

Investigación de rocas ornamentales atendiendo a un modelo de desarrollo sostenible (Principado de Asturias, España)

J.M. Baltuille⁽¹⁾, M^a. T. López⁽¹⁾, V. Monteserín⁽¹⁾, C. Nuño⁽²⁾ y B. Solar⁽³⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Rocas y Minerales Industriales. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid, España. jm.baltuille@igme.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Oficina de Proyectos de Oviedo. Matemático Pedrayes, 25. 33005 Oviedo, España. c.nuno@igme.es

(3) Dirección General de Industria y Energía. Gobierno del Principado de Asturias. Plaza de España, 5, 33007 Oviedo, España

RESUMEN

El Instituto Geológico y Minero de España, en colaboración con el gobierno del Principado de Asturias ha desarrollado en los últimos años, una serie de investigaciones destinadas a evaluar y delimitar zonas con posibilidad de albergar rocas susceptibles de ser explotadas para uso ornamental. En dicho estudio se han evaluado tanto rocas carbonatadas como siliciclásticas, temporalmente distribuidas desde el Devónico inferior hasta el Albiense-Cemomaniense, evitando aquellas zonas con alguna figura especial de protección medioambiental. Cabe destacar que las pizarras y los granitos no han sido objeto de investigación en este proyecto. Como resultado y tras una serie de estudios previos, que incluyeron la investigación de más de 200 afloramientos y/o huecos mineros, se han delimitado 16 zonas favorables para la investigación de roca ornamental donde se han centrado las investigaciones posteriores, para finalmente definir 21 zonas de interés ornamental (ZIO), ampliamente caracterizadas mediante la cartografía geológica, probetas pulidas y baterías de ensayos tecnológicos.

Palabras clave: Asturias, caliza, probeta pulida, roca ornamental, Zona Cantábrica

Research of dimensional stones attending to a model of sustainable development (Asturias Region, Spain)

ABSTRACT

The Spanish Geological Survey (IGME) has developed a mining sustainable project in Asturias, northern area of the Iberian Peninsula, in collaboration with the Asturian Government where has evaluated the possibilities of the dimensional stones in the region. It has explored all carbonatic and siliciclastics post-Cambrian facies, from Early Devonian to Albian-Cenomanian, avoiding the interaction with the Environmental Protected Areas. Slates and granites have not been studied in this project. As main result and on the basis of a series of preliminary studies, which included the investigation of more than 200 mineral outcrops, 16 most favoured zones for investigation of ornamental stones have been selected, into which further research efforts have been centered. Finally, 21 zones of ornamental interest (ZIO) have been defined and intensively characterized by means of geological mapping, polished plackets and a battery of technological tests.

Key words: Asturias, Cantabrian Zone, dimensional stones, limestones, polish plackets

Introducción

La actualidad del panorama minero mundial, ha cambiado radicalmente en los últimos años, ya que las sustancias que tradicionalmente han sido explotadas por la industria extractiva, minerales metálicos y energéticos, han visto disminuir su influencia en los mercados mundiales, en beneficio de nuevas sustancias. Los denominados Minerales Industriales y los que se engloban dentro de los Materiales de Cantera

(Piedra Natural, Rocas Industriales y Áridos) han visto incrementarse fuertemente sus producciones a la vez que multiplicar el valor de las mismas (Fig. 1).

El comportamiento económico al alza de estos nuevos subsectores, tanto a nivel nacional como internacional, junto con otros factores como: su positivo impacto social (creación de nuevos puestos de trabajo), un continuo desarrollo tecnológico y la progresiva asimilación de los aspectos medioambientales por parte del sector empresarial, ha propiciado un

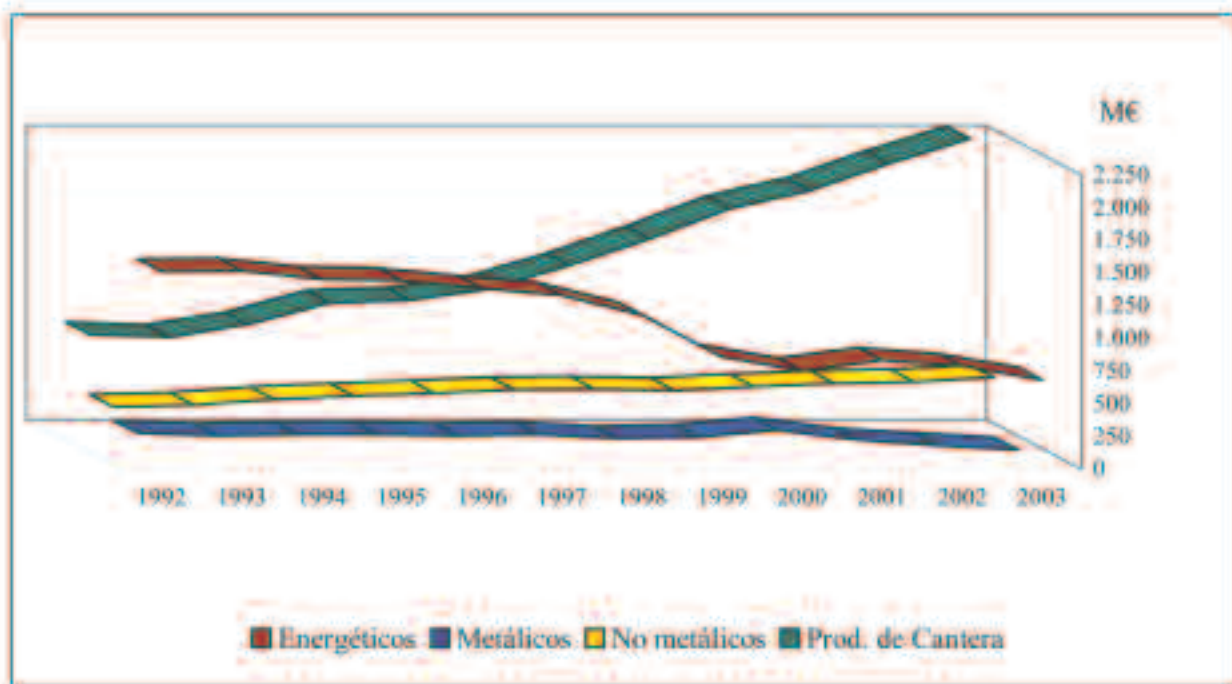


Fig. 1- Evolución del valor de la producción minera española (1992-2003)
 Fig. 1- Evolution of the Spanish mining production value (1992-2003)

importante campo de trabajo en referencia a las actividades de investigación, planificación de nuevas explotaciones y desarrollo y puesta en práctica de Planes Directores Sectoriales y de Ordenación Minero Ambiental. Todo ello con un doble objetivo: la integración del sector minero en la Ordenación del Territorio y el establecimiento de los fundamentos básicos para una explotación de los recursos mineros compatible con un Desarrollo Sostenible.

En la actualidad, la zona septentrional de España posee una gran importancia dentro del sector de la Piedra Natural. Galicia es la primera productora nacional de granitos y pizarras, Castilla y León es la segunda productora de pizarras y extrae también granito y calizas, Cantabria y el País Vasco explotan calizas marmóreas y sin embargo el Principado de Asturias, comunidad limítrofe, no posee más que un papel testimonial en dicho mercado (Suárez del Río *et al.*, 2001 y 2002).

