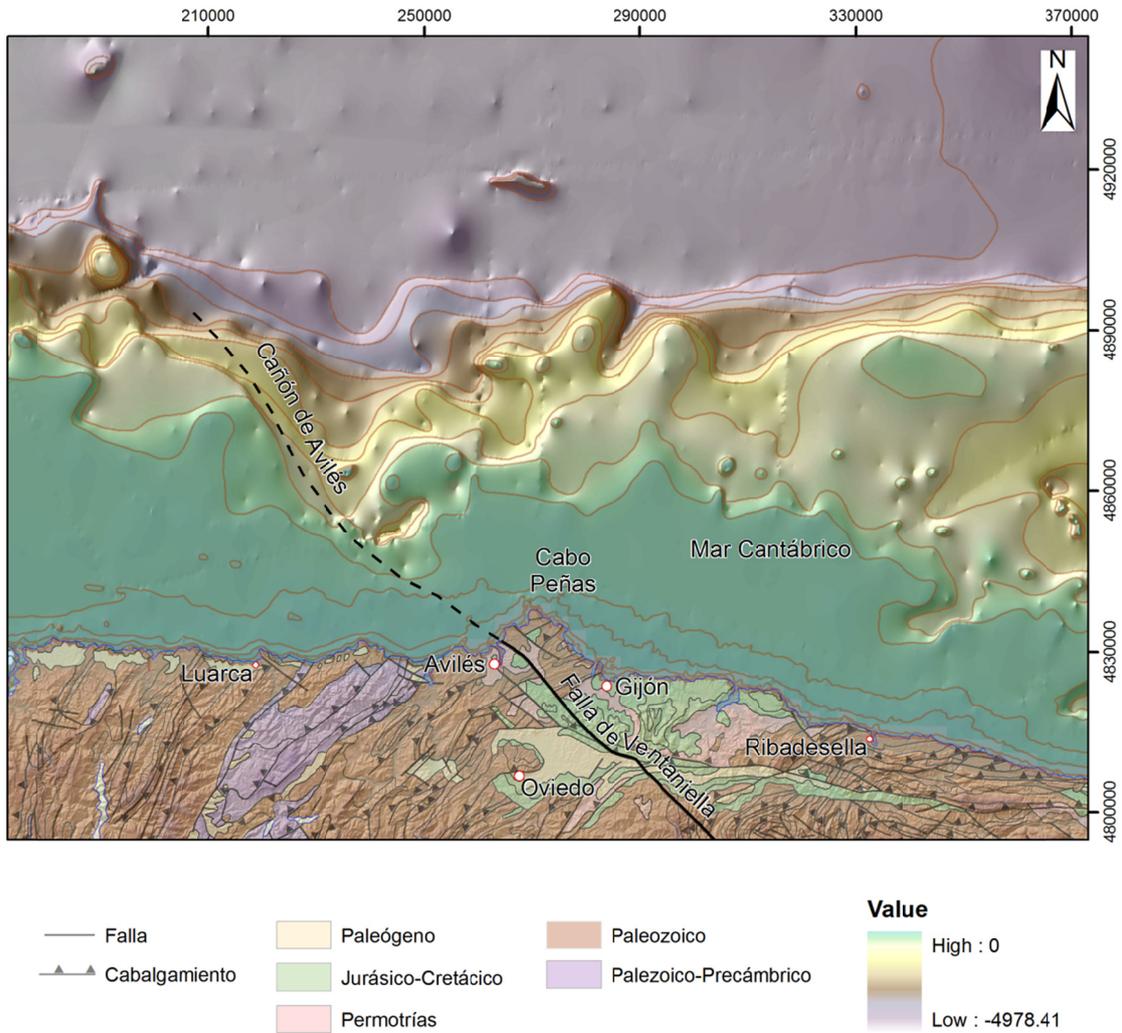


Figura 3-4. Probable trazado de la falla de Ventaniella en la plataforma.

IV. ESTRATIGRAFÍA

En este apartado se aborda la descripción estratigráfica general de los distintos materiales presentes en la zona de estudio (Fig. 4-1), que constituyen el extremo noroeste de la Cuenca Mesoterciaria de Asturias: niveles de areniscas, conglomerados, margas y arcillas (correspondientes al Permotrias) y de calizas y conglomerados, de edad jurásica. Asimismo, se describen de forma general los principales depósitos de tipo superficial y las principales formaciones paleozoicas que limitan la cuenca.

Sustrato rocoso

a) Basamento Paleozoico

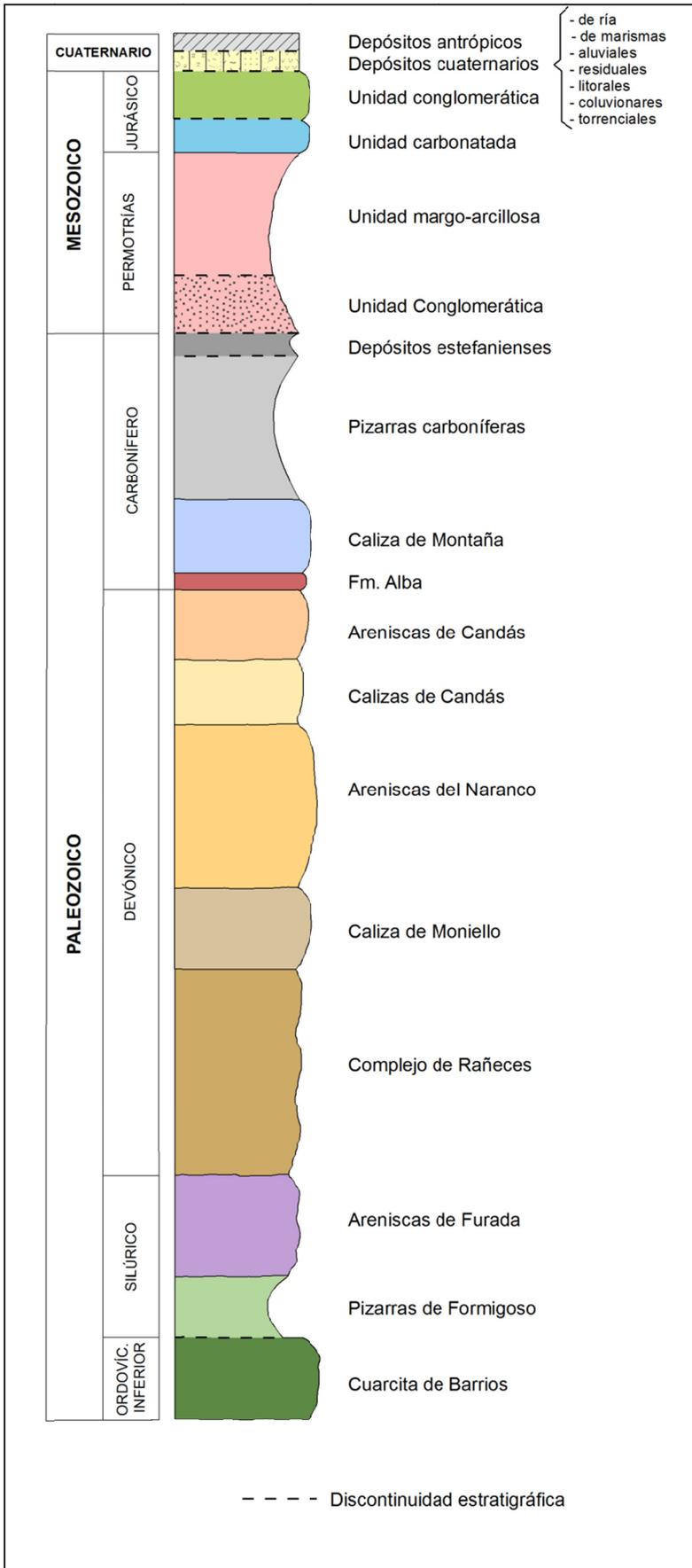
Aflora en los alrededores de Avilés, al oeste y al sur de la zona urbana, así como al este de la ría, en el entorno de Nieva e Iboya (Fig. 4-2). Se trata de materiales carbonatados y siliclásticos con una estructura general SO-NE.

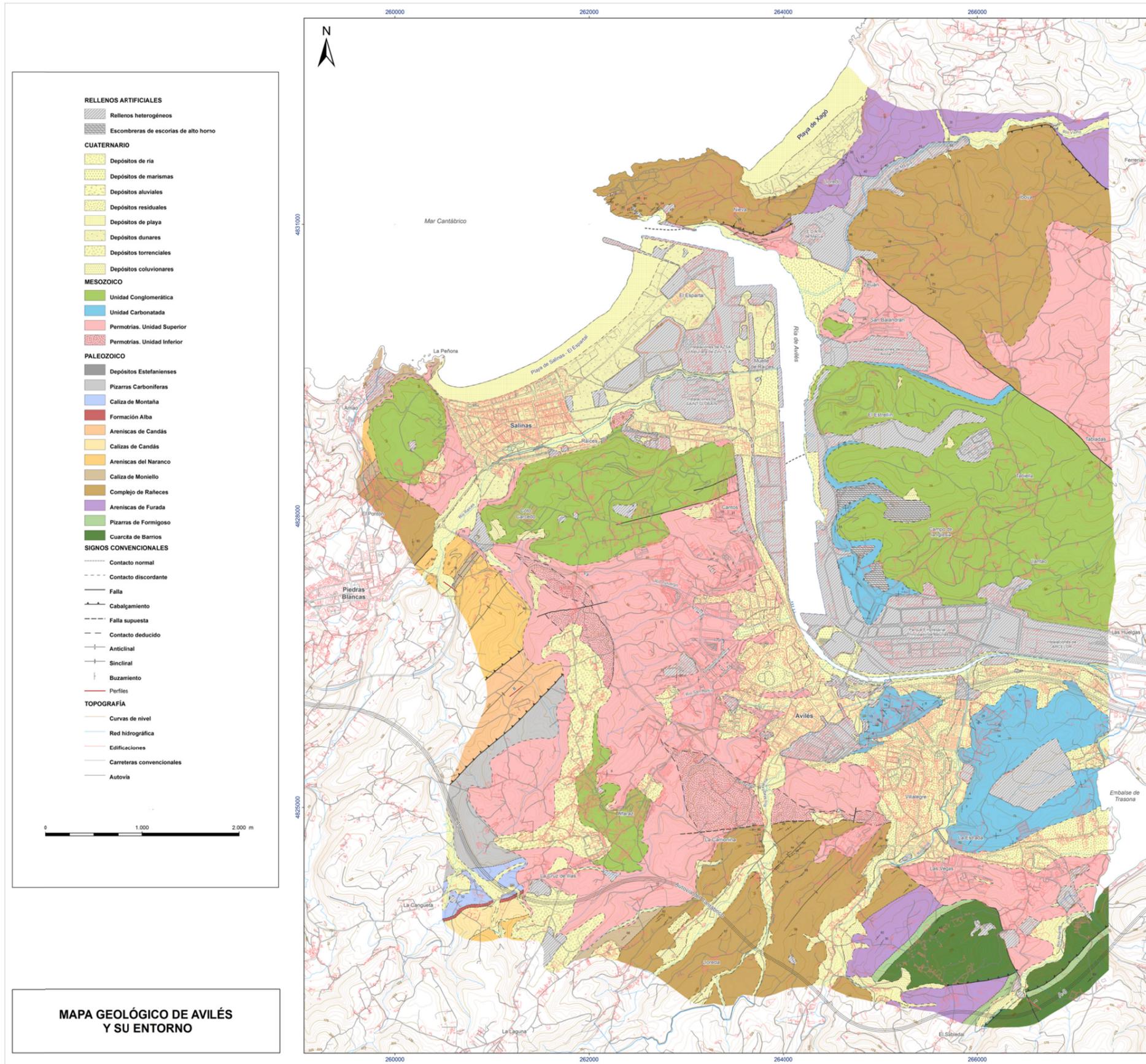
ORDOVÍCICO

Cuarcita de Barrios

Los niveles más antiguos aflorantes en la zona de trabajo corresponden a la denominada “Cuarcita de Barrios” de edad Ordovícico inferior (Floiense) (Julivert, 1973), que están localizados el borde sureste de la misma (Fig. 4-2). Está constituida por ortocuarcitas ocre y blancas, en ocasiones de aspecto masivo, y otras veces estratificadas en capas de espesor decimétrico a métrico (Fig. 4-3). En zonas puntuales pueden presentar intercalaciones de pizarras oscuras, así como tramos en los que aparecen ferruginizadas, estos últimos asociados a accidentes tectónicos (cabalgamientos) (Fig. 4-2). En estos casos la estratificación puede llegar a desaparecer debido al intenso diaclasamiento que afecta al macizo rocoso, originándose brechas.

