

Procesos y productos de alteración de formaciones rocosas en Asturias y su repercusión socio-económica

M. Gutiérrez Claverol⁽¹⁾, L. Pando⁽¹⁾ y J. C. García-Ramos^(1,2)

(1) Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. Jesús Arias de Velasco, s/n, 33005 Oviedo.
claverol@geol.uniovi.es, lpando@geol.uniovi.es

(2) Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), Colunga.
jcgramos@geol.uniovi.es

RESUMEN

En este artículo se describen fenómenos de alteración sobre petrologías de distinta naturaleza, varios de los cuales por su intensidad han generado acumulaciones relevantes de materiales residuales en Asturias a lo largo de su historia geológica; asimismo muestran potencias métricas abarcando al tiempo amplias extensiones, de forma que, en ocasiones, han llegado a ser interpretados erróneamente como formaciones litoestratigráficas. Por otro lado, poseen un gran interés social, tanto por el beneficio económico derivado de su industria extractiva de materiales procedentes de la degradación de rocas paleozoicas, como por la problemática geotécnica en núcleos urbanos u obras de ingeniería civil causada por los residuos arcillo-arenosos, producto de la disolución de rocas carbonatadas mesozoicas.

Palabras clave: alteración, arenización, descalcificación, ingeniería geológica

Alteration processes and residual deposits affecting rock formations in Asturias and its socioeconomic impact

ABSTRACT

Phenomena of alteration affecting different rock formations in Asturias are described in this paper; several of them have generated significant accumulations of residual materials along its geological history, and they have metric thicknesses while covering vast extensions, so that at times have been interpreted as lithostratigraphic formations. On the other hand, they have a great social interest related to the economic benefit derived from mining of materials which proceeding from the degradation of Palaeozoic units. Also, many geotechnical difficulties located in urban areas or civil constructions are caused by decalcification clays and sand. They are originated from the dissolution of Mesozoic carbonate rocks.

Key words: alteration, decalcification, engineering geology, grain segregation

Introducción

A pesar de su relativa importancia económica, en Asturias no se ha prestado una adecuada atención a los materiales residuales resultantes de la degradación de niveles rocosos, en especial en ciertos casos en los que aquéllos alcanzan un gran desarrollo. Su amplia distribución y espesor, han dado lugar a cartografías donde, de forma equivocada, han sido interpretados como nuevas formaciones litoestratigráficas al uso, y se ha obviado o malinterpretado su génesis, desatendiendo al tiempo los mecanismos actuantes en la misma.

El objetivo por tanto de este trabajo es la integración e interpretación de la información a fin de establecer correctamente la relación entre estos produc-

tos y los niveles del sustrato, estudiando cómo han evolucionado los procesos de alteración. Para ello, como estructura de exposición, en la descripción que sigue se repasarán las características geológicas (lito- logía, estructura, potencia y edad) de las formaciones pétreas originales, los mecanismos de alteración dominantes y las características de los productos resultantes en términos de naturaleza granulométrica y composicional (Pédro y Delmas, 1980; Nahon, 1991; Wilson, 2004). De igual forma se expone su repercusión e incidencia socio-económica, pues diversas explotaciones han beneficiado estos depósitos en diferentes puntos del territorio asturiano.

En el Principado se dispone de buenos ejemplos de materiales residuales (Fig. 1), entre los que prevalecen los procedentes de carbonatos (Jurásico,