En la Tabla I queda de manifiesto que el subsector energético, respecto al valor de la producción vendible, mantiene una ventaja frente a los otros dos subsectores (minerales industriales y productos de cantera). No obstante, si se calcula el valor de la producción por trabajador en cada subsector se observa que, en términos económicos, dicha primacía es sólo aparente (ver Tabla II).

La Tabla II muestra el alto valor de la producción

generada por un trabajador del subsector de los productos de cantera (136.798 ?), lo que representa un 40 % más de lo generado por un obrero del subsector de los minerales industriales (97.402 ?) y un 745 % más que el del carbón (16.199 ?).

Teniendo en cuenta la situación actual del sector minero en el Principado de Asturias y, en previsión de que el subsector energético prosiga con la tendencia a la baja respecto a su actividad productiva como ha sucedido en los últimos años, el Instituto Geológico y Minero de España, en colaboración con las autoridades competentes del Principado de Asturias, ha realizado una serie de investigaciones y estudios dirigidos hacia la delimitación y definición de nuevas áreas, potencialmente favorables para la explotación de recursos de roca ornamental, y, consecuentemente, al desarrollo e implantación de un tejido industrial relacionado con dicho recurso.

Marco geológico

La zona de estudio está localizada en el sector norte del Macizo Hercínico Ibérico, dentro de la denominada Zona Cantábrica (Lotze, 1945; Julivert, 1971).

La Cadena Hercínica, al igual que otros orógenos, presenta una zonación transversal (que en el Macizo Ibérico es completa) con unas zonas internas com-

	ENERGÉTICOS		MINERALES INDUSTRIALES			PRODUCTOS DE CANTERA						
	Hulla	Antracita	Caolín	Cuarzo	Fluorita	Arcilla	Arena y Grava	Arenisca ornam.	Caliza ornam.	Caliza	Cuarcita ornam.	Cuarcita
Nº explot.	3	11	1	2	4	5	17	2	3	24	1	5
Empleos	5.515	689	24	23	107	13	121	4	8	255	4	26
Produce. Vendible (x10 ³ T)	1.866,8	894	35,9	256,4	138,7	158,5	1.387	955	3,5	11.973	1,679	1.390
Valor produc. (M€)	63,6	36,9	-	-	-	0,796	5,728	-	0,129	47,5	-	4,7
Total (M€)	100,5		15,0			58,96						

Fuente: Estadística Minera de España (2003). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

Tabla I: La minería en el Principado de Asturias
Table I: Mining in the Principality of Asturias

	ENERGÉTICOS	MINERALES INDUSTRIALES	PRODUCTOS DE CANTERA
Nº. explotaciones	14	7	57
Nº. total empleos	6.204	154	431
Valor total producción (M€)	100,5	15,0	58,96
Valor producción / obrero (10³€)	16,199	97,402	136,798

Fuente: Estadística Minera de España (2003). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

Tabla II: Valor producción/obrero en Asturias, según los subsectores de la minería
Table II: Production/worker rate in Asturias, depending on the mining's subsector

puestas por rocas muy deformadas, limitadas por dos zonas externas afectadas solamente por deformación epidérmica.

La Zona Cantábrica (ZC), la más externa del sector septentrional del Hercínico peninsular, es de carácter epidérmico ("thin-skinned"), con desarrollo de importantes mantos de cabalgamiento y escamas (Julivert, *op. cit.*). Las unidades mayores de la ZC son de oeste a este: Somiedo-Correcilla, La Sobia-Bodón, Aramo, Cuenca Carbonífera Central, Ponga y Picos de Europa (Fig. 2). Estas unidades han sido deformadas por dos sistemas de pliegues: uno "longitudinal", generalmente paralelo al trazado de los cabalgamientos) y otro "transversal" o "radial", generalmente transversal a los cabalgamientos (Julivert y Marcos, 1973). La deformación tiene lugar sin metamorfismo y con desarrollo muy local de clivaje. Con posterioridad, tiene lugar el desarrollo de fallas inversas y desgarras con dirección NO-SE y por último, tardíamente, una gran fractura (Falla de Ventanielles) que afecta a las estructuras anteriores.

La Orogenia Alpina provoca un levantamiento general de la Zona Cantábrica, con rejuego de estructuras previas hercínicas.

La cobertera mesozoico-terciaria de Asturias es el límite más occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica y constituye en sentido geológico la prolongación hacia el oeste del orógeno pirenaico. La evolución estructural de la cuenca durante el ciclo alpino (*s.l.*) presenta dos etapas fundamentales:

una etapa distensiva, de edad mesozoica, relacionada con la apertura del Golfo de Vizcaya, que propicia una gran acumulación de sedimentos (Meléndez *et al.*, 2002).

una etapa compresiva, de edad Eoceno-Mioceno, que origina la mayor parte de las estructuras que ahora se observan y que tiene lugar como consecuencia de la convergencia entre Iberia y Europa que dio origen a la Cordillera Pirenaica.

Para la realización de la investigación de roca ornamental en el Principado de Asturias, las Unidades Litoestratigráficas estudiadas abarcan