Muestran un trazado prácticamente subvertical con orientación NE-SO concordante con la estructura regional (Fig. 4-2).





Avilés



Figura 4-3. Cuarcitas blancuecinas estratificadas y con disposición subvertical pertenecientes al techo de la Formación Barrios en un afloramiento situado en El Pino (Corvera).

SILÚRICO

Pizarras de Formigoso

Se trata de una formación compuesta fundamentalmente por pizarras y limolitas de color gris oscuro y negro (marrón cuando se presentan alteradas), con ocasionales intercalaciones de areniscas de grano fino, progresivamente más abundantes hacia el techo de la formación. Aunque su espesor es de unos 150 m, en general se encuentra muy replegada y tectonizada, por lo que pueden originarse anchuras de afloramiento anómalamente extensas.

Dado que se trata de materiales poco competentes y fácilmente alterables, sus afloramientos son bastante escasos, situándose frecuentemente en el fondo de los valles en el sector suroriental del área de estudio (Fig. 4-2). La edad de esta formación comprende Silúrico medio y superior (Llandovery medio-superior al Wenlock Inferior) (Julivert, 1973) y se apoya directamente sobre las cuarcitas del Ordovícico inferior.

Areniscas de Furada

Potente formación terrígena constituida por areniscas rojas, ferruginosas, con abundantes intercalaciones de episodios pizarrosos, de tonos grisáceos y pardos (Fig. 4-4). Ocupan dos franjas de orientación NE-SO dentro del área de estudio, en el extremo nororiental y al sur del mismo, que se encuentran afectadas por numerosos pliegues y fallas, lo que hace que se presenten superficies de afloramiento muy extensas (Fig. 4-2.). Su espesor es del orden de 220 a 250 m. La edad de la Areniscas de Furada abarca desde Wenlock hasta el Lochkoviense (Devónico inferior) (Julivert, 1973).



Figura 4-4. Areniscas rojizas pertenecientes a la Fm. Furada en un afloramiento situado al sur de la playa de Xagó, en Lloredo (Gozón).

DEVÓNICO

Complejo de Rañeces

Se trata de una serie litológica muy variada, cuya potencia alcanza ocasionalmente los 700 m y que ocupa una notable extensión superficial, que incluye la península de Nieva y los sectores orientales y meridionales de la zona de estudio (Fig. 4-2).

En tránsito gradual con las areniscas de la Fm. Furada, cuyos tramos más altos corresponden ya al Devónico inferior, se sitúa una extensa sucesión de materiales mayoritariamente carbonatados conocidos como Complejo de Rañeces (Comte, 1959). Está representado por pizarras grises, a las que le siguen calizas y dolomías en la parte inferior (Caliza de Nieva) (Fig. 4-5), calizas y dolomías de diversos tonos y pizarras pardas en la parte media (Caliza de Ferroñes) (Fig. 4-6). El techo del complejo está compuesto por calizas rojizas, muy fosilíferas, con gran abundancia de crinoideos en la parte superior (Caliza de Arnao) (Fig. 4-7). Zamarreño (1976) incluye una cuarta formación (Dolomía de Bañugues), al diferenciarse un litotipo en el tránsito entre las calizas de Nieva y Ferroñes constituido por dolomías con intercalaciones de niveles margosos y/o arcillosos.

La edad de este complejo abarca desde el Lochkoviense superior hasta el Emsiense superior (Devónico inferior) (Comte, 1959).



Figura 4-5. Alternancia de calizas y pizarras de la Fm. Nieva, que afloran en la carretera al Faro de San Juan de Nieva (AS-239) a la altura de Nieva (Gozón).



Figura 4-6. Calizas bien estratificadas de diversos tonos pertenecientes a la Fm. Ferroñes, que afloran al sureste del Faro de San Juan de Nieva.



Figura 4-7. Calizas rojizas con braquiópodos y crinoideos pertenecientes a la Fm. Arnao, en un afloramiento situado en La Carrionina (sur de Avilés).

Caliza de Moniello

Es una formación de unos 300 m de potencia constituida por calizas y calizas margosas grises, en general son arrecifales y fosilíferas que forman bancos compactos y regulares (Fig. 4-8). Se reconocen tres miembros: dos carbonatados separados por uno medio de carácter margoso-calcáreo. Estos materiales ocupan pequeñas franjas al noroeste del área de estudio, siendo el principal afloramiento el situado en La Peñona, entre Arnao y Salinas (Fig. 4-2). Ha sido datada como Devónico inferior (Emsiense superior) – Devónico medio (Eifeliense inferior) (Arbizu, 1972).



Figura 4-8. Caliza fosilífera de la Formación Moniello, en un afloramiento situado en la playa del Cuerno (Castrillón).

Areniscas del Naranco

Se trata de una serie esencialmente siliciclástica, con un espesor de aproximadamente 400 m, constituida por una areniscas tableadas ferruginosas de color rojizo y areniscas ocre, fuertemente cementadas, con intercalaciones centimétricas a

métricas de pizarras grises y verdes laminadas, limolitas y ocasionalmente de conglomerados. Aunque los términos lutíticos representan alrededor del 30% del conjunto de la formación, en algunas zonas pueden observarse intercalaciones de potencias decamétricas (Fig. 4-9). Ocupa grandes extensiones al oeste de la zona objeto de estudio (Fig. 4-2). Pertenece al Devónico Medio (mayoritariamente al Eifeliense aunque el techo puede alcanzar edad Givetiense) (Comte, 1959; García-Alcalde y Arbizu, 1976; García-Alcalde y Soto, 1999).



Figura 4-9. Términos lutíticos de la Formación Naranco, en un afloramiento situado en el desvío de la Variante de Avilés a Piedras Blancas (Castrillón).

Calizas de Candás

Se trata de una formación fundamentalmente carbonatada, constituida por calizas arrecifales masivas, con los corales en posición de vida en algunos tramos, e intercalaciones de margas y pizarras. Aparece aflorando en el área de estudio en una pequeña área muy próxima al sur de La Cruz de Illas (Fig. 4-2). Su edad es Devónico medio-superior (Givetiense superior-Frasniense) (Barrois, 1882).

Areniscas de Candás

Está constituida por areniscas ferruginosas de color fundamentalmente rojizo y blanquecino (Fig. 4-10). Las primeras se encuentran en la parte inferior de la sucesión, mientras que el resto está formado por areniscas blancas. Están estratificadas decimétricamente, con intercalaciones de cuarcitas y, ocasionalmente, de microconglomerados y pizarras. A techo, suele localizarse una delgada capa de calizas grises coralinas que representan el final del Devónico.

Se han localizado en el sector occidental del área estudiada, al sur de la localidad de Salinas (Fig. 4-2). La potencia de esta sucesión es muy variable, llegando en algunas zonas a desaparecer, por lo que por encima de las calizas de Candás en estas zonas se situaría directamente la caliza *Griotte* (Fig. 4-2). La edad de esta formación debe comprender el Fameniense Superior (Devónico Superior) (Comte, 1936).



Figura 4-10. Aspecto de las Areniscas de Candás con un grado de alteración alto, en un afloramiento situado en Fábrica, al sur de Piedras Blancas (Castrillón).

CARBONÍFERO

Formación Alba

Dentro de esta unidad cartográfica se incluyen dos formaciones calcáreas que se han representado juntas debido a su reducido espesor: La Fm. Candamo y la Caliza *Griotte*.

La Fm. Candamo constituye la base del Carbonífero y está constituida por calizas de grano grueso, de tonalidades grises y rosas. Tiene una potencia muy reducida, en torno a 10 m.

La segunda está constituida por 25-30 m de calizas tableadas y nodulosas, de grano fino y color rojizo, conocidas como facies *Griotte*. Su contenido faunístico indica una edad Carbonífero inferior (Tournaisiense-Namuriense A) (Truyols *et al.*, 1980). Aparece esta formación en la parte suroccidental del área estudiada, siendo seccionada por la Autovía A-8, al este de La Cruz de Illas (Fig. 4-2).

Caliza de Montaña

Descansa sobre la serie *Griotte* y consta de calizas micríticas gris negruzcas, fétidas y laminadas de edad Namuriense (Truyols *et al.*, 1980). Esta facies corresponde al miembro Barcaliente, que representa el tramo basal de la formación, y es el único presente en el área de estudio. En el ámbito de la zona cartografiada, su potencia máxima se estima en torno a los 200 m. Su localización corresponde a una reducida zona al este de La Cangueta, en el término municipal de Castrillón (Fig. 4-2).

Pizarras carboníferas

Sobre la caliza de Montaña aparece un tramo compuesto por una sucesión de pizarras, con areniscas intercaladas y algunas capas de calizas hacia su parte inferior. En afloramiento se encuentran, en general, muy meteorizadas (Fig. 4-11).



Figura 4-11. Pizarras carboníferas muy meteorizadas, en un afloramiento situado en el Cerrón (Castrillón), muy cercano al paso de la Autovía A-8.

En el área estudiada, el techo de la formación aparece interrumpido por una superficie de cabalgamiento, por lo que desconoce su espesor real, que, no obstante, debe situarse en torno a los 300 m. Abarcan una notable extensión en el sector occidental del área cartografiada (Fig. 4-2).

Depósitos estefanienses

Están circunscritos a un afloramiento situado en San Juan de Nieva (Fig. 4-2). Corresponden a una sedimentación de carácter continental en la que se acumulan restos vegetales que dan origen a niveles de carbón.

En toda la Zona Cantábrica, los materiales de esta edad se caracterizan por su emplazamiento en pequeñas cuencas discordantes de carácter molásico, debido a su sedimentación postorogénica.

Estas cuencas se sitúan sobre el paleorrelieve existente, apoyándose normalmente mediante un nivel conglomerático, continuando la serie con una alternancia de areniscas, pizarras y niveles de carbón. El medio de sedimentación es siempre

continental y terrígeno localizándose reducidas áreas que reciben una gran cantidad de aportes debidos al desmantelamiento de un relieve próximo, rejuvenecido por la formación de una cadena de plegamientos (Hovarth *et al.*, 1987).

En el área de estudio, los depósitos estefanienses afloran en San Juan de Nieva, presentando una elevada complejidad tectónica, al situarse entre el cabalgamiento de Nieva y la falla de Ventaniella (Fig. 4-2).

Los materiales que constituyen esta unidad son básicamente arenas gruesas de tonos pardos con intercalaciones de brechas conglomeráticas con carbón detrítico en la matriz arenosa. Está totalmente cubierta por la vegetación y Llopis Lladó (1961) le concede 15-20 m de potencia. En estos materiales se sitúa un nivel de carbón de unos 0.4 m de potencia, que fue objeto de explotación hasta 1920. Han sido datados como Estefanienses B-C (Wagner, 1966).

b) Cobertera Mesozoica

En el sector occidental de la ría (Fig. 4-2), el sustrato rocoso se caracteriza por su homogeneidad, dado que los sedimentos margo-arcillosos, correspondientes al Permotrías, ocupan una notable extensión. Únicamente en el área meridional aparece el nivel carbonatado jurásico y en zonas puntuales la unidad conglomerática-arenosa perteneciente también al Permotrías. Por el contrario, en la franja oriental predominan las calizas y los conglomerados jurásicos.

PERMOTRÍAS

Engloba a los materiales detríticos que se disponen discordantes sobre el resto de formaciones paleozoicas. Aunque el Triásico está representado en la mayor parte de la Cordillera Cantábrica por depósitos de facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper, la definición de los dos primeros es complicada en esta zona. No obstante está aceptado que la serie estratigráfica aquí presente, pertenece al Pérmico y Triásico (Wagner y Martínez García, 1982).

En la zona objeto de estudio (Fig. 4-2), estos materiales constituyen una serie de depósitos heterogéneos, que se encuentran normalmente recubiertos, y en los que, desde el punto de vista estratigráfico, se pueden diferenciar básicamente dos unidades, una conglomerática-arenosa inferior, y otra margo-arcillosa superior, asimilable habitualmente al Keuper.

Unidad Inferior

Está constituidos en la parte basal por conglomerados rojos, poligénicos, predominantemente silíceos, con notable grado de cementación y base erosiva (Fig. 4-12A y B). La parte superior está formada por areniscas cuarcíticas, que poseen a veces cantos redondeados, en bancos de 2 a 3 m alternando con capas de arcillas abigarradas.

En su conjunto, la estratificación es irregular, frecuentemente masiva y ocasionalmente aparecen niveles ferruginizados (Fig. 4-12A). Son facies que se pueden asimilar al Buntsandstein.

Esta unidad representa los sedimentos basales de la cobertera post-varisca que se apoya discordantemente sobre las formaciones devónicas y silúricas.