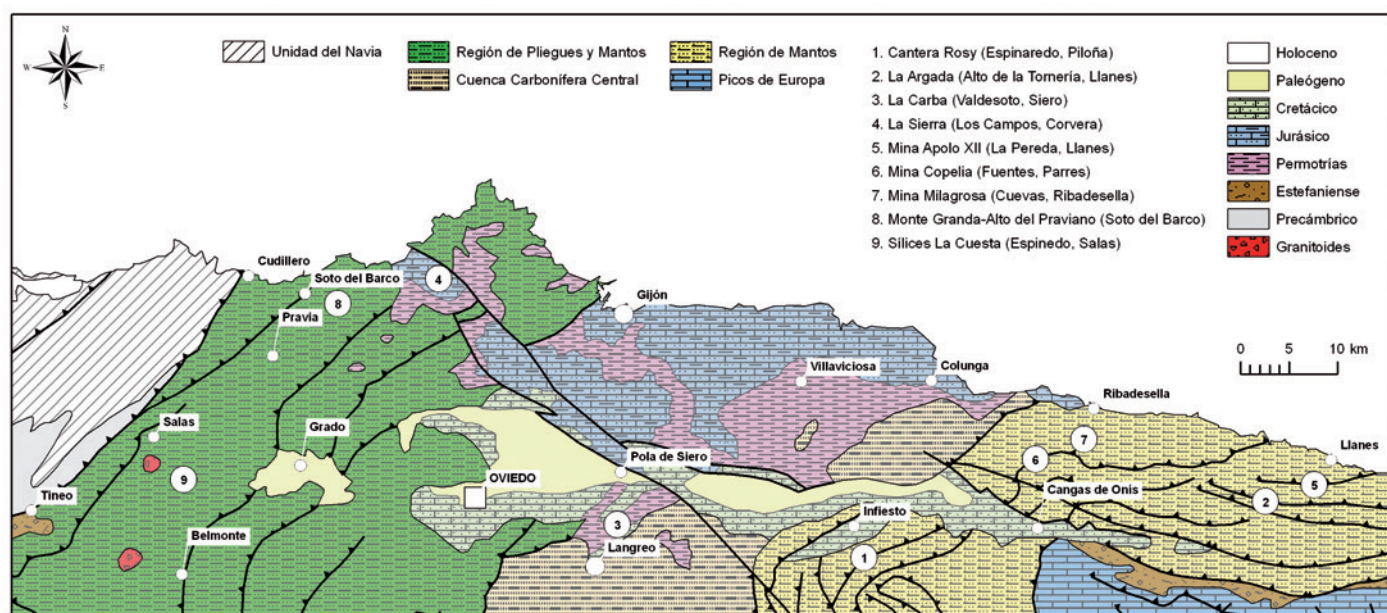


Figura 1. Localización de las explotaciones de materiales de alteración más relevantes en Asturias.

Figure 1. Location of the most relevant mining exploitations related to residual deposits in Asturias.

Cretácico), pizarras (Devónico, Carbonífero), areniscas-cuarcitas (Cambro-Ordovícico, Devónico, Jurásico), evaporitas (Triásico Superior-Jurásico Inferior) y rocas volcánicas (Cambro-Ordovícico).

Alteración de calizas, dolomías y margas

Aunque los fenómenos de disolución de calizas, dolomías y margas, con la consiguiente liberación de residuos insolubles, están muy extendidos a lo largo de todo el territorio asturiano, son particularmente destacables los que afectan a determinadas unidades litológicas del Jurásico y Cretácico.

Jurásico

Valenzuela *et al.* (1986) diferencian en la cuenca jurásica asturiana las siguientes formaciones, de muro a techo: Gijón, Rodiles, La Nora-Vega, Tereñes y Lastres. Las dos primeras unidades poseen naturaleza carbonatada, el resto presentan carácter siliciclástico, o mixto.

Dentro de la Formación Gijón (Triásico Superior-Jurásico Inferior), se diferencian tres miembros (González Fernández *et al.*, 2004) reconocibles a lo largo de toda la cuenca jurásica:

- **Miembro inferior.** Representado por calizas micrí-

ticas y dolomías con alguna intercalación margosa. Su potencia alcanza unos 100 m en la zona oriental.

- **Miembro medio.** Está constituido por brechas, predominantemente de colapso, con intercalaciones lutítico-margosas. Su espesor varía de 80-100 m a poco más de una decena de metros en el sector occidental.
- **Miembro superior.** Consta de una alternancia de calizas micríticas de color gris oscuro, calizas oolíticas y estromatolíticas y, ya en el tránsito a la unidad suprayacente, calizas nodulosas, bioclásticas oolíticas y arenosas. Además, comprende eventuales niveles de brechas que desaparecen lateralmente. Su potencia supera los 70 metros en el ámbito de Villaviciosa.

La Formación Rodiles (Jurásico Inferior-Medio), por su parte, está formada por una alternancia rítmica de calizas y margas. Se diferencian en ella dos miembros:

- **Miembro Buerres.** Constituido por calizas micríticas grises muy nodulosas con niveles margosos. Su espesor es del orden de 30-40 m.
- **Miembro Santa Mera.** Compuesto por una alternancia rítmica de calizas arcillosas grises (micritas y biomicritas) y margas de similar tonalidad; muestra una potencia cercana a los 40 m en la zona oriental de Gijón.