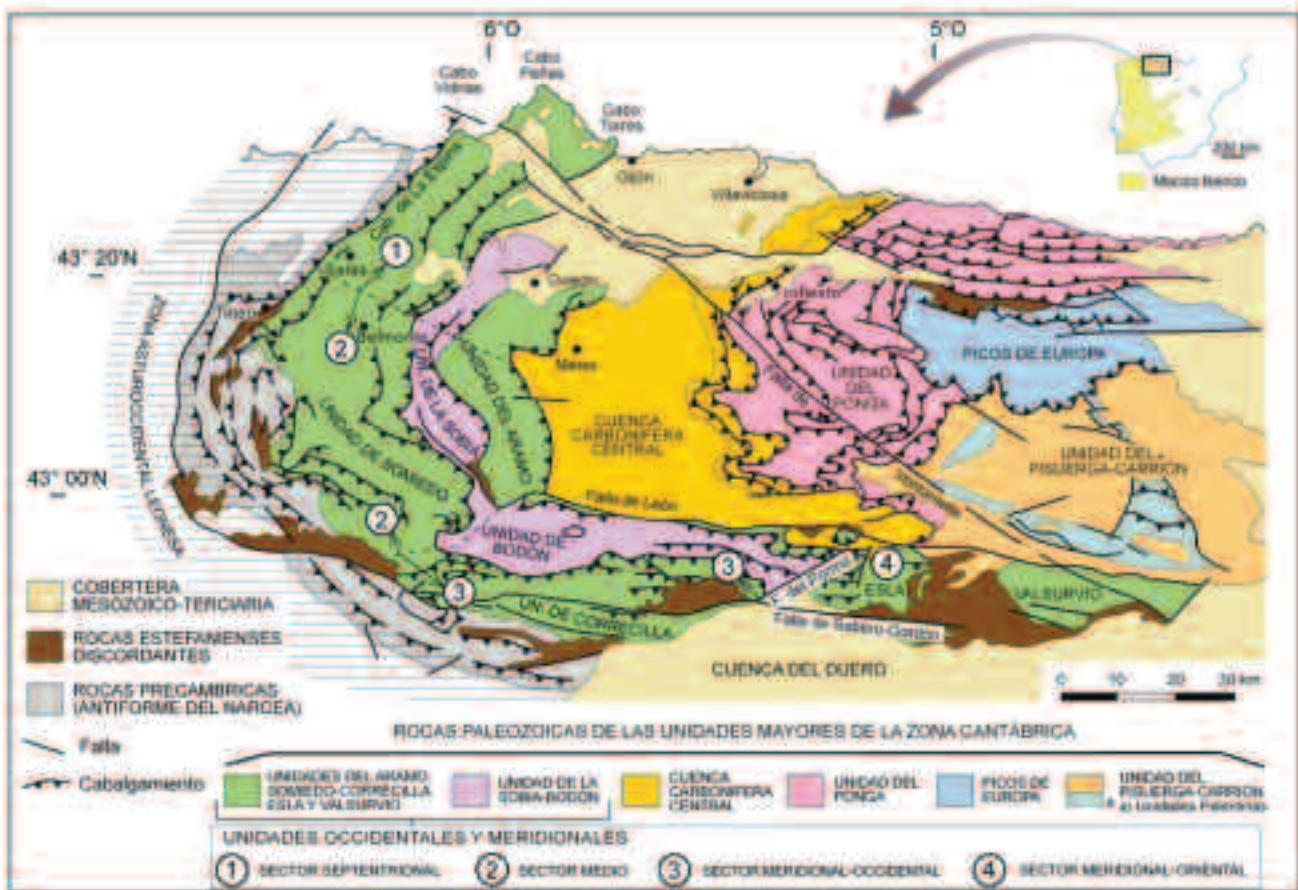


Fig. 2- Esquema geológico de la Zona Cantábrica, con los principales mantos y unidades tectónicas (basado en Julivert, 1971)
 Fig. 2- Geological sketch map of the Cantabrian Zone, showing the main thrusts and tectonic units. (based in Julivert, 1971)

desde el Devónico hasta el Cretácico (Baltuille *et al.*, 2003), y son:

- **Grupo Rañeces- La Vid** (*Lochkoviense medio-Emsiense superior, Devónico inferior*)

Los materiales más basales que se estudian son de edad devónica y vienen representados por un conjunto calcareo-dolomítico y terrígeno denominado *Formación o Grupo Rañeces* (Comte, 1959). Las calizas son mayoritariamente mudstone y wackestone a packstone bioclásticas (Aramburu *et al.*, 2004). Su espesor es del orden de 400-500 m y consta de tres miembros (Barrois, 1882) que, de muro a techo son:

- *Caliza de Nieva* (miembro inferior): presenta dos tramos, el inferior formado por areniscas de grano fino, calizas, margas, dolomías y pizarras, con escasa fauna de braquiópodos y el superior, con calizas grises de aspecto masivo y margosas hacia techo.
- *Caliza de Ferroñes* (miembro intermedio): la zona basal está constituida por dolomías lami-

nadas amarillentas que, a techo, pasan a calizas lumaquéllicas y biostrómicas grises de grano grueso, frecuentemente masivas, y a calizas margosas, margas y pizarras, con abundante fauna.

- *Caliza de Arnao* (miembro superior): compuesta por calizas de grano grueso, con tramos rojovinosos, calizas margosas, margas y pizarras encriníticas, en alternancia irregular. Se trata de un nivel muy fosilífero, donde destacan los lechos de crinoides, briozoos y braquiópodos (Fig. 3).

El medio deposicional corresponde a una rampa carbonatada homoclinal, con ambientes que varían desde llanuras mareales y zonas protegidas de lagoon, pasando por depósitos de barras bioclásticas, hasta zonas de rampa externa con depósitos tempestíficos (Vera de la Puente, 1988; Keller, 1997).

- **Fm. Moniello- Santa Lucía** (*Emsiense superior-Eifiliense, Devónico inferior-medio*)



Fig. 3- Detalle de la abundancia de crinoides en las calizas rojas del Grupo Rañeces
 Fig. 3- Detail of crinoid abundance in red limestones of the Rañeces Group



Fig. 4- Detalle de una explotación abandonada, en las proximidades de Noval, que beneficiaba calizas de la Fm. Moniello
 Fig. 4- Detail of a disused quarry, in the proximity of Noval village, where Moniello Formation limestones were exploited

Esta unidad, de unos 200-300 m, está constituida mayoritariamente por calizas, mudstone y wackestone a packstone bioclásticas y boundstones, y consta de tres miembros:

- *Mb. inferior*: Calizas micríticas grises y amarillentas con porosidad fenestral y espesor entre 30-70 m.
- *Mb. medio*: Calizas fosilíferas (braquiópodos y corales) alternando con margas y pizarras. Potencia de unos 50 m.
- *Mb. superior*: Calizas micríticas grises o amarillentas con porosidad fenestral y tramos rosados hacia la parte alta. Se trata de calizas más masivas que las del tramo inferior y con gran abundancia de braquiópodos, briozoos, corales, estromatopóridos y crinoides, algunos de gran tamaño. En ciertas zonas, las calizas están parcialmente dolomitizadas. Presentan espesores próximos a los 100 m (Fig. 4).

Las principales características de estas calizas son su característica porosidad fenestral (pequeñas masas irregulares de calcita espática, de tamaño milimétrico), junto con su gran abundancia fosilífera compuesta por braquiópodos y corales, principalmente.

La Fm. Moniello presenta contacto concordante con las formaciones infra- y suprayacente. El tránsito entre las formaciones Rañeces y Moniello es gradual, ya que ambas se depositaron en zonas someras.

La Fm. Moniello-Santa Lucía representa un depósito de rampa carbonatada, con condiciones sublitales hacia el O y SO, donde se desarrolló un

fuerte medio recifal (Méndez-Bedia *et al.*, 1994) y depósitos de lagoon y perilitorales hacia el núcleo del Arco Astúrico (de Coó, 1974; Méndez-Bedia, 1976). Este origen arrecifal hace que los espesores puedan variar en función del distinto desarrollo y crecimiento del arrecife, aunque en las zonas seleccionadas estos espesores se mantienen con cierta continuidad.

En la vertiente N, la unidad suprayacente es la Fm. Naranco, que consta de areniscas, preferentemente ferruginosas, con intercalaciones de pizarras y calizas bioclásticas. Se trata de depósitos de playa y de plataforma marina siliciclástica, con predominio del oleaje y las tempestades (Aramburu *et al.*, *op. cit.*).

- **Fm. Caliza de Candás-Portilla, s.l.** (*Givetiense-Frasniense, Devónico superior*)

Constituida por calizas grisáceas de aspecto masivo, con abundante fauna de corales y estromatopóridos. Su espesor varía entre 40-400 m, y puede presentar a muro un nivel de areniscas de grano fino y a techo niveles de areniscas amarillentas y ferruginosas, así como calizas y margas grises con niveles arenosos.

Las relaciones de contacto con las formaciones infra y suprayacentes son concordantes, siendo el ambiente deposicional un medio arrecifal.