Figura 4-12. Aspecto de campo de los conglomerados poligénicos rojos de la Unidad Inferior del Permotrias. A) Afloramiento en la carretera del faro de San Juan de Nieva. B) Vista ampliada del talud la carretera AS-320, a la altura de El Caliero (Castrillón).

Unidad Superior

Se trata de una unidad asimilable a las facies Keuper y los términos superiores de la Formación Caravia, descrita por Martínez García (1991); está ampliamente representada en toda la comarca de Avilés (Fig. 4-2). Consiste en un conjunto de sedimentos, constituidos fundamentalmente por niveles de arcillas y limolitas rojizas, localmente de tonos verdosos y grisáceos de estructura pizarrosa y margas de análogas tonalidades, con irregular distribución entre ambos elementos y con cierta predominancia de la naturaleza arcillosa (Fig. 4-13A y B).

Con carácter más restringido, cabe reseñar la presencia de niveles de areniscas y arenas micáceas, homométricas, de grano medio y tonos pardo-rojizos o blanquecinos, a modo de intercalaciones de irregular distribución (Fig. 4-13C). Presentan un grado de cementación variable que puede llegar a ser elevado. Estas capas predominan en los tramos basales, hasta alcanzar -gradualmente- su práctica desaparición en los horizontes superiores.

En el tramo más alto de estas facies Keuper, especialmente en los niveles de tránsito a la unidad calcárea jurásica suprayacente, se detecta la presencia de yesos blanquecinos y grisáceos con morfología muy diversa (hiladas, granular o lentejonar), a los que se le ha adjudicado una edad Retiense (Triásico superior) (Martínez García et al., 1998) (Fig. 4-13D).

Por último, cabe mencionar la presencia de niveles conglomeráticos cuarcíticos de matriz heterogénea y tonalidades pardo-rojizas. Estos niveles están considerados como el límite inferior de paso hacia la denominada facies Keuper (Torres Alonso, 1985).

Martínez García (1983) diferencia una serie superior de unos 120 m, constituidos por niveles arcillosos con intercalaciones de yesos y margas rojizas; y una inferior, integrada por areniscas y arcillas de colores rojizos.

El espesor máximo de estos depósitos en esta zona se estima en unos 500 m para todo el conjunto permotriásico, a excepción de los sectores próximos al borde de la cuenca (Torres Alonso, 1985).



Figura 4-13. Aspecto de campo de la Unidad Superior del Permotrías en el entorno de Avilés. A) Afloramiento de arcillas rojizas con moteado verdoso en Zeluán (Avilés). B) Talud de la Autovía A-8 a la altura de El Vallín (Corvera). C) Detalle de un talud muy cercano, al norte de El Vallín. Se aprecia una capa areniscosa más competente. D) Afloramiento de arcillas rojizas en el borde este de la nave de ALCOA (Avilés). Los niveles blanquecinos corresponden a yesos.

JURÁSICO

Por encima de los niveles del Permotrías, mediante un tránsito gradual, se establece paulatinamente una sedimentación calcodolomítica, correspondiente al Lías (Jurásico inferior), seguida a partir de una superficie erosiva, de una potente sedimentación detrítica de carácter conglomerático correspondiente al Dogger (Jurásico superior).

Así, los depósitos jurásicos existentes dentro del área de estudio (Fig. 4-2) se presentan en dos unidades litológicas bien diferenciadas:

Unidad Carbonatada

Comprende materiales calcáreo-dolomíticos (calizas, calizas dolomíticas y dolomías), bien estratificadas, en bancos de hasta 1,5 m de espesor y tonalidades grisáceas claras y amarillentas, entre los que se intercalan esporádicamente episodios de margas grises o negruzcas, de espesores variables.

El contacto inferior de esta unidad es concordante con la unidad margo-arcillosa del Permotrías, de manera que el tránsito se realiza de una manera gradual, a través de 30-40 m de alternancias de calizas dolomíticas tableadas y arcillas rojizas.

Por encima de estos niveles se sitúa una serie calco-dolomítica de color gris claro, en bancos gruesos (Fig. 4-14A y B). Sobre estos materiales, en transición, aparecen margas grises o negruzcas, deleznales, alternando con bancos de dolomías, dolomías calcáreas y calizas de tonos amarillentos y grisáceos (Fig. 4-14B y C). Localmente a techo, puede haber brechas de colapso. Las calizas y dolomías suelen estar bien estratificadas y laminadas y, en ocasiones afectadas por una intensa karstificación (Menéndez Casares *et al.*, 2004). En su conjunto, su potencia es aproximadamente de unos 50 m.

Estos materiales corresponderían al miembro inferior y medio de la Formación Gijón de edad Rhetiense - Sinemuriense inferior (Jurásico Inferior) (González *et al.*, 2004). Según términos más antiguos pertenece al Lias margoso.

Por lo que respecta a la distribución de estos materiales en el entorno del área de estudio, se sitúan en su extremo sur-oriental (Fig. 4-2), acuñándose hacia el norte y presentando un límite de cuenca brusco por el oeste.

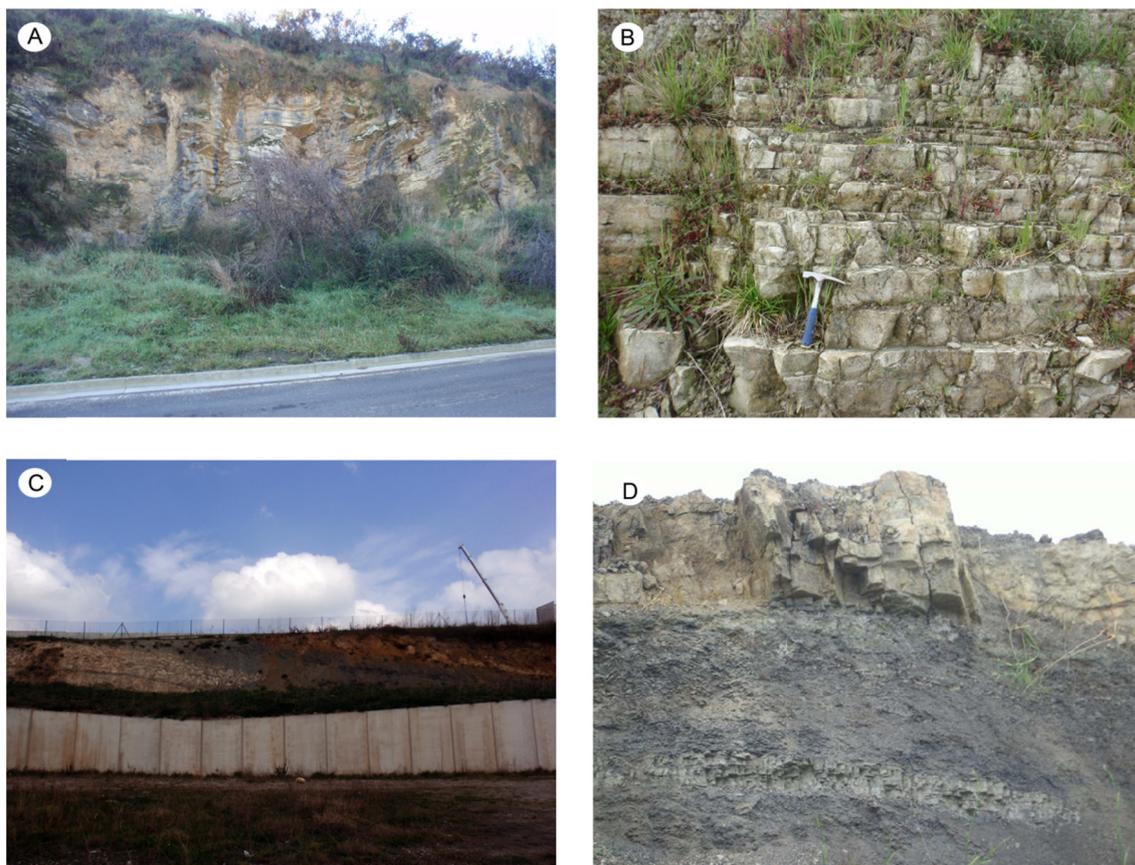


Figura 4-14. Aspecto de campo de la Unidad Carbonatada del Jurásico. A) Vista general de un afloramiento de dolomías amarillentas en las inmediaciones de la empresa ALCOA (Avilés). B) Dolomías tableadas con disposición horizontal, en un afloramiento situado en La Estrada (Avilés). C) Margas grises alternando con bancos de dolomías buzando hacia el noreste: situadas en el entorno del Parque Empresarial del Principado de Asturias (PEPA) (Avilés). D) Banco de dolomías claras sobre un estrato de margas oscuras en el PEPA. Dentro de las margas se pueden apreciar intercalaciones de pequeñas capas dolomíticas.

Unidad Conglomerática

Por encima de los niveles calco dolomíticos anteriores se sitúa una formación detrítica de carácter transgresivo, base erosiva y apoyo suavemente disconforme sobre los depósitos infrayacentes.

Estos materiales, conocidos coloquialmente como “Piedra Fabuda”, están constituidos por un conglomerado de cantos bien rodados mayoritariamente cuarcíticos (95%) junto a otros de naturaleza diversa (arenisca, pizarra, lidita), con centiles comprendidos entre 10 y 25 cm y valores moda de tres a seis centímetros (Fig. 4-15).

Presentan una matriz arenosa, menor del 15% (ortoconglomerado), de grano medio, con óxidos de Fe y en menor proporción (<5% de la matriz), existe una fracción limo arcillosa. Generalmente es poco compacta y muestra tonos blanquecinos.



Figura 4-15. Aspecto de campo de la Unidad Conglomerática del Jurásico en la carretera Avilés-Verdicio (AS-328), en las inmediaciones de la Cantera de “El Estrellín”. A la izquierda perspectiva general del conglomerado recubierto por depósitos gravitacionales. A la derecha, vista ampliada ortoconglomerado silíceo.

Los conglomerados muestran cicatrices erosivas y estratificaciones cruzadas curvadas de media escala y localmente muestran intercalaciones irregulares de arenas, a veces bastante compactas, relacionados con rellenos de canales (Sánchez de la Torre y Barba Regidor, 1981). El grado de cementación es normalmente reducido, aunque en algunos puntos pueda ser elevado debido a la presencia de costras ferruginosas.

Al este de la ría de Avilés esta unidad conglomerática se dispone directamente sobre el Permotriás (Fig. 4-16A y B), mientras que al oeste se apoyan principalmente sobre los niveles carbonatados del Jurásico inferior (Fig. 4-2). El contacto con las unidades infrayacentes es por medio de una discordancia angular de bajo ángulo (entre 5 y 10°).

El espesor de estos materiales es variable, llegando a alcanzar en algunos puntos a los 100 m, atribuyéndose su edad al Kimmeridgiense inferior o Dogger (Jurásico superior) (Menéndez Casares *et al.*, 2004).



Figura 4-16. A) Niveles rojos del Permotriás cubiertos por el conglomerado silíceo de la “Piedra Fabuda”, en un afloramiento situado muy próximo al borde oeste de la playa de Salinas. B) Vista ampliada, en donde se aprecia el contacto discordante, en un afloramiento situado en la N-632 a la altura de Salinas.

Depósitos superficiales

Sobre el sustrato rocoso, de forma discordante, aparecen distintos tipos de depósitos tanto de carácter antrópico, como de origen natural (residuales, aluviales, etc.), que se describen a continuación:

a) Rellenos antrópicos

En el área de estudio estos niveles cobran extraordinaria importancia, dada la notable intensidad de las actuaciones humanas, con el relleno de marismas, ampliación de muelles, construcciones diversas, etc. Ello lleva a considerarlos, tras los depósitos cuaternarios de origen natural, como otra formación más.

Existen dos tipos principales de rellenos de carácter antrópico:

- Rellenos heterogéneos
- Escombreras de escorias de alto horno.

Rellenos heterogéneos

Se trata de acumulaciones de materiales de diversa procedencias: excavaciones, restos siderúrgicos, rellenos de viales y obras de edificación, escorias y cenizas, residuos sólidos urbanos, etc. Dependiendo principalmente su naturaleza y

características del entorno en donde se encuentran ubicados, puesto que influye de modo decisivo su cercanía a excavaciones, antiguas factorías industriales, proximidad a antiguas canteras, etc. Su principal característica es precisamente la diversidad y heterogeneidad de sus constituyentes.