De manera general, se constata una variación en el

espesor de los carbonatos, originada, tanto por factores sedimentológicos, como a causa de la actividad tectónica previa al depósito de los sedimentos terrígenos suprayacentes. Así, las frecuentes fallas que afectan a la cuenca jurásica han condicionado la conservación o ausencia de las sucesiones carbonatadas por erosión en los bloques elevados. Tras la sedimentación de las unidades carbonatadas descritas se produjo una importante etapa erosiva que dismanteló buena parte de las mismas, depositándose a continuación la Formación La Ñora. Esta sucesión, de carácter conglomerático silíceo, favorece por su permeabilidad la circulación y acumulación de aguas subterráneas.

El basamento calcáreo-dolomítico, en contacto con aguas dulces de filiación acuífera ha sufrido una

paulatina alteración química, mediante una intensa y profunda descarbonatación. En el proceso jugó un papel decisivo la etapa de exposición subaérea y erosión anterior a la sedimentación de la Formación La Ñora y, una vez depositada ésta, el aporte de agua que trajo consigo gracias a su permeabilidad.

Como resultado del proceso de descalcificación, en buena parte de la cuenca jurásica se dispone por encima de las unidades carbonatadas un tramo arcilloso de varios metros de espesor y coloración pardo-amarillenta o beige (Gutiérrez Claverol *et al.*, 2002; Torres Alonso *et al.*, 2003; López Fernández *et al.*, 2006). Este eluvial pasó desapercibido en las cartografías geológicas a escala regional, o incluso fue erróneamente interpretado como una sucesión mesozoica más. En las inmediaciones de Peón



Figura 2. Talud en la Autovía A-8 (km 351) en el que se aprecia el contacto entre la ritmita del sustrato rocoso (calizas y margas del Jurásico Inferior) y las arcillas de alteración.

Figure 2. Slope in the A-8 Highway (km 351) in which it is observed the contact between the rhythmite of the bedrock (Lower Jurassic limestone and marl) and the alteration clays.

(Villaviciosa), Cadavieco (1966) habla de las *pizarras fosilíferas de Peón*, consideradas por Ramírez del Pozo (1969) como “Lías atípico” y las interpreta como resultado del paso de condiciones marinas a continentales. Posteriormente Suárez Vega (1974) ya entiende este nivel como una descalcificación de la ritmita jurásica, que en Castiello (Gijón) alcanza una potencia de 19,5 m y sobrepasa la treintena en otros lugares, sin embargo lo denomina “Miembro Arcillas de Castiello”.

El área de afloramiento de las arcillas residuales de la Fm. Gijón ocupa gran parte del casco urbano de esa población, alcanzando su mayor espesor –hasta 14 m– en el barrio de El Coto. Por su parte, algunos de los depósitos residuales más potentes superpuestos a la ritmita de la Fm. Rodiles se localizan en el límite entre los municipios de Gijón y Villaviciosa, así como en las inmediaciones de Colunga, siendo reconocibles actualmente en los taludes de varios tramos de la Autovía del Cantábrico situados entre esta última localidad y el enlace de la Venta del Pobre (Fig. 2).

Básicamente, el sedimento que domina es una

arcilla o arcilla limosa de alta plasticidad en muchos casos, cuya mineralogía está constituida a base de illita y, en menor grado, caolinita (<15%) y clorita (<9%), aunque puntualmente contiene interestratificados I-E (illita-esmectita) y algo de cuarzo. Suelen acompañarse de tinciones ferruginosas, nódulos de goethita y hematites. La Tabla 1 recoge el quimismo de estos materiales, a partir de muestras tomadas en afloramientos radicados en distintos puntos de Gijón (López Fernández *et al.*, *óp. cit.*).

Se ha comprobado en estudios previos, cómo estos sedimentos presentan características geológicas y geotécnicas distintas en función de su localización geográfica, lo que indica un origen genético diferenciado, que ha podido ser correlacionado, en cierta medida, con la distribución espacial de los tres miembros litoestratigráficos descritos de la Fm. Gijón.