- **Fm. Alba o Caliza Griotte** (*Tournaisiense superior-Viseense, Carbonífero inferior*)

Está formación, denominada así por Comte (*op. cit.*) y van Ginkel (1965), se compone de una serie de calizas micríticas, compactas y nodulosas, de tonalidad rojiza, (Fig. 5 a y b) que alternan con

pizarras del mismo color y con intercalaciones de radiolaritas silíceas de color rojo oscuro. En su parte más alta presentan calizas tabladas grises claras que alternan con margas verdosas y rojizas. Se trata de calizas con textura mudstone a packstone bioclásticas, con abundante fauna de crinoides, cefalópodos, braquiópodos y lamelibranquios. El espesor de la formación varía entre 40-50 m.

Según Sánchez de la Torre *et al.* (1983), el ambiente de sedimentación de la Fm. Alba corresponde al de una plataforma que varía de somera, lo que permite la deposición de las calizas nodulosas, a relativamente profunda, facilitando un medio oxidante de cierta profundidad para la sedimentación de las radiolaritas y así pasar gradualmente a un ambiente reductor y de aguas más tranquilas (facies micríticas con laminaciones y abundante materia orgánica), dando lugar a la sedimentación de la Caliza de Montaña; de ahí que el contacto entre ambas formaciones sea concordante y gradual, aunque la Caliza Griotte no suele resaltar en el relieve al estar normalmente encajada entre formaciones más competentes.

- **Fm. Caliza de Montaña** (*Namuriense-Westfaliense, Carbonífero superior*)
- Denominadas así por Ezquerria del Bayo (1844), se subdividen en dos tramos (Wagner *et al.*, 1971):
 - **Fm. Barcaliente**: Consta de hasta 400 m de calizas mudstone gris oscuras, fétidas, finamente estratificadas, con laminación paralela y escasa fauna y seudomorfo de evaporitas hacia techo (Fernández *et al.*, 2004).

Esta formación se depositó en una plataforma

marina somera restringida, de baja energía y con escasa oxigenación, oscilando su potencia en torno a los 250 m, pero pudiendo alcanzar los 500 m. Se le atribuye una edad Serpujoviense-Bashkiriense, basada en conodontos.

- **Fm. Valdeteja**: Se corresponde con una unidad calcárea, de hasta 1.000 m de espesor y morfología lenticular a gran escala. Está formada por calizas claras y masivas, con abundantes fragmentos de crinoideos, foraminíferos, algas y gasterópodos. Representa el depósito de plataformas carbonatadas elevadas respecto a la cuenca profunda circundante y de márgenes fuertemente pendientes (Eichmüller, 1985; Bahamonde *et al.*, 1997 y 2000). La edad de la formación es Bashkiriense-Moscoviense inferior (Westfaliense).
- **Fm. Caliza de la Escalada** (*Moscoviense inferior-Moscoviense superior, Carbonífero superior*)
Corresponde a un nivel cartográfico bastante continuo en el oriente de Asturias (Unidad del Ponga), con un espesor medio entre 200 y 300 m. Litológicamente está constituida por gruesos bancos de calizas micríticas y bioclásticas preferentemente grises.
- **Fm. Caliza de los Picos de Europa** (*Moscoviense, Carbonífero superior*)
Está constituida por calizas bioclásticas blancas y cremas, masivas a nivel de afloramiento, que hacia el techo pasan a niveles de calizas brechoides rojas, bioclásticas, con gran desarrollo de foraminíferos, corales, esponjas calcáreas y crinoides (presentan gran parecido con la Caliza Griotte). El



Fig. 5- (a) Aspecto de campo. (b) Detalle de bloques de Caliza Griotte
Fig. 5- (a) Griotte limestone outcrop. (b) Close-up of Griotte limestone blocks

ambiente de sedimentación se corresponde con una plataforma carbonatada sobre calizas profundas (micritas laminadas y brechas calcáreas) de la Fm. Valdeteja (Maas, 1974), siendo el espesor de la formación muy variables, entre 600 y 1.000 m..

- **Fm. Gijón** (*Hettangiense-Sinemuriense inferior, Jurásico inferior*)

El Mesozoico de Asturias constituye, de norte a sur, tres dominios sedimentarios: la cuenca de Gijón-Villaviciosa, la "franja móvil intermedia" y el surco de Oviedo (Ramírez del Pozo, 1969).

La Cuenca de Gijón-Villaviciosa se divide en dos megasecuencias deposicionales separadas por una disconformidad (García-Ramos y Gutiérrez-Claverol, 1995): la megasecuencia inferior (Grupo Villaviciosa), predominantemente carbonatada-margosa (marina) y que comprende las formaciones Gijón y Villaviciosa, de edad Hettangiense-Bajociense inferior (Valenzuela *et al.*, 1986) y la superior (Grupo Ribadesella), fundamentalmente siliciclástica (ambiente continental) que comprende las formaciones La Nora, Vega, Tereñes y Lastres.

La Fm. Gijón es una sucesión de predominio carbonatado-dolomítico con una potencia de 100-150 m (Fig. 6). Hacia la base aparecen intercalaciones lutíticas rojizas, grises o negras, así como algún nivel de yesos, mientras que hacia el techo presenta cambios laterales de facies con la Fm. Rodiles.

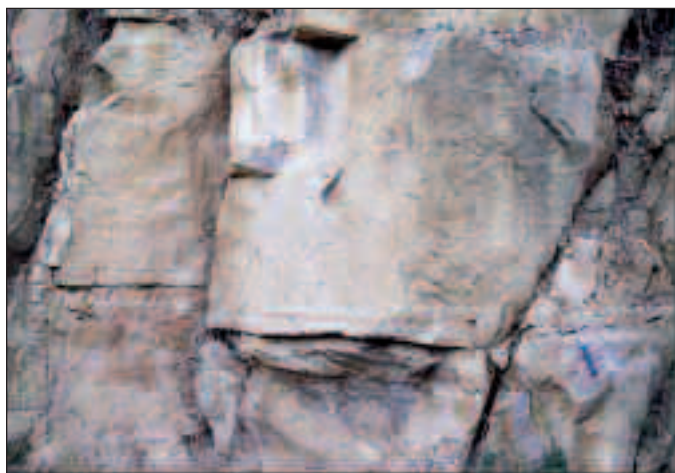


Fig. 6- Afloramiento perteneciente a la Fm. Gijón. Se reconocen tres bancos de calizas laminadas micríticas, de coloración gris clara, de hasta 1,5 m de potencia cada uno. Este tramo, pobremente diaclasado, proporcionaría bloques de grandes dimensiones
Fig. 6- Outcrop of the Gijón Fm., in which three banks of micritic laminated limestones are recognized, showing light grey colour and up to 1,5 m thick each one. This section of poorly jointed limestones would provide blocks of large size

Tanto los depósitos de la Fm. Gijón como los de la Fm. Rodiles comenzaron a acumularse en llanuras micromareales carbonatado-evaporíticas, así como en "lagoons" restringidos y someros que evolucionan hacia techo a términos de plataforma marina (Valenzuela Fernández, 1988).

La edad atribuida a esta formación es Hettangiense-Sinemuriense inferior (Suárez Vega, 1974).

- **Fm. Lastres** (*¿Dogger?-Kimmeridgiense, Jurásico medio-superior*)

Presenta una litología heterogénea con alternancias de areniscas grises, beige y pardo-amarillentas, con cemento carbonatado, en capas de espesores variables (1 a 8 m) y con estratificaciones cruzadas y oblicuas (Fig. 7), junto con limolitas, lutitas, margas y capas calcáreas. La sucesión puede alcanzar más de 500 m de espesor.