Acumulaciones importantes de este tipo de depósitos son las relacionadas con el asentamiento de importantes polígonos industriales e industrias extractivas: AZSA (Asturiana de Zinc, S.A.), SAINT GOBAIN (antigua Cristalería Española), Polígono de Maqua, ALCOA (antigua ENDASA) (Fig. 4-2). Sin embargo, son los suelos que sirvieron de base a las instalaciones de la antigua Empresa Nacional Siderúrgica (ENSIDESA) en su Factoría de Avilés (actualmente Arcelor-Mittal), los que ocupan una mayor extensión. Ubicados principalmente en el margen derecho de la ría, son el resultado del relleno y explanación de la zona de marismas, efectuado a principios de la década de 1950. Los materiales utilizados fueron principalmente arenas y limos extraídos del fondo de la ría, además de tierras y rocas procedentes de excavaciones próximas. En general, se trata de un relleno heterogéneo de 2 a 3 m de potencia.

Como se indicó anteriormente, la composición de los rellenos artificiales es muy variable e incluyen localmente escorias de alto horno, tal como ocurre en los rellenos situados en el Polígono Industrial de Macua (zona de implantación de la actual estación depuradora) (Fig. 4-2). También forman parte de los rellenos algunas áreas de la factoría de Arcelor-Mittal.

Con carácter puntual, estas escorias presentan cementaciones (por procesos químicos complejos) posteriores a su acumulación, lo que les confiere una notable rigidez y consistencia.

La estructura interna de este material es mayoritariamente caótica, exceptuando algunas áreas de la factoría, en donde puede presentar una pseudoestratificación en capas con una cierta continuidad.

Escombreras de escorias de alto horno

Se trata de acumulaciones de materiales procedentes de fábricas de siderurgia integral que se desarrollaron su actividad en la zona en el pasado, o en la actualidad, y

que corresponden a los materiales conocidos como “escorias de alto horno”. Se trata del subproducto obtenido en la fabricación del “arrabio” (materia prima para la fabricación del acero). Según la técnica de enfriamiento a la que es sometida la escoria, se consiguen materiales de diferentes características. Lo más frecuente es que se presenten junto con horizontes fangosos y tierras arcillosas.

En cualquier caso, en el área de estudio este tipo de depósito no goza de una importancia comparable al resto de suelos puesto que tiene un carácter muy restringido, localizándose pequeñas acumulaciones en el margen derecho de la ría, al norte de las antiguas instalaciones de ENSIDESA.

b) Depósitos cuaternarios

A continuación se describen los siete tipos de depósitos, clasificados desde un punto de vista genético: depósitos de ría, depósitos de marismas, depósitos aluviales, depósitos residuales *in situ*, depósitos costeros, depósitos torrenciales y depósitos de origen gravitacional.

Depósitos de ría

Se corresponden con el dominio de la ría de Avilés y presentan una amplia distribución en el área de estudio (Fig. 4-2). Están interconectados con las áreas limítrofes de las marismas de Macua y de Las Huelgas, actualmente ocupadas por la factoría de Arcelor-Mittal en el tramo final de la propia ría.

Estos depósitos están compuestos esencialmente por arenas y arenas arcillosas (con contenidos variables en materia orgánica) dispuestos en horizontes de notable potencia. Se diferencian dos niveles principales, uno de arenas amarillentas y otro de arenas grises (Fig 4-17A). En estos niveles se intercalan localmente horizontes de arcillas negras con materia orgánica diseminada, relacionados con antiguas zonas de marismas y tramos con gravas y gravillas de irregular distribución (Fig. 4-17B).



Figura 4-17. Aspecto de los depósitos de ría en un sondeo realizado en la Fase I del nuevo muelle de Avilés (Este de la ría). A) Arenas finas de color beige. B) Arenas finas de color beige con gravillas y gravas cuarcíticas.

Los niveles de gravas alcanzan en ocasiones grandes espesores, como sucede en el entorno del río Raíces, no siendo posible establecer si se trata de un depósito de ría originado a expensas de los depósitos del Dogger o bien se trata de la alteración *in situ* de esta última formación.

El espesor de este conjunto de sedimentos fluctúa a lo largo del eje de la ría, presentando un mínimo en la zona de cabecera (10-12 m) y un máximo (30 m) en el área de desembocadura.

El contacto de estas acumulaciones con el sustrato rocoso infrayacente es de tipo discordante y se caracteriza por importantes cambios de facies, tanto lateralmente como en profundidad, dado el carácter lenticular de los niveles de gravas. Este tipo de estructura de los materiales se debe a la influencia durante su depósito de las acciones de las corrientes, superficies mareales, actividad de organismos marinos, sucediéndose en cada lugar fases de erosión y de acumulación temporal o estabilización definitiva de los sedimentos.

Depósitos de marismas

Ocupan importantes zonas en el conjunto del área de estudio (Fig. 4-2), destacando los correspondientes a las ya citadas marismas de Las Huelgas (zona inmediata a la parte terminal de la ría de Avilés), ocupando las instalaciones de la antigua ENSIDESA y buena parte de los talleres de laminación. Es destacable también el dominio de las marismas de Macua, ocupadas actualmente por la Estación de Aguas Residuales (E.D.A.R).

Además de las ya citadas, existen otras pequeñas marismas, actualmente ocupadas por las instalaciones industriales de ALCOA, el vertedero de El Estrellín y la planta de tratamiento de escorias.

Los depósitos de las marismas de Las Huelgas están constituidos esencialmente por fangos con materia orgánica y horizontes de fangos arenosos; en su tramo basal se encuentra un pequeño lecho (1,5 m de espesor máximo) de gravas embebidas en una matriz arcillo-arenosa. Los depósitos presentan espesores que fluctúan entre 3 y 7 m de potencia en la marisma de Las Huelgas y superiores a 5 metros en el valle de El Estrellín.

Las marismas del polígono de Macua están formadas por una alternancia irregular de niveles de fangos, con un cierto contenido orgánico, y arenas de granulometría fina a media, con una cierta fracción arcillosa. El espesor total de estos depósitos oscila entre 15 y 20 m.

En ambos casos –Las Huelgas y Macua-, los sedimentos se caracterizan por los fuertes cambios laterales, tanto de facies como de espesor. Dada su morfología lenticular, es relativamente frecuente la desaparición lateral de algunos horizontes.

Depósitos aluviales

Están circunscritos a los cauces existentes en el dominio sur de la ría de Avilés, adquiriendo la mayor importancia en la desembocadura de los ríos Alvares, Arlós y Magdalena (Fig. 4-2).

Están constituidos esencialmente por gravas y arenas, con intercalaciones limosas-arcillosas de irregular distribución, siendo frecuentes los cambios espaciales en la

composición. Estos materiales corresponden a antiguas llanuras de inundación que tapizan los suelos originados por el sistema fluvial (gravas y arenas características de los depósitos de fondo de canal y de barras de canal) (Fig. 4-18).

Dada su situación en el área de estudio, estos materiales se entremezclan con los depósitos de ría, y con los de origen antrópico. En zonas alejadas del entorno de la ría la localización de estos depósitos coincide con los fondos de valle, de topografía plana adyacentes a los cauces actuales.

La potencia de estos depósitos oscila entre los 4 y los 9 m. Presentan un límite inferior condicionado por la naturaleza del sustrato rocoso que excavaron los ríos, y en forma de paleorelieve irregular en función de la litología de los materiales atravesados.

Dentro de este grupo de depósitos se incluyen los suelos aluviales antiguos (terrazas) que están asociados a los ríos Raíces y Magdalena (Fig. 4-2). Debido a la escasa energía de estos cursos de agua, en general están constituidos por arcillas moderadamente firmes, con cantidades variables de arena y grava, e intercalaciones de arenas de compacidad floja. El espesor es inferior a 5 m.

Otro tipo de recubrimientos que se incluyen en este apartado son los suelos asociados a abanicos aluviales, con una incidencia mínima en el área de estudio. El único afloramiento se localiza al sur del Embalse de Trasona (Fig. 4-2), ubicado a la salida de un valle. Están constituidos por arcillas marrones con algo de arena y grava angulosa de naturaleza cuarcítica. La morfología resultante tiene pendientes muy suaves y el espesor es de unos 7 m.

En numerosas ocasiones, los materiales de origen gravitacional llegan a cubrir el fondo de vaguadas en las que no se ha desarrollado una llanura aluvial, pero que tienen un cierto aporte aluvial, por lo que en realidad se trataría de suelos de origen mixto aluvial-coluvial que contienen cantos angulosos y redondeados. Debido a su reducida extensión y espesor, tienen reducida importancia en el área de estudio.



Figura 4-18. Gravas y arenas de grano fino a medios presentes en el río Raíces en las proximidades de Raíces (Avilés).

Depósitos residuales

Su presencia se constata preferentemente en el extremo meridional del área de estudio y en las áreas deprimidas de la ría de Avilés, en su margen izquierdo, configurando retazos de morfología irregular (Fig. 4-2). En general, son acumulaciones de arcillas originadas por la alteración del sustrato rocoso jurásico y permotriásico.

Dentro de estos depósitos arcillosos cabe distinguir dos unidades bien diferenciadas en cuanto a su génesis: i) las correspondientes a la decalcificación de las unidades calcáreo-dolomíticas jurásicas y ii) la alteración de los niveles margo-arcillosos de edad Permotriásica.

Las primeras consisten en acumulaciones de arcillas -localmente limosas- de tonalidad pardo-amarillenta que engloban abundantes nódulos o tinciones de hierro (Fig. 4-19). En la parte basal se encuentran fragmentos carbonatados angulosos englobados en una matriz arcillosa. Su génesis está relacionada con fenómenos de tipo residual fosilizando el paleorrelieve desarrollado sobre las calizas dolomíticas jurásicas (Torres Alonso, 1986). Desde el punto de vista estructural, los niveles arcillosos cubren dicho sustrato de forma irregular y disconforme. Muestran una potencia variable, alcanzando valores máximos del orden de los 7 m.



Figura 4-19. Aspecto de los depósitos residuales en un sondeo realizado en las inmediaciones del Parque Empresarial del Principado de Asturias (PEPA) (Avilés), Aparecen arcillas de color pardo-amarillento (hasta los 3 m) sobre el sustrato rocoso dolomítico.

La meteorización de los niveles margo-arcillosos de tonos rojizos preferentemente, correspondientes a las facies Keuper, produce depósitos arcillosos de tonos ocres y grisáceos (Fig. 4-20).

Estos depósitos pueden presentar distribuciones heterogéneas, con predominancia de los ya mencionados niveles arcillosos y otros de tipo granular, que se disponen tapizando niveles infrayacentes o formando intercalaciones de carácter irregular (Fig. 4-21), tanto lateralmente como en profundidad, y tienen su origen en la disgregación de los niveles de conglomerados jurásicos del Dogger y su posterior transporte por mecanismos de arrastre gravitacional.



Figura 4-20. Aspecto de los depósitos residuales en un sondeo realizado en la Fase I del nuevo muelle de Avilés (sector oriental de la ría).

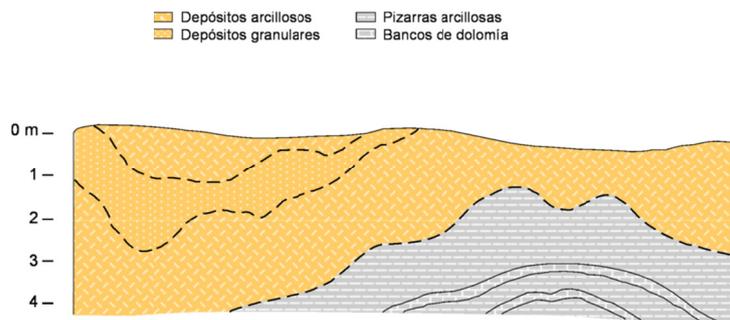


Figura 4-21. Esquema idealizado de la geometría y distribución de los depósitos residuales sobre el sustrato rocoso, que en este caso está constituido por unas pizarras arcillosas con intercalaciones de dolomías (transición Jurásico-Permotrias). (Modificada de Torres Alonso, 1986).

Depósitos litorales

Se han agrupado bajo esta denominación los depósitos asociados a la franja costera, esencialmente depósitos de playa y dunares. La distribución de estos materiales se localiza en la zona septentrional del área de estudio (Fig. 4-2), formando parte del complejo de desembocadura del estuario, constituyendo la barrera arenosa confinante (sistema de playas y dunas) (López Peláez y Flor, 2008). Se localizan también en las inmediaciones de la playa de Xagó y se disponen paralelamente respecto a ésta.

Los materiales que constituyen estos depósitos son mayoritariamente arenosos con acumulaciones de arenas de tamaños que varían de finos a medios y con acumulaciones de conchas de moluscos en los depósitos de playa, y niveles de arenas amarillentas bien calibradas de medias a gruesas ligadas a clasificación eólica en los depósitos dunares (Fig. 22).



Figura 4-22. Aspecto de los depósitos dunares del Espartal.