El interés que suscitan estas arcillas radica en sus deficiencias geotécnicas, de gran importancia al suponer el nivel de apoyo de extensas áreas edificables. En el caso más habitual de cimentación de estructuras, muestran una reducida capacidad por-

Componente	Sector NO	Sector central			Sector NE	
	La Calzada-Natahoyo	El Coto		Contrueces	El Rinconín	
SiO ₂	47,12	52,82	50,1	53,85	53,64	40,73
Al ₂ O ₃	22,64	20,93	19,03	18,85	21,38	23,5
Fe ₂ O ₃	12,74	8,09	12,96	7,54	8,86	15,71
MnO	0,02	0,08	0,46	0,11	0,07	0,46
MgO	2,47	4,09	3,17	5,84	1,55	2,33
CaO	0,79	0,63	0,43	0,49	0,47	0,69
Na ₂ O	0,01	0,01	0	0,01	0,10	0
K ₂ O	4,03	5,07	5,92	6,17	2,55	4,03
TiO ₂	1,22	1,04	0,77	1,07	1,19	0,75
P ₂ O ₅	0,11	0,10	0,15	0,2	0,05	0,09
Cr	0,027	0,023	0,023	0,023	0,023	0,029
Cu	42 ppm	47 ppm	48 ppm	44 ppm	40 ppm	49 ppm
Zn	–	–	–	–	Indicios	Indicios
P.C.	8,31	6,94	6,7	5,71	8,62	10,27

Leyenda: P.C.= Pérdida por calcinación.

Tabla 1. Composición química de las arcillas residuales del subsuelo urbano de Gijón (%).

Table 1. Chemical composition of the residual clays from the urban subsoil of Gijón (%).

tante, circunstancia que suele conllevar la búsqueda de apoyos en profundidad mediante técnicas de pilotaje o micropilotes alcanzando roca firme o bien la construcción de losas, prácticas habituales en los últimos tiempos, en especial en construcciones desarrolladas en los barrios gijoneses de El Coto, Viesques, Ceares y zonas adyacentes del Natahoyo.

Desde el punto de vista industrial, estas arcillas fueron explotadas en la zona meridional de Gijón (Ceares), para la fabricación de productos cerámicos de baja calidad, ladrillos y tejas (Gutiérrez Claverol *et al.*, 1998).

Por otro lado, los procesos de alteración y eventual descalcificación de los tramos margo-lutíticos grises intercalados entre las areniscas de las series terrígenas del Jurásico Superior de Asturias, generan asimismo niveles de arcillas beige y pardo-amarillentas, a las que algunos autores calificaron con el término de "rubias". Así, por ejemplo, Schulz (1858) menciona el hallazgo de un supuesto diente de tiburón –que resultaría ser, como se pudo demostrar posteriormente, el primer fósil de dinosaurio hallado en la Península Ibérica– procedente de las margas "rubias" del entorno de la localidad de Ruedes, al sur de Gijón. Este mismo autor cita también la existencia de estas margas entre Cobián y Bueño, en el municipio de Colunga, aunque en este caso se trata de niveles de alteración pertenecientes a la Fm. Gijón, cubiertas allí por un tapiz vegetal rico en humus.

Cretácico

La serie cretácica en Asturias está constituida por una sucesión de materiales siliciclásticos y carbonatados alternantes, con edades comprendidas, al menos, entre el Aptiense y el Coniaciense (González Fernández *et al.*, *óp. cit.*). El techo de la serie lo representa la Formación Calizas de Oviedo, sobre la cual yace de forma directa una sucesión paleógena (Eoceno Superior-Oligoceno?), cuya base está integrada por conglomerados y margas. Entre ambos niveles media una disconformidad asociada a procesos erosivos y fenómenos de karstificación como consecuencia de la emersión.

Estas calizas, con importante componente detrítico, muestran un característico color de oxidación beige o pardo-amarillento y un aspecto brechoide o noduloso, con un progresivo enriquecimiento en fracción arenosa hacia la parte superior (hasta del 15-20%), dando lugar, en último término, a areniscas con cemento carbonatado. El espesor máximo de la formación se sitúa en torno a los 40 m, pero a consecuencia de los procesos erosivos que la afectaron, su

potencia media en el área central de la cuenca no sobrepasa los 15 m; incluso llega a desaparecer localmente disponiéndose, por tanto, el Paleógeno directamente sobre la unidad inferior –también cretácica– denominada Formación Arenas de La Argañosa.