Se trata de una sucesión terrígena que representa la superposición vertical de pequeños sistemas deltaicos de dominio fluvial (Valenzuela Fernández, *op. cit.*).

Las areniscas jurásicas han sido explotadas a lo largo de los siglos para la elaboración de sillares en la construcción de edificios, con un alto grado de interés patrimonial.

- **Calizas aptienses** (*Aptiense, Cretácico inferior*)

La formación calcárea aptiense se presenta, de muro a techo, en dos crestones:

- *Crestón inferior*: en la base aparecen calizas nodulosas, con un espesor de 2 m que, a techo, pasan a calizas micríticas de color marrón claro y grano grueso, con abundantes vetas de calcita y restos fósiles (gasterópodos y bivalvos),



Fig. 7- Detalle de los bancos de areniscas de la Fm. Lastres
Fig. 7- Detail of sandstone banks of the Lastres Fm.

localmente dolomitizadas y presentándose en bancos de 0,60-4 m de espesor.

- *Crestón superior*: caliza gris, de aspecto masivo y abundante fauna. Lateralmente se hace nodulosa y varía de espesor.

Desde el punto de vista ornamental los tramos más interesantes son los basales, en el contacto con la Fm. Barcaliente. Los tramos superiores van siendo cada vez más arenosos y grises y acaban con una calcarenita que suele dar bastante relieve en campo.

- **Calcarenitas en Facies Utrillas (Albiense-Cenomaniense, Cretácico)**

Se distinguen tres tramos:

- *Tramo inferior*: formado por areniscas de grano medio, con cemento silíceo, sobre las que se apoyan facies de abandono deltáico de desarrollo métrico y abundante fauna, lutitas carbonatadas y areniscas blancas y que, hacia techo, pasan a areniscas versicolores y lutitas carbonosas.
- *Tramo intermedio*: constituido por arenas de grano medio a fino, no cementadas, de color blanco a amarillo-naranja, con intercalaciones de areniscas calcáreas bioclásticas y barras carbonatadas con capas lumaquéllicas de orbitolinas.
- *Tramo superior*: esencialmente carbonatado, siendo la base un paso gradual con alternancia de capas carbonatadas y capas bioclástico-arenosas que, hacia techo, pierden el componente arenoso y se hacen básicamente calcáreas, culminando la serie con un tramo de calizas nodulosas.

Los materiales objeto de estudio son las barras calcáreas correspondientes a los tramos intermedio y superior que, normalmente, suelen dar resaltes topográficos en el terreno. Las barras calcáreas están formadas por una caliza dolomítica muy compacta, de color beige a amarillo, con vetas de calcita y presencia de fósiles recristalizados. La potencia de los bancos es variable y oscila entre los 0,40 y los 2 m, alcanzando el tramo un espesor que varía entre los 10-15 m.

El medio deposicional de la serie cretácica comienza con facies fluviales distales, deltáicas y mareales, para pasar a depósitos de lagoon y plataforma carbonatada, dentro de unas condiciones generales transgresivas.

ambientales como de carácter intrínseco al recurso, dentro de una búsqueda de compromiso de la minería con el medioambiente y el desarrollo sostenible. Para ello los criterios definidos para la ejecución del trabajo (Baltuille *et al.*, 2003) han sido los siguientes:

- Definición de parámetros de canterabilidad favorables: ausencia o escasez de fracturación, ausencia de oxidaciones y karstificación, tamaño de grano apropiado, potencia suficiente, continuidad lateral, dimensiones que aseguren explotabilidad a la cantera, etc.
- Viabilidad de obtener bloques pequeños y medianos, capaces de entrar en el telar (1-4 m³).
- Ausencia de interacción con Zonas Medioambientalmente Protegidas: Parques Naturales y Reservas Naturales, principalmente (la superficie cubierta por Espacios Naturales Protegidos en Asturias supone un 35 % de los 10.564 km² de la Comunidad).
- Accesibilidad de la zona o viabilidad técnico-económica y ambiental futura de tenerla.
- Ubicación alejada de núcleos importantes de población.
- Topografía inferior a los 1.000 m: cota considerada límite, desde el punto de vista de la climatología, dadas las características morfoclimáticas del Principado.

La metodología empleada para la realización de la investigación de roca ornamental en el Principado de Asturias, se ha llevado a cabo en dos etapas, la primera con objeto de reducir la extensión de terreno a investigar y la segunda con el fin de delimitar zonas de interés ornamental. Para llevar a cabo estas fases se ha utilizado la siguiente sistemática:

Fase 1ª.- Exploración regional a escala 1: 50.000

Recopilación de la información geológico-minera

Se ha revisado y evaluado aquella información, generada en los últimos años, que trata sobre las posibilidades de roca ornamental en el Principado de Asturias. Para lo cual se han analizado los fondos documentales del Instituto Geológico y Minero de España, Universidad de Oviedo, ETSIM de Oviedo, Gobierno de Asturias y las principales revistas técnicas.

Exploración previa

Dada la amplitud de la zona a investigar, se consideró oportuno diseñar una campaña previa de exploración regional. Para ello se tuvo que revisar la totalidad de la cartografía MAGNA a escala 1:50.000 del Principado (31 hojas), realizándose distintos recorridos de campo en las zonas más favorables de aquellas formaciones que presentaban posible interés ornamental, centrándose en las áreas donde las corridas

Metodología de la investigación

La investigación ha tenido en cuenta tanto aspectos

son más rectilíneas, alejándose de las zonas de charnela, mantos de cabalgamiento y bandas altamente tectonizadas.

Localización y reconocimiento de indicios y explotaciones

Una vez recopilados todos los datos sobre indicios y explotaciones ya conocidos, se procedió a un estudio sobre fotografía aérea con el fin de investigar la existencia de indicios desconocidos o no inventariados hasta entonces, ubicar con mayor precisión, el alcance de las explotaciones e indicios ya conocidos y hacer una primera evaluación del impacto ambiental de las explotaciones

Se utilizaron fotogramas del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:30.000, con solape parcial para visión estereoscópica. Se prestó especial atención a la localización de escombreras, calicatas, pistas de acceso, lavaderos, etc., que pudiesen indicar antiguas labores abandonadas.

Posteriormente, se procedió al reconocimiento de todos y cada uno de los indicios y explotaciones inventariadas, contabilizando un total de 206. De estos puntos, preferentemente huecos mineros de explotaciones abandonadas o activas y afloramientos, se tomaron una serie de datos: administrativos, situación geográfica, geológicos, extractivos, producciones, usos reales o posibles, etc., para completar una ficha de cada uno de ellos, capaz de ser tratada informáticamente y poder obtener una base de datos georreferenciada.

Revisión y síntesis geológica para la preparación de cartografía de Recursos Ornamentales de Asturias a escala 1:200.000

Para situar las estaciones estudiadas a lo largo de la investigación, y dado que no existía en la Comunidad Asturiana una cartografía geológica de este detalle, se consideró necesario diseñar y elaborar una cartografía de Recursos Ornamentales del Principado de Asturias, a escala 1:200.000.