Depósitos torrenciales

Dentro de este apartado se describen los suelos de origen continental mayoritariamente (aunque pueden ser de procedencia mixta, marina-continental), depositados sobre la superficie de rasa. Son materiales procedentes de la denudación de los relieves montañosos situados al Sur, sedimentados en un medio formado por múltiples sistemas de abanicos aluviales-torrenciales coalescentes, y por arroyadas de manto, que dan lugar a una superficie plana que va perdiendo inclinación a medida que se aproxima a la línea de costa, hasta imbricarse con los depósitos marinos que cubren la superficie de la rasa, encontrándose en esta zona retocados por la dinámica marina.

Los materiales de este tipo se encuentran localizados cubriendo dos áreas diferenciadas caracterizadas por ser superficies relativamente planas: Una de gran extensión al oeste de Avilés y otra de dimensiones más reducidas al sur (Fig. 4-2).

Están constituidos por una alternancia de gravas y bolos angulosos, con bastante matriz arenosa o arcillosa (Fig. 4-23). En ocasiones se encuentran débilmente cementados y son frecuentes los niveles decimétricos de arenas blancas con proporciones variables de arcilla y gravas, y de arcillas marrones plásticas con indicios de arena. El espesor estimado de este recubrimiento oscila entre 6 y 15 m.



Figura 4-23. Aspecto de los depósitos torrenciales en un afloramiento situado en Miranda (Avilés).

Depósitos coluvionares

Los coluviones están generalmente constituidos por una mezcla de cantos, gravas y una matriz limo-arcillosa, con una distribución caótica, si bien su naturaleza variará en función de su localización. Así, variará el porcentaje de gravas, arenas, etc.; por ejemplo, en zonas en las que en la parte superior se encuentran capas conglomeráticas, existe un porcentaje de cantos importante, que se incorporaron al coluvión mediante procesos gravitacionales (Fig. 4-24).



Figura 4-24. Depósito coluvial constituido por cantos redondeados y subredondeados, en un afloramiento situado en la carretera Avilés-Verdicio (AS-328), en las inmediaciones de la Cantera de “El Estrellín. El depósito gravitacional (color oscuro) procede de la erosión de los conglomerados jurásicos situados en las partes altas de las laderas y depositados sobre ellos mismos (tonos más claros) en zonas más bajas.

La distribución de los coluviones se localiza en las partes bajas de algunas laderas. La mayor parte de estos depósitos se extienden en el margen derecho de la ría, si bien son los presentes en las pendientes adyacentes a los depósitos de ría los que gozan de mayor importancia. En el margen izquierdo de la ría existen acumulaciones de carácter

más puntual, en laderas de pequeños valles como es el caso de los presentes en la Variante de Avilés en las inmediaciones del Coto Carcedo o a lo largo de los ríos Magdalena y Arlós (Fig. 4-2). Estos materiales alcanzan potencias variables, si bien son depósitos gravitacionales de carácter superficial con una potencia que se evalúa entre 1 y 3 m.

A menudo su identificación resulta complicada ante la aparición de cantos redondeados y subredondeados procedentes bien de los depósitos de torrenciales y/o erosionados de los conglomerados jurásicos (Fig. 4-24).

V. ESTRUCTURA

Como se indicó anteriormente, desde el punto de vista tectónico se puede diferenciar la deformación varisca, que corresponde principalmente a una tectónica de plegamiento, excepto en sus últimas fases, y la tectónica de fallas desarrollada durante a partir del Mesozoico.

La estructura varisca de la zona, desarrollada en diversas etapas de deformación, responde fundamentalmente a una serie de pliegues con traza axial orientada en dirección NE-SO, derechos o vergentes al Este, a los que con frecuencia se asocian cabalgamientos dirigidos en el mismo sentido. Esta estructura afecta a los materiales paleozoicos.

La deformación post-varisca está asociada, principalmente, a la apertura y posterior rejuego de dos sistemas de fracturación: el NO-SE y el NE-SO que afectan al basamento paleozoico y a la cobertera.

Deformación varisca

En la parte occidental del área de estudio, donde se localiza la parte alta de la serie paleozoica reconocida, la estructura general corresponde a una serie de afloramientos estructurados en dirección NE-SO y buzamientos predominantes al NO y limitados en ocasiones por superficies de cabalgamientos.

Las Areniscas del Naranco aparecen fuertemente plegadas y con buzamientos medios-altos predominantes hacia el NE (30°-60°). Mediante un cabalgamiento pone en contacto esta formación con las Areniscas de Candás, que, a su vez, cabalgan sobre las pizarras carboníferas (Fig.5-1).

Al este de este cabalgamiento, la serie paleozoica se encuentra en posición normal, con direcciones NE-SO y buzamientos de valor medio (35-55°). Dentro del Grupo Rañeces aparecen una serie de pliegues con ejes paralelos a la estructura principal de la zona, que explican la gran superficie de afloramiento que presenta esta formación. La Formación Furada, al igual que el Grupo Rañeces, se encuentra muy replegada (Fig. 5-1)

En el sector suroriental del área de estudio, existen dos cabalgamientos: uno de dirección aproximada E-O que pone en contacto las Cuarcitas de Barrios con la Formación Furada. Al Sur, se desarrolla otro de dirección NE-SO, con un trazado paralelo al valle, que en la parte meridional discurre en el interior de la Formación Formigoso y hacia el norte discurre a través del contacto con las Cuarcitas de Barrios.

El conocimiento de la estructura en la parte septentrional del mapa resulta complicado debido a la escasez de afloramientos y la influencia de la tectónica Alpina en ella.

Deformación post-varisca

No se puede afirmar que las fallas del sistema NE-SO se hayan desarrollado en la misma fase de deformación. La estructura más significativa es el denominado cabalgamiento de Nieva que afecta esencialmente a los materiales paleozoicos del extremo norte de la zona de estudio. Se trata de una falla muy tendida que sitúa el Devónico sobre el Estefaniense y que es intersectada en su extremo occidental por la falla de Ventaniella (Fig. 4-2). La edad del cabalgamiento sería post-estefaniense.

Existen otras fracturas menos importantes y más tardías de dirección NE-SO localizadas situadas al sur de la anteriormente descrita. Afectan, por lo menos, a la cobertera mesozoica y tienen una superficie próxima a la vertical. (Fig. 4-22).

En las inmediaciones de la localidad de La Carrionina se puede deducir la existencia de una falla de trazado E-O, y con disposición más o menos vertical. Pondría en contacto el Permotriás y el basamento paleozoico.

El sistema más importante dentro de estas estructuras más modernas, originadas durante el Mesozoico y Terciario, lleva una dirección NO-SE y está representado especialmente por la falla de Ventaniella. Se trata de un accidente que corta toda la Zona Cantábrica, produciendo un desplazamiento inverso oblicuo, de carácter dextrógiro con ligera elevación del bloque norte (Fig. 5-1).

Su primer movimiento se ha considerado que podría ser de edad pérmica o triásica, pero la falla ha continuado su actividad con posterioridad (Julivert *et al.*, 1971). Actualmente, existe una sismicidad de carácter persistente aunque de baja magnitud, claramente alineada con esta estructura (López Fernández *et al.*, 2004; López-

Fernández, 2007), que en el sector más cercano se sitúa sobre el denominado Cañón submarino de Avilés.

Esta falla presenta un trazado rectilíneo cortando muy netamente todas las estructuras variscas y afecta al área de estudio en tramo final, presentando un cambio de rumbo en la zona de la Península de Nieva, donde adopta una orientación E-O, probablemente relacionado con su intersección con el cabalgamiento de Nieva. Este quiebro que muestra la falla, viene representado por el trazado de la ría en esta zona (E-O). Posteriormente vuelve a adquirir la dirección NO-SE y se adentra en la plataforma marina. En su prolongación se desarrolla el citado Cañón de Avilés (Fig. 4-2).

En la zona de estudio, esta estructura presenta una amplia banda de deformación, de aproximadamente 40 m, en la que se produce una mezcla tectónica de los materiales afectados, creándose un pasillo de debilidad, posteriormente aprovechado por la erosión.

Otra fractura importante es la localizada en el sector suroriental, de trazado curvo, aunque presenta una dirección predominante NE-SO. Afecta también al zócalo paleozoico y pone en contacto el Permotriás con la serie paleozoica (Fig. 5-1).

Dentro de la deformación post-varisca la evolución tectónica de la zona estuvo marcada por la fragmentación en bloques con manifestación de elevaciones y depresiones (sistema de horst y fosas), configurándose la fosa de Avilés (Llopis Lladó, 1968). Esta fosa fue rellenada por una sucesión de materiales que abarca desde el Pérmico al Jurásico medio ejerciendo un control litológico en la excavación del vaso estuarino.

La dinámica cuaternaria de la zona, originó un levantamiento de las superficies de rotura, mediante una serie de fracturas paralelas a la costa actual y el hundimiento de la fosa de Avilés con la consiguiente apertura de un medio transicional estuarino.

La cobertera mesozoica se dispone de forma subhorizontal (pseudotabular), con buzamientos que oscilan habitualmente entre los 5° y 20°, configurando pliegues muy laxos (Fig. 5-1 y 5-2). La unidad conglomerática del Jurásico superior se apoya por medio de una discordancia angular de bajo ángulo (entre 5° y 10°) sobre los depósitos infrayacentes (Permotriás y Jurásico inferior) y representa un paquete de materiales con buzamientos entre 0° y 15° (Fig. 5-2).

La unidad carbonatada también se presenta con una disposición subhorizontal, con buzamientos que oscilan entre 0° y 20°. Se apoya concordantemente sobre los materiales del Permotriás (Fig. 5-2). El límite superior con los conglomerados cuarcíticos es irregular, observándose entre ambos una pequeña disconformidad, además de la discordancia ya mencionada.

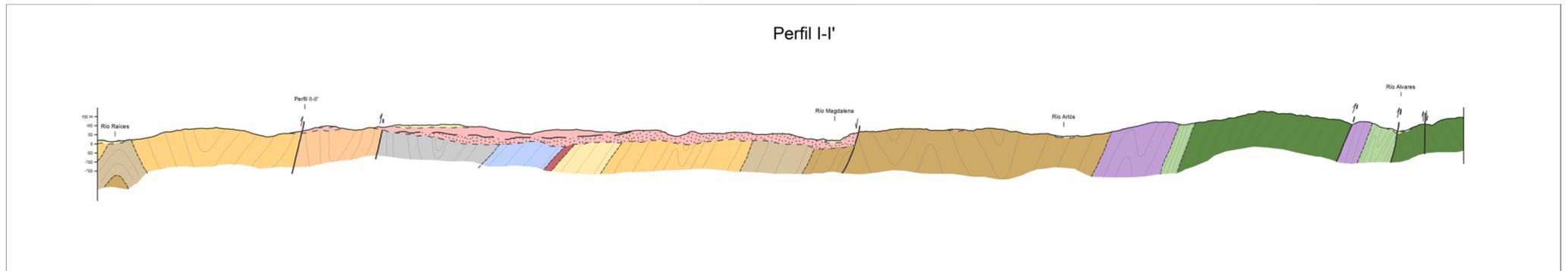


Figura 5-1. Corte geológico I-I'.

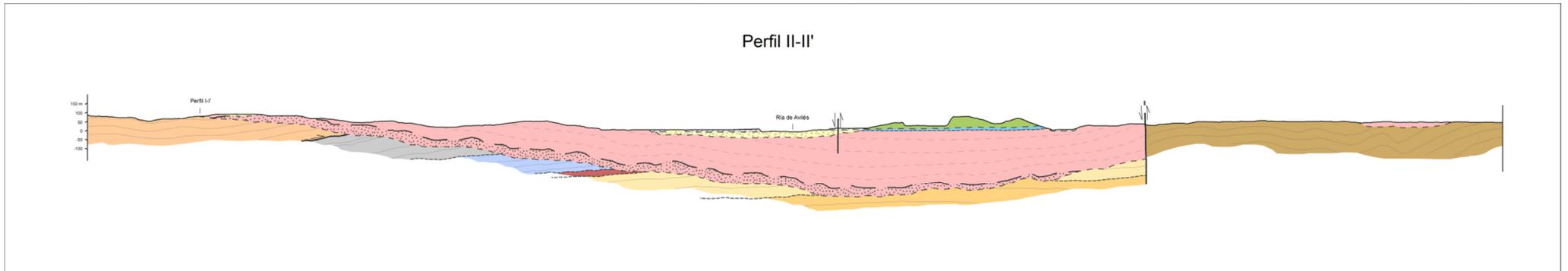


Figura 5-2. Corte geológico II-II'.