Dos son los condicionantes principales que han provocado la alteración de la Fm. Oviedo. Por un lado, la exposición subaérea de la misma, reconocible en la zona de contacto Cretácico-Paleógeno gracias a características diagenéticas reveladoras de procesos de calchificación (p. ej., colonias de *Microcodium*). Por otro, esta sucesión está condicionada por el contexto hidrogeológico, al subyacer un nivel acuífero importante –en ocasiones de carácter cautivo–, y poseer las propias calizas una permeabilidad fisural destacable en algunos puntos. Precisamente la presencia de agua y la existencia de discontinuidades favorables para la circulación hídrica da lugar a veces a una fenomenología kárstica de entidad, inclusive bajo la forma de dolinas de gran desarrollo en profundidad que atraviesan la sucesión carbonatada y se adentran en las arenas subyacentes (Gutiérrez Claverol *et al.*, 2004). A menor escala, se observan oquedades irregulares de tamaño decimétrico.

En lo tocante a las evidencias en campo de alteración química de las calizas, se pueden reconocer varias situaciones en el entorno de Oviedo. Ciertos niveles con abundante componente detrítico –en particular, las areniscas carbonatadas– presentan, localmente, zonas descalcificadas a modo de bolsadas irregulares, resultado de procesos de meteorización superficial. Ese extremo resulta notorio en la localidad de Colloto (al este de Oviedo), alcanzando el recubrimiento siliciclástico varios metros de espesor sobre una superficie irregular y con abundantes fragmentos relictos de la roca sana (Fig. 3).

En zonas de topografía deprimida de Oviedo, esencialmente vaguadas ubicadas en la zona oriental de la ciudad, el curso de antiguos arroyos ha provocado la descarbonatación de las calizas aflorantes, generando acumulaciones eluviales arenoso-arcillosas. Aun con el cese de actividad de los mismos, el sedimento aluvial permeable de la cobertera ha permitido la percolación de aguas superficiales, por lo que la disolución se ha prolongado en el tiempo. En diversos sondeos se han confirmado potencias de los depósitos eluviales superiores a los 2 m. En otros casos, dada la baja permeabilidad del recubrimiento paleógeno, de naturaleza margo-arcillosa, éste taponó los aportes superficiales de agua. En esta coyuntura, la alteración de las calizas progresa a partir de filtraciones ascendentes a través de la red de diaclasis por parte de aguas procedentes del acuífero cretácico, que actúa en muchas zonas de forma con-



Figura 3. Descalcificación de las calizas arenosas de la Formación Oviedo en Colloto (término municipal de Oviedo).
Figure 3. Decalcification of sandy limestone of the Oviedo Formation in Colloto (municipality of Oviedo).

finada. Sin embargo, los efectos de la disolución no se suelen extender más allá de la descalcificación de las paredes de las discontinuidades.

Los terrígenos insolubles poseen una granulometría condicionada por la litofacies original. Las calizas arenosas, prototípicas de la formación, dan lugar a sedimentos arenosos pardo-amarillentos y anaranjados (tipología SC dominante, según U.S.C.S.) cuyo tamaño de grano puede llegar a ser medio-grueso, mientras que los niveles más nodulosos y micríticos generan arcillas de plasticidad media a alta. En cualquier caso, es habitual encontrar cantos y bloques angulosos de calizas de la propia Formación Oviedo.

El interés que suscitan los depósitos residuales por disolución se enmarca especialmente en el campo de la geotecnia, por las deficiencias que plantean para las cimentaciones los apoyos sobre arenas

y arcillas de descalcificación, a causa de las limitaciones de asiento de las estructuras ante fenómenos de compresibilidad y consolidación respectivamente. En la práctica, esta problemática tiene en Oviedo carácter puntual en forma de leves alteraciones con poca incidencia en las obras. Únicamente, como ya se ha comentado, en la población de Colloto e inmediaciones, se llegan a plantear dificultades dados los espesores de alteración encontrados, por encima de 7 m.

Alteración de pizarras, lutitas y margas

Estas litologías suelen verse afectadas por procesos conjuntos de alteración física o mecánica, así como química, de sus constituyentes minerales. La disminución de la presión litostática sobre un sustrato piza-

roso provoca su descompresión, generándose discontinuidades que favorecen el flujo de agua y facilitan los procesos de degradación de la roca.

Aunque las alteraciones de materiales arcillo-pizarrosos están muy extendidas por todo el Principado, nos centraremos en unos pocos ejemplos singulares, en todos los casos relacionados con la existencia de una cobertera detrítica permeable.