Para ello, se ha realizado una síntesis geológica de las diferentes cartografías existentes, digitalizando los resultados. En dicho mapa, se representan todas las estaciones visitadas, separando el tipo y su estado actual (explotación activa, intermitente, abandonada o indicio), uso, la sustancia extraída, las distintas unidades y formaciones geológicas, áreas protegidas medioambientalmente (parques nacionales, naturales, paisajes protegidos, etc.).

El resultado es un mapa, de ámbito autonómi-

co, donde queda reflejado el potencial minero-ornamental de las principales formaciones objeto de estudio del Principado de Asturias.

Digitalización de la cartografía

Para la ejecución de la cartografía de Recursos Ornamentales de Asturias a escala 1:200.000 se han empleado técnicas digitales, que permiten un tratamiento más completo de los datos reflejados en la cartografía, a la vez que facilitan la inclusión de la misma en cualquier Sistema de Información Geográfica.

Para la realización del trabajo, además de la digitalización de los contactos entre las diferentes unidades geológicas, se han incorporado: toda la base altimétrica del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:200.000 (con localidades, carreteras de distinto orden, etc.), la red fluvial, las distintas zonas protegidas medioambientalmente, así como la ubicación exacta de las estaciones visitadas.

El resultado final ha sido la obtención de un producto cartográfico de gran calidad y que permite obtener, en cualquier momento, el mapa más ajustado a cada necesidad, con las correspondientes capas de información que sean necesarias.

Muestreo selectivo para ensayos de caracterización ornamental

Dadas las características de la investigación, el principal factor que convenía resaltar en esta primera fase eran las características ornamentales y estéticas de las diferentes facies estudiadas, para ello se realizó un muestreo selectivo en algunos de los 206 puntos investigados. Los resultados alcanzados sobre las muestras pulidas, permiten ser optimistas acerca de obtener variedades comerciales con tonalidades y aspectos muy atractivos para los actuales gustos del mercado (negros, rojos, gris-verdosos, grises, etc.).

Preparación, diseño y carga de una Base de Datos georreferenciada

Para el aprovechamiento de la información obtenida, se ha diseñado una Base de Datos georreferenciada que permite disponer de una serie de capas de información: geología, rocas ornamentales, altimetría, redes viarias, términos municipales y toda la información, tanto gráfica como de texto disponible en cada uno de los diferentes puntos estudiados.

Definición de Zonas Favorables

Con todos los datos obtenidos a lo largo de esta fase, se concretaron zonas favorables para el estudio de roca ornamental, donde profundi-

zar la investigación en una segunda fase. Estas zonas comprendían una o varias subzonas, y los materiales a estudiar pertenecían a una o varias formaciones.

Fase 2ª.- Investigación local a escala 1: 25.000

Evaluación minera

Una vez definidas las 16 zonas básicamente favorables, se realizaron en ellas los trabajos pertinentes de valoración y evaluación minera. En concreto la investigación se centró en dos aspectos principales:

Propiedades intrínsecas de los afloramientos.

- morfología: masiva o tabular, dimensiones, zonación de facies, etc.
- estratificación: espesores, superficies interstratos, buzamientos.
- módulo estructural: fallas, fracturas, diaclasas, juntas, etc.
- densidad de fracturación: número de fracturas, espaciado, continuidad, penetración.
- metamorfismo: tipo, zonación, mineralogía, etc.
- presencia o no de fenómenos de meteorización y/o karstificación.
- grado de vistosidad de la roca: color, recristalizaciones, tamaño de grano, textura, fósiles, microfracturaciones, grado de homogeneidad.

Factores condicionantes de la explotabilidad o canterabilidad.

- recursos: en esta fase son puramente orientativos, ya que se carece de elementos suficientes para poder hablar de recursos.
- impacto ambiental: la afección que la futura explotación puede ocasionar sobre el Medio Ambiente, es un elemento de suma importancia y que va a ser determinante a la hora de continuar o no con una investigación posterior, más detallada y profunda.
- recubrimiento: nos referimos, además de a los depósitos aluviales y eluviales, a aquellos niveles que puedan ocultar la formación estudiada y que, a veces, representan valores tan importantes que hacen inviable la futura explotación.
- topografía y rasgos morfológicos: el relieve y la morfología pueden influir positiva o negativamente en la viabilidad económica e incluso técnica de la explotación.
- accesos y comunicaciones: es una cuestión que conviene conocer ante una eventual explotación del área, debido a la repercusión que puede tener la construcción de nuevos viales en el coste de explotación.

- infraestructura industrial próxima: la presencia de infraestructura industrial relacionada con la transformación del material suele ser un elemento que, aunque no es decisivo por si mismo, puede favorecer la explotabilidad del yacimiento al reducir costes de transporte.
- actividad extractiva en el entorno: la existencia de actividad extractiva de roca ornamental en el entorno, es un indicador de que el recurso tiene una potencialidad cierta de ser explotable, además de implicar en la zona una "cultura" de la piedra que es muy útil para diferentes aspectos relacionados con la explotación.

Análisis foto-geológico y tratamiento de imágenes, a escala 1:18.000 y 1:5.000

De cara a la preparación de la cartografía geológica, se ha realizado el análisis foto-geológico correspondiente, habiéndose tratado informáticamente 135 imágenes.

El análisis se efectuó sobre fotogramas del vuelo de 1.994 del Principado de Asturias, a escala 1:18.000, en la totalidad de las zonas, a excepción de la Zona 7 cuya escala era 1:5.000.

Cartografía geológica a escala 1:25.000 y 1:10.000

El resultado de estos trabajos se ha reflejado en una cartografía geológica, a escala 1:25.000, digitalizada y tratada informáticamente. Se han cartografiado un total de 15 de las zonas estudiadas, a esta escala, con una superficie total cartografiada de unas 20.000 ha.

Dadas las características de tamaño e interés de la Zona 7 (Noreste de Grado), se consideró oportuno el realizar su cartografía a escala 1:10.000, habiéndose cartografiado un total de 65 ha.

Analítica y Ensayos tecnológicos

Tras la etapa de cartografía y evaluación minera, se ha procedido a la toma de muestras inalteradas para obtener plaquetas pulidas de las distintas formaciones y someterlas a una batería de ensayos tecnológicos básicos, con objeto de determinar su aptitud para el empleo como roca ornamental. A tal fin se han realizado los siguientes ensayos normalizados:

- Peso específico aparente (UNE EN 1936:99)
- Coeficiente de absorción de agua (UNE EN 13755:02)
- Porosidad abierta y total (UNE EN 1936:99)

Análisis estructural de macizos rocosos

Para definir las características de los distintos macizos, se ha realizado un estudio estructural que consta de un análisis detallado de la geo-

metría de los cuerpos rocosos y de su estado de fracturación, para estimar los tamaños de los bloques a extraer (Blocometría y Análisis Fractal), evaluando así la potencialidad del yacimiento y minimizando el volumen de vertidos que se enviará a escombrera.

Dicho estudio se basa en el levantamiento de perfiles estructurales y la realización de estaciones geomecánicas para la medida de fracturación.

En las estaciones geomecánicas se realizan las siguientes determinaciones:

- fracturas sistemáticas y no sistemáticas
- identificación de familias de fracturas sistemáticas
- medida de la continuidad de las fracturas sistemáticas
- medida de los espaciados medios de las principales familias
- rellenos, apertura, estrías de deslizamiento, etc.