VI. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

En este apartado se describen las características geotécnicas generales de las grandes unidades diferenciadas en la zona de estudio, incidiendo de modo especial en los depósitos superficiales. Para ello, se ha recopilado un importante número de informes geotécnicos que contienen numerosos estudios de prospección del terreno, así como ensayos *in situ* y de laboratorio.

Se cuenta con la información proporcionada por un amplio número de ensayos de identificación y mecánicos, análisis de aguas y ensayos de permeabilidad, realizados sobre un conjunto de muestras recogidas en las distintas campañas previas de prospección del terreno.

Depósitos superficiales

a) Rellenos antrópicos

Sus las características geotécnicas, como es lógico, están determinadas por su naturaleza y procedencia; siendo necesario considerar, asimismo, como se llevó a cabo su acumulación, extendido y, en su caso, compactación.

En general, se trata de materiales muy heterogéneos, con una estructura muy porosa, llegando a constituir acuíferos libres. Su capacidad portante es muy reducida, siendo frecuentes en ellos los fenómenos de asiento e incluso de colapso.

Son materiales, generalmente, de fácil excavabilidad mediante medios mecánicos excepto en los casos en donde las escorias llegan a formar placas rígidas. A efectos de poder ser utilizados como material de préstamo suelen ser clasificados como “suelos inadecuados”.

La estabilidad de los taludes que se puedan crear en estos materiales es bastante precaria para alturas superiores a 2 m, máxime si se encuentran afectados en alguna medida por el nivel freático.

Los rellenos de tipo escombros y residuos sólidos urbanos se caracterizan por su heterogeneidad y muy deficientes condiciones geotécnicas.

Los residuos siderúrgicos son en general más consistentes, ya que poseen un cierto grado de cementación y compacidad. Estos pueden presentar una pseudoestratificación con buzamientos variables definida por capas con diferente granulometría y composición. Se podrían encuadrar dentro del grupo GP de la clasificación S.U.C.S con un ángulo de rozamiento interno de 38-40°. Así mismo, estos materiales pueden modificar la composición química de las aguas, pudiendo convertirlas en agresivas.

b) Depósitos cuaternarios

Depósitos de ría

Desde un punto de vista hidrogeológico, se trata de una unidad caracterizada por su elevada permeabilidad, lo que unido a su contacto directo con el cauce actual de la ría hace que constituyan un acuífero freático libre, prácticamente saturado y cuyo nivel freático está íntimamente relacionado con oscilaciones mareales.

Son materiales excavables fácilmente mediante medios mecánicos convencionales. Su excavación subterránea precisa el empleo de medios mecanizados especiales (escudos cerrados, etc.). Si se realizaran excavaciones desde la superficie, la estabilidad de los taludes requiere entibación continua, bien sea previa o simultánea a la excavación, de modo especial bajo el nivel freático.

Como elemento de apoyo para posibles cimentaciones, su capacidad portante es bastante reducida dado su carácter incoherente, su elevado grado de saturación y la posible creación de fenómenos de subsidencia al seccionar los niveles de fangos intercalados entre las arenas.

Depósitos de marismas

Se trata, al igual que los anteriores, de materiales con muy deficientes

características geotécnicas, mostrando reducidos valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno. Asimismo, aparecen generalmente saturados en agua.

Su comportamiento como elemento de apoyo es deficiente, siendo análogo al expuesto para los depósitos de ría, pero con una problemática si cabe aún más acusada.

En materiales fácilmente excavables superficialmente con medios mecánicos. La excavación subterránea requerirá el empleo de escudos especiales dada la previsible aparición de fenómenos de fluencia hacia el interior del frente de excavación.

En el caso de excavaciones superficiales, los taludes requerirán entibaciones previas a su inicio.

Depósitos aluviales

Se trata de una unidad dotada de una elevada permeabilidad, exceptuando los niveles arcillosos prácticamente impermeables. Los poros que existen entre los granos se encuentran prácticamente saturados por aguas subálveas.

Son materiales excavables con medios mecánicos y que requerirán entibación en la creación de zanjas donde no es previsible el empleo de tablestacas de hinca, por la presencia de gravas. Los niveles de gravas pueden presentar un problema añadido, en el caso de excavaciones subterráneas con escudo dado la dificultad de su extracción.

Como nivel de soporte (aunque reducida) es mejor que la de los casos anteriores (depósitos de ría y de marismas). No obstante, los niveles arcillosos del tramo inicial pueden dar lugar a deformaciones de cierta entidad, mediante asientos casi instantáneos, ligados a fenómenos de compresibilidad.

Se consideran estables taludes 1H/1V en zonas por encima del nivel freático. En presencia de agua son muy inestables, siendo necesarias medidas de contención.

Se pueden clasificar para su uso en terraplenes como suelo suelos inadecuados en un 50% y tolerables en el otro 50%, aproximadamente.

Depósitos de residuales

A continuación se muestran las características geotécnicas de los niveles granulares y arcillosos por separado.

Para los materiales granulares la capacidad de carga es media, del orden de 2 a 3,5 kg/cm², sin que sea previsible la aparición de asientos significativos.

La estabilidad de los taludes creados en estos materiales no plantean problemas; pudiendo alcanzar la verticalidad, dada su restringida altura máxima.

Los depósitos residuales granulares, en general, son suelos de notable calidad como cimiento natural de calzada y que puede hacer las veces de una buena subbase granular.

Sobre los materiales de arcillosos de origen eluvial correspondientes al borde meridional de las antiguas instalaciones de ENSIDESA, de similares características al resto de depósitos de la zona de estudio, se realizaron diversos ensayos de identificación y de determinación de sus características geotécnicas, de los cuales se concluyen sus características generales.

A efectos de cimientos, estos materiales arcillosos son susceptibles a los procesos de consolidación, pudiendo dar lugar a la creación de importantes asientos diferenciales. Para cimentaciones superficiales livianas, su capacidad portante es reducida, del orden de 0,8 a 1,2 Kg/cm², con la posibilidad de aparición de asientos. En el caso de cimentaciones singulares es recomendable su ejecución directamente sobre el substrato rocoso.

La estabilidad de los taludes creados en estos materiales presenta deficiencias localizadas en forma de deslizamientos superficiales. Se aconsejan taludes de 3/2 a 1/1 como máximo; siendo fundamental el adoptar medidas de drenaje, consolidación, saneamiento y contención.

Son suelos con deficiencias como cimiento natural de calzada. Siendo aconsejable una especial atención al dimensionamiento del firme.

Se consideran no recomendables para su aprovechamiento en la constitución de terraplenes controlados. En base a la impermeabilidad de estos sedimentos se consideran aptos para la construcción de núcleos impermeables en presas de tierras y en

labores de impermeabilización en general. Así mismo, son aprovechables como materia prima en la fabricación de productos cerámicos de baja calidad.

Depósitos litorales

Se caracterizan por su uniformidad, tanto de composición (arenas), como de distribución granulométrica (arenas finas en las dunas y medias en las playas). Contienen abundante materia orgánica y carbonatos.

Hidrogeológicamente se caracterizan por una elevadísima permeabilidad y, dada su conexión directa con el mar, se encuentran saturados por debajo del nivel del mar, con las correspondientes oscilaciones del nivel freático relacionadas con el movimiento mareal.

Desde el punto de vista geotécnico, muestran una total incoherencia y la consistencia es blanda a muy blanda. Pueden presentar encostramientos por la cementación de carbonatos.

La capacidad portante es muy reducida y su principal característica es su alta compresibilidad. Los depósitos de dunas tienen, asimismo, un carácter inestable debido a su movilidad.

Depósitos torrenciales

Es característico de esta formación el que presenta acuíferos colgados en arenas, que suponen una afluencia de agua si son interceptados por excavaciones.

Son materiales de compacidad y consistencia firmes y fácilmente excavables por medios mecánicos.

Se consideran estables taludes 2,5:1 con alturas de más de 20 m y 3:2 de menos de 10 m. Se pueden producir pequeños deslizamientos, por la surgencia de agua en los niveles más arenosos y reblandecimiento del pie. Para este problema se requieren pequeños contrafuertes de escollera filtrante.

Como elemento de apoyo para posibles cimentaciones, la capacidad portante de este terreno es bastante reducida en base a su carácter incoherente.

Desde el punto de vista de utilización de materiales, dada la elevada humedad natural y climatología de la zona, los productos de excavación deberán llevarse a vertedero. Sólo en las zonas con claro predominio de la fracción gruesa, los productos de excavación pueden utilizarse tanto en rellenos como en coronación de explanadas.

Depósitos coluvionares

Este tipo de depósitos presenta unas características diferenciadas en función del lugar donde se desarrollen. En general, suelen estar compuestos por cantos y gravas angulosos embebidos en una matriz arenosa y limosa. Destaca en ellos su mínima o nula cohesión y su elevada permeabilidad.

En general, son fácilmente excavables con mecánicos de baja potencia, y permiten taludes de reducida altura y pendiente no superior a 1H/1V.

Como elemento de fundación presentan una reducida capacidad portante siendo únicamente recomendables como nivel de apoyo de construcciones de pequeña entidad.

Sustrato rocoso

En este apartado se abarcan las características geotécnicas del sustrato rocoso presente en el área de estudio, incidiendo principalmente en la Cobertera Mesozoica, que es el objetivo de este trabajo.

a) Basamento Paleozoico

Las litologías predominantes del sustrato de esta zona son alternancias de areniscas, lutitas, pizarras y calizas. Al suroeste de Avilés, aparece un importante espesor de calizas (Caliza de Montaña) y, al sureste, las denominadas Cuarcitas de Barrios.

Las características geotécnicas dependerán del tipo de litología, de su espesor, de la disposición estructural de los mismos, etc. El grado de alteración de las rocas reduce los valores de los distintos parámetros geotécnicos, afectando esto, por ejemplo, a la capacidad portante y a la estabilidad de taludes, excavaciones, etc.

La circulación de agua en estos materiales es básicamente de tipo fisural.

En general, son unos materiales con una capacidad portante que varía según la litología oscilando entre media-baja (limolitas/lutitas) y alta-muy alta (areniscas y calizas).

Son materiales excavables con sistemas mixtos escarificación-explosivos y explosivos-medios mecánicos.

Los taludes dependerán en gran medida de la configuración estructural de las diferentes litologías, además de la propia entidad del talud. En general, en condiciones favorables puede llegarse a taludes relativamente verticalizados (1:3) intercalando bermas si se alcanzan alturas importantes; si bien, problemas puntuales requerirán disminuir la pendiente del talud o recurrir a determinados tratamientos (gunitados, mallas, etc.).

Las obras subterráneas presentan una mayor complejidad técnica, con una problemática específica. La perforación de litologías como areniscas, calizas, limolitas, lutitas, etc., se puede efectuar utilizando minadores, explosivos, y técnicas mixtas. El uso de topos requiere estudios previos de abrasividad, etc.

La configuración estructural del macizo será la que determine al final los problemas que se van a presentar a lo largo de la excavación. Pueden llegar a requerir complejos sostenimientos que impidan la caída de bloques.

b) Cobertera Mesozoica

PERMOTRIÁS

Los materiales atribuidos al Permotriás presentan una notable extensión superficial en la comarca de Avilés. Estos sedimentos, esencialmente los niveles margo-arcillosos superiores, muestran un comportamiento geotécnico singular, con una amplia problemática que incide sobre la superficie de asentamiento de importantes instalaciones industriales y actividades constructivas en general (edificación, vías de comunicación y servicios).

Unidad Inferior

A efectos hidrogeológicos, esta unidad puede ser considerada como impermeable, salvo pequeñas circulaciones de carácter fisural, debido al fuerte grado de cementación de los niveles conglomeráticos y areniscosos y a la impermeabilidad de las intercalaciones arcillosas.

Desde el punto de vista geotécnico, se trata de una unidad constituida por materiales competentes, semi-impermeables, parcialmente escarificables y con una elevada capacidad portante.

En el caso de su seccionamiento en excavaciones subterráneas, en relación con su elevado grado de abrasividad (alto contenido en sílice), su excavación no será apropiada con máquinas tuneladoras y requerirán el empleo de explosivos.

En el caso de excavaciones superficiales, los taludes creados para profundidades de menos de 10 m son estables con paredes verticales, siempre que no estén afectadas por el nivel freáticos y que no existan intercalaciones arcillosas.

Unidad Superior

En estos depósitos de carácter cohesivo dominan principalmente las arcillas y los limos de baja plasticidad (CL según la clasificación S.U.C.S)

Dado su contenido arcilloso, se trata de una unidad poco permeable, siendo de destacar que en las zonas en contacto con el agua superficial aumenta considerablemente su plasticidad y deformabilidad. Las intercalaciones aisladas de bancos de areniscas y arenas pueden implicar la existencia de rezumes.