Devónico

Si bien los procesos de alteración se desarrollan a lo largo de toda la serie devónica asturiana, se van a destacar, por su interés, los niveles que se localizan en el ámbito de Monte Granda (Fig. 4), que se extienden desde las inmediaciones del Alto del Praviano al aeropuerto de Ranón (términos municipales de Soto del Barco y Castrillón).

Las litologías que configuran el sustrato rocoso en

esta zona, el llamado Grupo Rañeces, de edad Devónico Inferior, no afloran habitualmente y sólo aparecen cuando se realiza alguna excavación en los depósitos del recubrimiento. Aunque lo más característico de esta unidad son las calizas grises y rojizas (Calizas de Nieva, de Ferroñes y de Arnao), la litología que, de forma mayoritaria, se encuentra en este lugar son unas pizarras y margas grises oscuras correspondientes a la sucesión inferior de edad Lochkoviense-Praguiense.

La cobertera que se superpone al Paleozoico corresponde a lo que regionalmente se denomina "rasa", depósito que se dispone a modo de planicie con una potencia media de unos 10 m, aunque no se descarta que pudiese estar recubierto por sedimentos de una terraza alta del río Nalón. Su composición es heterométrica, consistente en una serie de bloques y cantos de cuarcita y arenisca redondeados, arenas e intercalaciones de arcillas blanquecinas, éstas últimas con morfologías lenticulares.



Figura 4. A la izquierda, aspecto de los sedimentos acumulados sobre la superficie de la "rasa" en Monte Granda. En la imagen derecha, detalle de la alteración de las pizarras, margas y calizas del Grupo Rañeces bajo los depósitos fluviales de gravas y arenas en la misma zona.
Figure 4. On the left, sediments accumulated on the "rasa" surface in Monte Granda. On the right picture, at the same area, alteration of shale, marl and limestone, in the Rañeces Group, lying beneath alluvial deposits of sand and gravel.

El contacto discordante entre ambos grupos litológicos (depósitos de “rasa”-materiales paleozoicos) es muy evidente por el acusado cambio cromático que presentan: a la coloración blanquecina de los depósitos de “rasa” se opone la gris oscura exhibida por las rocas paleozoicas infrayacentes. El límite entre ambos grupos litológicos es muy irregular, dibujando un considerable paleorrelieve.

Inmediatamente bajo el contacto con los sedimentos de la “rasa”, el tramo superior de las pizarras, margas y calizas de Rañeces se encuentra muy alterado, dando lugar a notables eluviales arcillosos residuales negruzcos, si bien en algunos puntos los más superiores son de tonalidad beige. El grado de deterioro es allí muy cambiante, distinguiéndose niveles donde las rocas apenas pierden su competencia, de otros en que se genera una masa lodosa de comportamiento plástico. El espesor del tramo alterado visible en el ámbito investigado suele ser del orden de un metro, pero es muy variable lateralmente. Cuando las pizarras están en contacto directo con agua, el proceso meteorizante acrecienta su acción en gran medida, y de hecho, para incrementar su arcillosidad y facilitar las labores de explotación, se dejaban los materiales pizarrosos expuestos a la intemperie y saturados durante un tiempo.

Deben remarcar las notables diferencias existentes entre los dos tipos de arcillas aludidos. Los componentes terrígenos más finos de la “rasa” son bastante puros y plásticos (lo que podría ser explicado por la presencia de minerales expansivos, del tipo

interestratificados illita-esmectita); la significativa presencia de caolinita les confiere un alto porcentaje en alúmina. Sin embargo, las arcillas del sustrato alterado se caracterizan por una inferior plasticidad (contienen illita y caolinita) y por su fracción arenosa más abundante. Los análisis químicos (Tabla 2) determinan que ambos tipos de arcillas sean utilizables como refractarios y para la elaboración de azulejos o gres, mientras que las de la “rasa” podrían ser de igual forma válidas para su uso por el sector cementero.

En el mundo de la minería regional son bien conocidas las “arcillas del Alto del Praviano” que se extrajeron durante mucho tiempo, reconociéndose en este entorno unos 15 vaciados; a lo largo del último cuarto del pasado siglo se encargó de su explotación la empresa “Arcillas del Carmen”. En la actualidad existen las concesiones mineras “Marián” (números 30.293 y 30.338), propiedad de la entidad mercantil “Arcillas y Áridos Monte de La Granda, S.L.”.