Todas las medidas obtenidas han pasado un tratamiento matemático (informático), para la obtención del modelo estructural del macizo.

Estudio básico de Impacto Ambiental

Esta 2ª Fase se complementa con la realización de un Estudio básico de Impacto Ambiental en las zonas más favorables de las localizadas, de forma que se cuente con una valoración clara y definida de las posibles afecciones al medio que, una explotación de roca ornamental, podría generar en la zona.

Delimitación de Zonas de Interés Ornamental

Una vez realizados todos los estudios que componen esta 2ª fase, se realizó una segunda campaña de muestreo, en las áreas que presentaban las mejores características para la explotación de roca ornamental y además de la realización de las losetas pulidas, se llevó a cabo una batería de ensayos de caracterización tecnológica, para concluir con la delimitación y concreción de 21 Zonas de Interés Ornamental (ZIO's) perfectamente demarcadas, cartografiadas y con los materiales aflorantes caracterizados.

Conclusiones

Tras la investigación realizada en el Principado de Asturias, de cara a localizar y definir recursos carbonatados y siliciclásticos susceptibles de ser empleados en el subsector de la roca ornamental, de forma que ello permita la creación de un mercado propio y ajustado a los mecanismos actuales, dejando a un

lado planteamientos de tipo artesanal y minifundista que en la actualidad existen, se han obtenido una serie de resultados que permiten afrontar el futuro con optimismo:

- Creación de un Inventario de Explotaciones e Indicios, con 206 registros estudiados y evaluados, sustentado en fichas normalizadas e informatizadas.
- Diseño de una Base de Datos georreferenciada, y carga de toda la información obtenida.
- Realización de 4 mapas de Asturias, a escala 1:200.000, sobre diferentes aspectos relacionados con las rocas ornamentales y/o de construcción:
 - "Mapa Geológico del Principado de Asturias"
 - "Mapa de Recursos carbonatados y silíceos de Asturias, de cara a su posible uso como roca ornamental (formaciones post-cámbricas)"
 - "Mapa de formaciones y explotaciones, de potencial interés ornamental y de construcción, de Asturias"
 - "Mapa de Zonas Favorables, para la investigación de detalle para roca ornamental y de construcción, de Asturias"
- Preparación de una extensa colección de losetas pulidas, para valorar las posibilidades cromáticas de las distintas unidades litológicas investigadas y realización de los correspondientes ensayos de caracterización tecnológica. (Fig. 8)
- Determinación de las formaciones que presentan mejores perspectivas desde el punto de vista ornamental:
 - Fm. Rañeces (Devónico inferior)
 - Fm. Moniello (Devónico inferior- medio)
 - Fm. Caliza de Candás (Devónico medio-superior)
 - Fm. Alba o Caliza Griotte (Carbonífero inferior)
 - Fm. Calizas de Picos de Europa (Carbonífero superior)
 - Fm. Gijón (Jurásico inferior)
 - Fm. Lastres (Jurásico medio-superior)
 - Calizas aptienses (Cretácico inferior)
 - Calcarenitas en Facies Utrillas (Cretácico)
- Las principales características ornamentales de estas formaciones son:

Formación Rañeces

- presencia de dos tipos de facies:
 - + caliza rojiza, granuda o micrítica y muy fosilífera (braquiópodos, briozoos y crinoides).
 - + caliza grisácea, granuda y muy bioclástica.
- espesores de bancos de orden métrico (1 a 3 m).

Formación Moniello

- presencia de tres tipos de facies:
 - + caliza gris clara, de grano medio a grueso,



Fig. 8- Variedades cromáticas de caliza con posible uso ornamental en el principado de Asturias
 Fig. 8-Chromatic varieties of limestones with possible ornamental use in the Principality of Asturias

- bioclástica (braquiópodos y corales) con presencia de macrocristales y vetas de calcita
- + caliza gris oscura, de grano fino, con porosidad fenestral rellena por calcita, presencia de fósiles y abundantes vetas de calcita
- + caliza rojiza que suele aparecer a techo de la formación, próxima al contacto con la Fm. Areniscas del Naranco. Se trata de una facies bioclástica, con vetas de calcita y en ocasiones recristalizada, es muy vistosa, pero suele presentarse de un modo irregular y con escasa potencia. La coloración es de origen diagenético y es debida a la circulación, por fracturas y diaclasas, de óxidos de hierro procedentes de las areniscas ferruginosas superiores (Fm. Areniscas del Naranco), por lo que su distribución y desarrollo es muy irregular

- espesores de bancos de orden métrico (0,5 a 3 m)

Formación Caliza de Candás

- presencia de un único tipo de facies: caliza gris de clara a oscura, de grano fino, fosilífera, con abundantes vetas de calcita y en ocasiones presenta un bandeo gris-rojizo, aunque estas tonalidades sean debidas, probablemente, a procesos diagenéticos, lo que implica que su continuidad y desarrollo sean irregulares
- espesores de bancos de 1 a 2 m

Formación Alba o Caliza Griotte

- presencia de dos tipos de facies:
 - + (facies principal): caliza con coloraciones rojizas a rosadas, de grano fino a medio, con abundancia de restos fósiles y de vetas de calcita
 - + (facies secundaria): caliza con coloraciones grises e incluso verdosas, de grano fino a medio
- espesores de bancos entre 0,40-0,70 m; aunque, localmente, alcanzan el orden métrico (1,20-1,50 m)

Formación Caliza de los Picos de Europa

- caliza micrítica, en facies blanquecina, crema y rosada, de grano fino, con abundantes restos fósiles, vetas de calcita y suturas estilolíticas. La red de fracturación es muy elevada, aunque generalmente está sellada
- su aspecto general es masivo y se llegan a observar grandes bloques

Formación Gijón

- presencia de un único tipo de facies: caliza gris oscuro, de grano muy fino y con porosidad fenestral hacia el techo de la serie
- espesores de bancos de 2 m

Formación Lastres

- alternancia de areniscas amarillentas y grisáceas, con cemento carbonatado, junto con lutitas, limolitas, margas, capas calcáreas y capas lumaquéllicas, que completan la serie
- espesores de bancos de hasta 4 m

Calizas aptienses

- presencia de un único tipo de facies, con interés ornamental: caliza micrítica de color marrón claro y grano grueso, localmente dolomitizada, con abundantes vetas de calcita y restos fósiles (gasterópodos y bivalvos)
- bancos de 0,60-4 m de espesor.