La presencia de yesos puntuales representa una agresividad potencial a efectos constructivos.

Como cimiento natural de estructuras, su reducida capacidad portante, tendencia puntual a generar acentuados asientos de consolidación y presencia de minerales arcillosos, algunos expansivos (montmorillonita y minerales arcillosos interstratificados), conlleva en edificaciones singulares, la necesidad de técnicas de cimentación profunda. Si la situación lo requiere, se pueden llevar a cabo sustituciones

del suelo por material seleccionado y adecuadamente compactado.

La ejecución de excavaciones subterráneas en estas litologías puede realizarse con medios mecánicos de potencia media, requiriéndose un sostenimiento rápido dada su tendencia a deformaciones, en el conjunto de la excavación, por la pérdida de sección debida a fenómenos de fluencia y convergencia.

La estabilidad de los taludes creados en estos materiales está condicionada por la estructura interna del paquete (presencia o ausencia de niveles más consistentes y su distribución espacial) y el buzamiento de las capas. Ante la intensa degradación erosiva provocada por agua de escorrentía superficial y la marcada tendencia de estas arcillas a crear deslizamientos superficiales de tipo rotacional, se requiere adoptar las correspondientes medidas de consolidación: saneamiento y contención, mediante tratamientos de revegetación inmediatos a la ejecución del talud, construcción de escolleras, muros, etc, en combinación con sistemas de drenaje superficial eficientes, al objeto de lograr un control preciso de la circulación hídrica (Pando *et al.*, 2005) (Fig 6-1).



Figura 6-1. Ejemplo de talud afectando a los materiales arcillosos del Permotriás en la Autovía del Cantábrico (A-8) a la altura de El Vallín (Corvera). A la izquierda del muro de escollera se evidencian signos de inestabilidad del terreno.

Un ejemplo de la problemática geotécnica de estos materiales, es el deslizamiento de considerables dimensiones ocurrido el 27 de noviembre de 2003, en el talud del aparcamiento del centro del El Corte Inglés en La carriona anexo, hacia el norte. (Fig 6-2A).

El mencionado talud afecta a materiales de la unidad inferior del Permotrías constituidas por arcillitas y limolitas alteradas a arcillas, junto a niveles aislados de areniscas (Fig. 5-2B).



Figura 6-2. Inestabilidad del terreno en el aparcamiento del Centro del Corte Inglés. A) Aspecto general del deslizamiento, justo detrás las viviendas del barrio de La Carriona. B) Vista ampliada de los materiales del talud. Consisten en lutitas rojizas con intercalaciones de areniscas blanquecinas

La solución adoptada para la estabilización del talud fue un rebajamiento del mismo acompañado de dos muros de sostenimiento de escollera colocada y hormigonada, una en la base del talud y adosada al actual muro de hormigón, y otra en la parte superior acompañada del anclaje de su zapata y con bulones pasivos en su trasdós. Además se mantendría el tubo-drén propuesto en coronación.

JURÁSICO

Unidad Carbonatada

Esta unidad se puede considerar hidrogeológicamente poco importante en el ámbito considerado, sin embargo en zonas próximas constituye un acuífero de gran rendimiento. Así, hacia el oriente presenta unas características hidrogeológicas muy favorables, dada su permeabilidad –por fisuración, porosidad y carstificación–, transmisividad y coeficientes de almacenamiento que alcanzan valores importantes.

Los materiales carbonatados del Jurásico inferior están caracterizados por su alta capacidad portante y su disposición subhorizontal, lo que facilita su estabilidad.

Este nivel litológico requiere el empleo de explosivos para su excavación superficial o profunda. Un exceso de carga explosiva provocaría un aumento importante del grado de fracturación en los tramos más dolomitizados, lo que también repercutiría en la estabilidad de los taludes.

Los taludes de desmante vienen condicionadas por la orientación de la estratificación, que en general es subhorizontal, y, por tanto, pueden ser del orden 3:1 (Fig. 6-3)

Los materiales procedentes de desmontes darán rellenos de tipo pedraplen de buena calidad.



Figura 6-3. Talud vertical afectando a los materiales carbonatados jurásicos, en línea de ferrocarril de Renfe a la altura de Llaranes (Avilés). La estratificación es horizontal.

Unidad Conglomerática

Hidrogeológicamente, representa una unidad dotada de una permeabilidad media, pero muy condicionada por el grado de cementación del conglomerado. Se trata de materiales que habitualmente pueden ser excavados con medios mecánicos. En el caso de excavaciones superficiales, los taludes creados para profundidades medias (5 ó 6 m) son estables con paredes verticales, siempre que no estén afectadas por el nivel freático (Fig. 6-4).

Una excavación subterránea invalidaría el uso de escudos y requeriría el uso de medios mecánicos, con medidas complementarias de drenaje y consolidación mediante técnicas de inyección.

Como nivel de cimentación, su capacidad portante es de tipo medio a bajo - aproximadamente de 3 a 4 kg/cm², sin que sea previsible ningún tipo significativo de deformación.



Figura 6-4. Talud vertical afectando a los conglomerados jurásicos en la carretera al Faro de San Juan de Nieva (As-239) a la altura de la Cantera de El Estrellín.

VII. RECURSOS INDUSTRIALES

Canteras

En este apartado se describen los principales recursos industriales de la comarca, especialmente los yacimientos de áridos (canteras, graveras, yacimientos granulares y materiales artificiales).

La zona de Avilés, presenta una actividad importante dentro de los grupos de áridos naturales o de machaqueo, mayoritariamente relacionados con la unidad conglomerática del Jurásico o “Piedra Fabuda”. Son las mayores explotaciones de conglomerados jurásicos para áridos de la región asturiana.

Aunque en la actualidad no perduran explotaciones mineras de interés en el ámbito del área de estudio, durante la primera guerra mundial se estuvo extrayendo carbón, beneficiándose el manchón estefaniense de San Juan de Nieva. Se llegó a explotar una capa que no pasaba de los 0,40 m de espesor (Julivert et al, 1973).

A continuación se enumeran las principales explotaciones de áridos existentes en la actualidad a una distancia no superior a 25-30 km, tomando como centro la localidad de Avilés.

a) Canteras de gravas y arenas

La gran mayoría de las grietas que benefician, o han explotado, estos conglomerados obtienen fracciones granulométricas de grava y arena, o incluso sólo esta última, previa trituración y tamizado, y son dedicadas preferentemente a la construcción.

Las gravas presentan una gran importancia industrial, dado que son imprescindibles, aparte de otros usos, para la obtención de morteros. Se destinan, generalmente, a la edificación y construcción de grandes obras civiles -carreteras, presas de tierras, rellenos, etc.- a modo de préstamos seleccionados, explanadas mejoradas y subbases mejoradas. Las explotaciones de la comarca y su entorno se sitúan esencialmente en los niveles de conglomerados silíceos jurásicos (Tabla 7-1).

Tabla 7-1. Canteras de gravas y conglomerados

CANTERAS ACTIVAS	UBICACIÓN	MATERIAL
La Atalaya	Cantos (Avilés)	Conglomerados Jurásicos
La Llosona	Salinas (Castrillón)	Conglomerados Jurásicos
La Casona	Tabiella (Avilés)	Conglomerados Jurásicos
Recuesto	Bardasguera (Gozón)	Conglomerados Jurásicos
Cardo	Cardo (Gozón)	Areniscas de Candás
Solís	Sama de Abajo (Corvera)	Conglomerados Jurásicos
El Fontanón	El Gallinal (Gijón)	Conglomerados Jurásicos
Batio	Batiao (Gijón)	Conglomerados Jurásicos
La Rebollada	Batiao (Gijón)	Conglomerados Jurásicos

b) Canteras de cuarcitas

Las canteras de cuarcita (Fm. Barrios) se ubican en Gijón, en el entorno del Cabo Torres y en Illas, al sur de Avilés (tabla 7-2).

Tabla 7-2. Canteras de cuarcitas próximas a Avilés

CANTERAS ACTIVAS	UBICACIÓN	MATERIAL
Cantera de Aboño	Veriña de Arriba (Gijón)	Cuarcitas (Fm. Barrios)
La Regaida	La Regaida (Illas)	Cuarcitas (Fm. Barrios)

c) Canteras de caliza

Las rocas carbonatadas constituyen el grupo más utilizado para la obtención de áridos triturados con destino a la construcción.

La mayor parte de las canteras se sitúan sobre la “Caliza de Montaña” y la “Caliza de Moniello”, que presentan unas buenas características geotécnicas (Tabla 7-3).

La mayoría de las canteras más próximas a Avilés se localizan en la zona de Oviedo (Tabla 7-4).

Tabla 7-3. Parámetros de las calizas más utilizadas.

	CALIZA DE MONTAÑA	CALIZA DE MONIELLO
% CaCO₃	81-95	82-99
Resistencia al desgaste (ensayo Los Ángeles)	24-28	23-24
Estabilidad frente al SO₄Mg	< 1%	0%

Tabla 7-4. Canteras de rocas carbonatadas próximas a Avilés

CANTERAS ACTIVAS	UBICACIÓN	MATERIAL
Caleras Asturianas	Brañes, Oviedo	C. Montaña
Orgaleyo	Oviedo	C. Montaña
Fuente de los Molinos	Las Regueras	C. Montaña
Peñas Arriba	Oviedo	C. Montaña
Canto de Bobia	Manzaneda, Oviedo	C. Montaña
Regueredo y D. Marcos	Anieves, Oviedo	C. Montaña
Rebarco	Tudela Veguín, Oviedo	C. Montaña
Bahoto	Langreo	C. Montaña
El Reguerón	Levinco, Aller	C. Montaña
Peñón de Molledo	Siero	C. Montaña
Latores	Cellagú	C. Montaña
Belonga	Oviedo	C. Montaña
Readmix-Asland	Oviedo	C. Montaña

Escombreras

La industria extractiva va acompañada de la producción de un conjunto de estériles. Los estériles de cantera consisten en mezclas de tierra (dependiente de la limpieza de cantera, montera, clima, etc.) y materiales pétreos, procedente de la instalación de machaqueo, producidos en la operación de precibado para mejorar la calidad de los áridos.

La granulometría suele ser continua y sus características cumplen, como mínimo las especificaciones de un suelo adecuado. Estabilizadas con algún tipo de ligante, previo ensayo, se podrían utilizar como material de subbase en obras superficiales

lineales.

Estos depósitos se sitúan en las inmediaciones de las canteras y en el área de estudio presentan reducidas dimensiones, teniendo un carácter localizado o puntual en su extensión geográfica.

Escombreras de escorias de alto horno

Las escorias de alto horno son un subproducto obtenido en la procedencia de arrabio de hierro, en el alto horno. Según el modo de enfriamiento se distinguen dos tipos:

a) Enfriamiento lento

Proceso de enfriamiento al aire libre que origine una escoria cristalizada, gris oscura, apta para ser machacada y utilizada como material granular, de excelente calidad en cualquier capa de firme. Además se aprovecha como corrector de suelos de cultivos. La escoria no solo es capaz de aportar una serie de micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas sino que también mejora la densidad, porosidad y permeabilidad de los suelos.

b) Enfriamiento rápido

Precisan el empleo de corrientes de aire o agua que producen una escoria vitrificada. Se emplea en construcción de carreteras como capa anticontaminante y como ligante hidráulico en la fabricación del producto grava o arena escoria, que tiene su aplicación como material de base.

Las escorias de alto horno han sido acumuladas por las antiguas factorías de ENSIDESA en el margen derecho de la ría, al norte de sus antiguas instalaciones.

VIII. CONCLUSIONES

En este Trabajo Fin de Máster ha sido abordada la caracterización geológica y geotécnica general de la cobertera mesozoica en el entorno de la ciudad de Avilés. Supone, asimismo, la fase inicial del trabajo de tesis doctoral del autor, cuyo principal objetivo es la modelización geológica y geotécnica integral de dicho sector.