Carbonífero

De manera general, los materiales constitutivos de la Cuenca Carbonífera Central de Asturias –singularmente lutíticos– muestran un alto grado de meteorización, que se manifiesta por la existencia de notables eluviones. Estos hechos son más acusados cuando sobre la sucesión carbonífera se disponen materiales incoherentes embebidos de agua. Así, en el valle del Huerna se aprecian importantes procesos de alteración sobre las pizarras grises de la serie productiva del Carbonífero, concretamente bajo los depósitos coluvionares. La construcción de la autopista AP-66 puso de manifiesto esta problemática, que tuvo que ser atajada mediante costosas soluciones técnicas para atenuar las inestabilidades de los taludes generados.

Otro ejemplo de interés se encuentra en el arenero de La Carba (Valdesoto, Siero), donde se localiza un tramo de pizarras carboníferas muy alterado inmediatamente por debajo del conglomerado cuarcítico de la Formación Pola de Siero, de edad cretácica (Fig. 5). Ello confirma la determinante incidencia del agua en el desarrollo de los procesos meteorizantes.

Alteración de areniscas y cuarcitas

Algunos niveles de rocas cuarzosas, litologías que tradicionalmente muestran una destacable compacidad y dureza, se encuentran afectados por intensos fenómenos de alteración dando lugar a productos

Componente	“Rasa”	Alteración del Paleozoico	
SiO ₂	56,40	58,10	61,40
Al ₂ O ₃	27,80	22,90	23,30
Fe ₂ O ₃	2,28	3,35	2,41
MgO	0,05	0,52	0,18
CaO	0,44	0,50	0,59
Na ₂ O	0,32	0,40	0,42
K ₂ O	3,57	3,84	4,05
TiO ₂	0,98	0,92	0,97
P.C.	7,24	9,25	6,25

Leyenda: P.C.= Pérdida por calcinación.

Tabla 2. Composición química de las arcillas de Monte Granda (%).
Table 2. Chemical composition of the clays from Monte Granda (%).