Calcarenitas en Facies Utrillas

- presencia de tres tipos de facies:
 - + caliza nodulosa de color rosado, oquerosa y de aspecto brechoide
 - + caliza micrítica de color crema, tableada en bancos estrato-decrecientes de un espesor máximo de 0,40 m
 - + caliza dolomítica muy compacta, pardo-amarillenta, con restos de fauna recristalizada (bivalvos, orbitolinas) y vetas de calcita. Presenta suturas estilolíticas y pátinas de oxidación por óxidos de hierro, especialmente en los fósiles
- se presentan en capas, a veces anastomosadas, con cierta continuidad lateral y un espesor de 0,60 a 1,20 m. La potencia del tramo puede alcanzar los 8 m
- la caliza dolomítica, del tramo superior, ha sido utilizada en la zona como roca de construcción
- Definición de un total de 16 Zonas Básicamente Favorables, de poder albergar recursos potenciales de roca ornamental.
- 135 fotogramas tratados e interpretados fotogeológicamente a escala 1:18.000 y 1:5.000.
- 20.000 ha de cartografía geológico-minera a escala 1:25.000, distribuidas en 15 áreas con un total de 284 estaciones realizadas y 65 ha de cartografía geológico-minera a escala 1:10.000, distribuidas en 1 área y un total de 12 estaciones.
- Realización de 24 baterías de ensayos tecnológicos normalizados, constituidos por:
 - Peso específico aparente (UNE EN 1936:1999)
 - Coeficiente de absorción de agua (UNE EN 13755:2002)
 - Porosidad abierta y total (UNE EN 1936:1999)
- Determinación del Módulo Estructural de los macizos rocosos con interés ornamental.
- Delimitación y concreción de 21 Zonas de Interés Ornamental (ZIO's) perfectamente demarcadas, cartografiadas y con los materiales aflorantes caracterizados.

Referencias

- Aramburu, C., Méndez-Bedia, I., Arbizu, M. y García-López, S. 2004. La secuencia preorogénica / En "Geología de España" (J.A. Vera Ed. princ.). *SGE-IGME*, 27-34.
- Bahamonde, J.R., Colmenero, J.R. and Vera de la Puente, C. 1997. Growth and demise of late Carboniferous carbonate platforms in the eastern Cantabrian Zone. Asturias north-western Spain. *Sedimentary Geology*, 110, 99-122.
- Bahamonde, J.R., Vera de la Puente, C. and Colmenero, J.R. 2000. A steep-fronted Carboniferous carbonate platform: clinoformal geometry and lithofacies (Picos de Europa Region, NW Spain). *Sedimentology*, 47, 645-664.
- Baltuille, J.M., López, M^a.T., Monteserín, V., Nuño, C., del Olmo, A., Solar, B. y Vivar, V. 2003. Posibilidades de roca ornamental en el norte de la Península Ibérica (Principado de Asturias), dentro de un contexto minero sostenible. *III Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción (Comunicaciones)*. CD-ROM, 17 pp. San Juan, Argentina.
- Barrois, Ch. 1882. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mémoire de la Société Géologique du Nord.*, 2, 1, 630 pp.
- Comte, P. 1959. Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique. *Memoria del Instituto Geológico y Minero de España*, 60, 440 pp.
- De Coo, J.C.M. 1974. Lithostratigraphy of the Devonian Santa Lucía Limestone in León. Spain. *Tesis Doctoral, Univ. Leiden*, 87 pp.
- Eichmüller, K. 1985. Die Valdeteja Fm: Aufbau und Geschichte einer oberkarbonischen Karbonatplattform (Kantabrisches Gebirge, Nordspanien). *Facies*, 13, 45-155.
- Ezquerro del Bayo, J. 1844. Descripción geognóstica y minera de la provincia de Palencia. *Boletín Oficial de Minas*, 14, 160-163.
- Fernández, L.P., Bahamonde, J.R., Barba, P., Colmenero, J.R., Heredia, N., Rodríguez-Fernández, L.R., Salvador, C., Sánchez de Posada, L.C., Villa, E., Merino-Tomé, O y Motis, K. 2004. Secuencia sinorogénica. En: Vera, J.A. (ed), *Geología de España*. *SGE-IGME*, 34-42.
- García-Ramos J.C. y Gutiérrez-Claverol, M. 1995. La Geología de la Franja Costera Oriental y de la Depresión Prelitoral de Oviedo-Cangas de Onís. En: Aramburu, C. y Bastida, F. (eds.), *Geología de Asturias*. Editorial Trea, 247-258, Gijón.
- Julivert, M. 1971. Dècollement tectonic in the Hercynian Cordillera of Northwest Spain. *American Journal of Sciences*, 270, 1-29.
- Julivert, M. and Marcos, A. 1973. Superimposed folding under flexural conditions in the Cantabrian zone (Hercynian Cordillera, NW Spain). *American Journal of Sciences*, 239, 353-375.
- Lotze, F. 1945. Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6, 78-92. Traducción española por J. M^a. Ríos, *Publicaciones Extranjeras sobre geología de España*, V, 149-166 (1961). Madrid.
- Maas, K. 1974. The geology of Liébana, Cantabrian Mountains, Spain; deposition and deformation on a flysch area. *Leidse Geologische Mededelingen*, 49, 379-465.
- Meléndez, G., García-Ramos, J.C., Valenzuela, M., Suárez de Centi, C. and Aurell, M. 2002. Asturias. En: Gibbons, W and Moreno, T. (eds), *The Geology of Spain. The Geological Society*, 213-215.
- Méndez-Bedia, I. 1976. Biofacies y litofacies de la Formación Moniello-Santa Lucía (Devónico de la Cordillera Cantábrica, NO de España). *Trabajos de Geología*, 9, 1-93.
- Méndez-Bedia, I., Soto, F. and Fernández Martínez, E. 1994. Devonian ref. types in the Cantabrian Mountains (NW Spain) and their faunal composition. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 172, 161-183.
- Ramírez del Pozo, J. 1969. Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa). *Boletín Geológico y Minero de España*, 80, 19-44.
- Suárez del Río, L.M., Calleja Escudero, L., Ruiz de Argandoña, V.G., Rodríguez Rey, A., Alonso Rodríguez, F.J. y Díez Sarria, I. 2001. Caracterización tecnológica de rocas ornamentales de Asturias. *Dptº. Geología (Petrología y Geoquímica)*. Universidad de Oviedo, 100 pp.
- Suárez del Río, L.M., Calleja Escudero, L., Díez Sarria, I., Ruiz de Argandoña, V.G., Rodríguez Rey, A. y Alonso Rodríguez, F.J. 2002. Las rocas ornamentales de Asturias. *ROC MAQUINA*, 75, 30-38.
- Suárez Vega, L.C. 1974. Estratigrafía del Jurásico de Asturias. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 3 (1 y 2), 368 pp.
- Valenzuela Fernández, M. 1988. Estratigrafía, sedimentología y paleogeografía del Jurásico de Asturias. *Tesis doctoral, Univ. de Oviedo*.
- Valenzuela, M., García-Ramos, J.C. y Suárez de Centi, C. 1986. The Jurassic Sedimentation in Asturias (N. Spain). *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo. 16, 121-132.
- Van Ginkel, A.C. 1965. Carboniferous fusulinids from the Cantabrian Mountains (Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 34, 1-125.
- Vera de la Puente, C. 1988. Estratigrafía, sedimentología y paleogeografía de los Grupos Rañeces y La Vid en la Cordillera Cantábrica. *Tesis Doctoral, Univ. de Oviedo*, 653 pp.
- Vera, J.A. (Ed.) 2004. Geología de España. *SGE-IGME*, 884 pp.
- Wagner, R.H., Winkler Prins, C.F. and Riding, C.E. 1971. Lithostratigraphic units of the lower part of the Carboniferous in northern Leon, Spain. *Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo*, 4, 603-663.

Recibido: Septiembre 2005.

Aceptado: Junio 2006.