Como principales aportaciones de este trabajo se pueden destacar las siguientes:

- La comarca de Avilés se asienta sobre la denominada cobertera mesozoica, con materiales de edad Pérmico a Jurásico medio, que se disponen discordantes sobre el basamento paleozoico. Al oeste de la ría de Avilés predominan los materiales permotriásicos, principalmente arcillas y margas de tonalidad rojiza. También afloran, aunque de forma local, la unidad conglomerática del Jurásico y algunos niveles areniscosos y conglomeráticos de la unidad inferior del Permotriás. Hacia el este de la ría predominan los niveles de calizas y los conglomerados jurásicos.
- La cobertera mesozoica presenta una estructura prácticamente subhorizontal, con morfología tabular, presentado buzamientos medios entre 5° y 20°, configurando pliegues muy laxos. El contacto entre la unidad carbonatada del Jurásico y los materiales de la unidad margo-arcillosa es de carácter concordante, mientras que la unidad conglomerática jurásica se apoya discordantemente sobre el resto de unidades de la cobertera.
- El basamento paleozoico está constituido principalmente por materiales que comprenden edades desde el Ordovícico inferior hasta el Estefaniense, aflorantes en todo el borde de la cuenca. Su estructura, consecuencia principalmente de la Orogenia Varisca, se caracteriza por una serie de pliegues de dirección NE-SO, derechos o vergentes al Este, a los que con frecuencia se asocian cabalgamientos dirigidos en el mismo sentido.
- Una estructura más tardía es el cabalgamiento de Nieva, de dirección NE-SO, que afecta a materiales paleozoicos en sector nororiental de la zona de estudio.

- Existe, asimismo, una tectónica post-varisca que parece ser la responsable de dos sistemas de fracturación principales (NO-SE y NE-SO) que afectan a basamento y cobertera.
- Como principal estructura de la zona, destaca la Falla de Ventaniella, que tiene un trazado cartográfico de cientos de kilómetros con orientación NO-SE, que parece presentar movimiento desde el Mesozoico y que muestra actividad sísmica asociada en la actualidad. Pone en contacto materiales de edad mesozoica (Jurásico y Triásico) con materiales paleozoicos. Esta falla es la causa del quiebro que presenta la ría de Avilés en la zona de desembocadura; su prolongación hacia la plataforma ha propiciado la formación del denominado “cañón de Avilés”.
- El recubrimiento superficial de la zona, y en especial el subsuelo urbano de Avilés, está constituido siete tipos de suelos: (i) los depósitos de ría, constituidos esencialmente por arenas y arenas arcillosas con intercalaciones de arenas y gravas, que se distribuyen de modo irregular en ambas márgenes de la misma; (ii) los depósitos de marismas, constituidos por fangos con materia orgánica; (iii) los depósitos fluviales, circunscritos a los cauces que desembocan en la ría y compuestos por mezclas de gravas y arenas; (iv) los depósitos de alteración del sustrato, mayoritariamente arcillosos, ubicados en el sector más meridional; (v) los depósitos litorales asociados a la franja costera, esencialmente playeros y dunares; (vi) los depósitos de cantos sobre las superficies de rasa (de origen torrencial y/o marino), poco importantes y restringidos al extremo este y (vii) los depósitos coluvionares localizados en las partes bajas de las laderas.
- Asimismo, en toda la zona destaca la presencia de importantes depósitos de origen antrópico (rellenos heterogéneos y escombreras de escorias), consecuencia principalmente de la intensa actividad industrial de la zona.
- Desde el punto de vista geotécnico, los materiales permotriásicos, esencialmente los niveles margo-arcillosos superiores, muestran una singular problemática consecuencia de su composición. Constituye un deficiente nivel de cimentación, especialmente en sus términos más finos. Asimismo, en los

taludes excavados en los mismos se observan diferentes procesos de inestabilidad, que a menudo precisan importantes medidas estabilización.

- Los depósitos superficiales presentan un comportamiento geotécnico diferenciado en función de su composición y del tamaño de grano. Destaca, asimismo, la singular problemática que presentan los depósitos de origen antrópico, consecuencia de su propia naturaleza.
- Como principal recurso industrial de la comarca destaca la unidad conglomerática del Jurásico, intensamente utilizada como áridos.

IX. AGRADECIMIENTOS

Estas líneas pretenden servir como público testimonio de mi agradecimiento a aquellos que han facilitado mi labor en mayor o menor medida.

En primer lugar, resaltar que la elaboración del presente trabajo ha sido en gran parte posible gracias a las aportaciones desinteresadas de la documentación facilitada por las siguientes entidades públicas y empresas privadas, a saber:

- AYUNTAMIENTO DE AVILÉS
- AUTORIDAD PORTUARIA DE AVILÉS
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO
- ADIF
- DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO EN ASTURIAS

También quiero expresar mi agradecimiento al Programa de Formación del Profesorado Universitario (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte) y especialmente al proyecto MARCAS (CTM-2009-11522) que ha sufragado los estudios de campo.

Quedo especialmente agradecido a mis directores de tesis de máster, Daniel Arias y Carlos López, por su inestimable colaboración en tareas de documentación, por su crítica lectura que ha contribuido a enriquecer este proyecto, por sus oportunas observaciones y sin duda alguna por estar ahí siempre que lo he necesitado. Su predisposición hacia mí ha sido digna de un magnífico mentor, con él y de él he aprendido más de lo esperado.

También quiero expresar mi agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres (Tomás y M^a Luisa), porque de ellos sólo he obtenido el ánimo para seguir, el cariño, el apoyo moral y la comprensión de quienes en demasiadas ocasiones han creído en mis posibilidades más que yo mismo.

A mis amigos, por aguantarme estos meses siempre con una sonrisa y mucha paciencia.

A todas las personas que me han facilitado desinteresadamente información o documentación con la que llevar a cabo esta empresa. Al profesor Miguel Torres Alonso, por facilitarme numerosa información. A la profesora Gabriela Fernández Viejo, por su apoyo y comprensión con mi inglés.

No quiero dejar pasar la oportunidad de traer al recuerdo a tantos compañeros de estudio en la Facultad de Geología, primero a lo largo de la licenciatura y después en el Máster, por lo que con ellos he vivido y aprendido.

Finalmente deseo dar las gracias a todas aquellas personas que en estos años me han ofrecido su ayuda o expresado su apoyo.

X. REFERENCIAS

Alonso, J.L., Marcos, A. y Suárez, A. (2009): Paleogeographic inversión resulting from large out of sequence breaching thrust: The León Fault (Cantabrian Zone, NW Iberia). A new picture of the external Variscan Thrust Belt in the Ibero-Armorican Arc. *Geologica Acta*, 7: 451-473.

Arbizu, M. (1999): El Devónico Inferior de la costa asturiana entre la Punta de Narvata y la Ensenada de Moniello. *Breviora Geológica Asturica*, año XII, nº3. Oviedo.

Barrois, C. (1882): Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. Mémoires de la Société géologique du Nord, Lille, T.2, 1: 1630 pp.

Comte, P. (1936): Le Dévonien moyen et supérieur de Léon (Espagne). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 202: 1198-1200.

Comte, P. (1959): Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique. *Mem. Inst. Géol. Min. España*, Madrid, 60: 440 pp.

García-Alcalde, J.L. y Arbizu, M. (1976): Les faunes pélagiques du Dévonien moyen de León (versant meridional des Montagnes Cantabriques, NO de l'Espagne). *Annales de la Societe geologique du Nord*, 11(6): 835-865.

García-Alcalde, J.L. y Soto, F. (1999): El límite Eifeliense/ Givetienne (Devónico Medio) en la Cordillera Cantábrica (N de España). *Revista Española de Paleontología*, nº Homenaje al Prof. J. Truyols: 43-56.

González Fernández, B., Menéndez Casares, E., Gutiérrez Claverol, M. y García-Ramos, J.C. (2004): Subunidades litoestratigráficas de la Formación Gijón (Triásico Superior-Jurásico Inferior, Asturias). *Congreso Geológico de España*, Zaragoza, 6(2): 71-74.

Hovarth, V., Leyva, F., y Navarro, D. (1987): Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 98: 630-639.

Julivert, M. (1960): Estudio geológico de la Cuenca de Beleño (Valles altos del Sella, Ponga, Nalón y Esla). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España.*, 71: 1-346.

Julivert, M. (1967): La ventana del Río Monasterio y la terminación meridional del Manto del Ponga. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 1:1-26.

Julivert, M., Ramirez del Pozo, J., y Truyols, J. (1971): Le réseai de failles et la couverture post-hercynienne dans les Asturies. En: *Histoire structurale du Golfe de Cascoigne* (Debyser, J., X.L. Pichon y L. Montadert, Eds.), *Publications del L'Institut Francais du Petrol. Editions Technip, 2, Paris, v.3-1 á v.3.-4.*

Julivert, M., Truyols, J., Marcos, A. y Arboleya, M. L. (1973): *Memoria y Mapa Geológico de la hoja E. 1:50000 n°13 (Avilés)*. Instituto Geológico y Minero. España.

Llopis Lladó, N. (1961): Estudio geológico de la región del Cabo de Peñas. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 72: 233-348.

Llopis Lladó, N. (1968): Estudio Geológico de los Alrededores de Avilés. Mapa Geológico de Asturias (hoja n°5). Instituto de Estudios Asturianos (IDEA). 68 pp.

López Peláez, J. y Flor, G. (2008): Evolución ambiental del estuario de Avilés (1833-2006). *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 28: 119-135.

López-Fernández, C., Pulgar, J.A., González Cortina, Gallart, J., Díaz, J. y Ruiz, M. (2004): Actividad sísmica en el noroeste de la Península Ibérica observada por la red sísmica local del proyecto GASPI. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 24: 91-106.

López-Fernández, C. (2007): Actividad sísmica, zonación sismotectónica y peligrosidad sísmica en el noroeste de la Península Ibérica. *Serie Nova Terra*, Vol. 35, 278 pp.

Martinez García, E. (1983): El Pérmico de la Región Cantábrica. En *Carbonífero y Pérmico* (C. Martínez Díaz, coord.). Instituto Geológico y Minero de España, 389-402.

Martínez García, E. (1991): Hercynian syn-orogenic and post-orogenic successions in the Cantabrian and Palentian zones (NW Spain). Comparison with other western European Occurrences. *Giornale di Geologia*, 53(1): 209-220.

Martínez García, E., Coquel, R., Gutierrez Claverol, M. y Quiroga, J.L. (1998): Edad del “Tramo de transición” entre el Pérmico y el Jurásico en el área de Gijón (Asturias, NW de España). *Geogaceta*, 24: 215-218.

Menéndez Casares, E., González Fernández, B., Gutiérrez Claverol, M. y García-Ramos, J.C. (2004): Precisiones sobre los acuíferos de la cuenca jurásica asturiana (NO de España). *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 24: 119-126.

Pando, L., López-Fernández, C., Torres Alonso, M. y Gutiérrez Claverol (2005): Comportamiento geotécnico de los materiales lutíticos del Permotriás en Asturias. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 25: 69-83

Peón, A. (1992): *Evolución morfogenética del relieve de Asturias*. Tesis doctoral (inérita), Universidad de Oviedo, 275 pp.

Ramírez del Pozo, J. (1972): Algunas precisiones sobre la bioestratigrafía, paleogeografía y micropaleontología del Cretácico asturiano (zona de Oviedo-Infiesto-Villivaciosa-Gijón). *Bol. Geol. Min.*, 83-2: 122-166.

Sánchez de la Torre, L. y Barba Regidor, F. J. (1981): Estudio sedimentológico de los conglomerados del Jurásico de Asturias. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 11: 203-212.

Torres Alonso, M. (1985): Características geológico-geotécnicas de los materiales margo-arcillosos de las facies Keuper en Asturias. *Boletín Ciencias Naturaleza (IDEA)*, 35: 129-153.

Torres Alonso, M. (1986): Características geológico-geotécnicas de los depósitos arcillosos y granulares en la zona de Avilés (Asturias). *Boletín Ciencias Naturaleza (IDEA)*, 37: 107-122.

Torres Alonso, M. y Gutiérrez Claverol, M. (2005): Influencia de la geología en el diseño de infraestructuras de saneamiento. El plan integral de Avilés y su entorno industrial. *Ingeniería y Territorio*, 71: 76-83.

Truyols, J., González Lastra, J., Marquínez, J., Martínez Díaz, C., Méndez Fernández, C., Menéndez Alvarez, J. R. y Sánchez Posada, L. (1980): Preliminary note on two marine sections (Tournaisian-Kasimovian) in the Picos de Europa Area (Cantabrian Mountains, NW Spain), *C. R. Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero. III. U.S.A. 1979*, 2: 148-156.

Wagner, R. H. (1966): Palaeobotanical dating of Upper Carboniferous folding phases in NW. Spain. *Memoria del Instituto Geológico y Minero de España*, 66: 161 pp.

Wagner, R. H. y Martínez García, E. (1982): Description o fan Early Permi flora from Asturias and comments on similar occurrences in the Iberian Peninsula. *Trabajos de Geología*, 12: 273-287.

Zamarreño, I. (1976): Depósitos carbonatados de tipo “Tidal flat” en el Devónico inferior del NW de España: Las Dolomías de Bañugues. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, 8: 9-85.

ANEXO I

MAPA GEOLÓGICO DE AVILÉS Y SU ENTORNO

ANEXO II

PERFILES GEOLÓGICOS I-I' Y II-II'