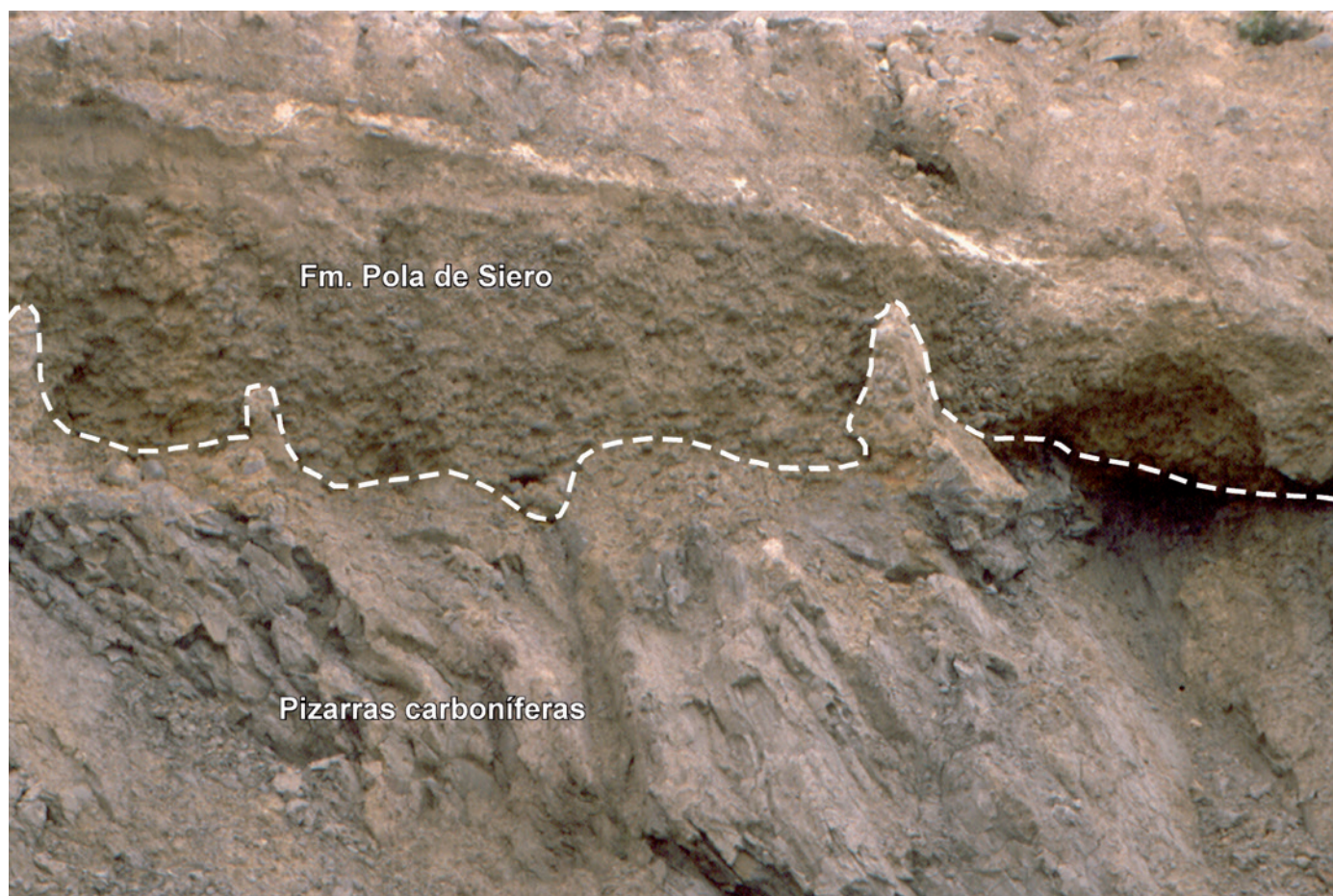


Figura 5. Conglomerado del Cretácico Inferior formado por cantos silíceos, sobre las pizarras carboníferas alteradas. Imagen tomada en la gravera de La Carba (municipio de Siero).

Figure 5. Lower Cretaceous conglomerate formed by siliceous pebbles on top of weathered carboniferous shale. Picture was taken in the gravel exploitation of La Carba (municipality of Siero).

residuales que son aprovechados para procesos industriales dada su riqueza en sílice (Tabla 3). El destino más relevante de este tipo de materiales es la fabricación de vidrio, pero su uso específico (vidrio de botellas, vidrio plano, etc.) está en función de las impurezas que contengan.

El aprovechamiento del cuarzo como materia prima posee un notable arraigo en Asturias, habiendo sido utilizado para la fabricación de vidrio artesanal, al menos, desde el siglo XVIII. La producción se intensificó sustancialmente con la implantación en Avilés (año 1949) de la empresa “Cristalería Española” –hoy Saint-Gobain– que comenzó a consumir, entre otros, arenas obtenidas a partir de cuarcitas de la zona oriental asturiana. La producción de este tipo de materiales detríticos alcanza unas 200.000 t/año.

Cambro-Ordovícico

La Formación Cuarcita de Barrios (Cámbrico Medio-Ordovícico Inferior), conocida a menudo como “Cuarcita Armoricana”, está constituida por bancos de cuarzoarenitas muy duras de color blanquecino, llegando a superar la sucesión los 500 m de potencia. Por lo general, la extrema dureza de la roca y por tanto su resistencia a la erosión, da lugar en Asturias a fuertes relieves y a que los principales cabos litorales de desarrollen sobre estas litologías.

No obstante, en determinadas zonas, las cuarcitas han sido afectadas por una intensa alteración que produce la liberación de granos de cuarzo, predominantemente de tamaño arena y grava fina, llegando a generar concentraciones cercanas al 99% de sílice. Este proceso viene determinado, en primera instan-

Componente	Fm. Barrios ¹	Fm. Barrios ²	Fm. Candás ³	Fm. Lastres ⁴
SiO ₂	99,49	96,95	99,21	89,94
Al ₂ O ₃	0,32	2,65	0,47	4,92
Fe ₂ O ₃	0,04	0,03	0,03	0,86
MgO	–	–	–	–
CaO	–	–	–	–
Na ₂ O	–	–	–	0,94
K ₂ O	–	–	–	2,08
TiO ₂	0,08	0,09	0,04	–
P.C.	0,07	0,28	0,25	1,36

Leyenda:

¹ Los Campos (Corvera); ² Arriondas-Ribadesella; ³ Sílices "La Cuesta" (Salas); ⁴ Gutiérrez Claverol y Luque Cabal (1993); P.C.= Pérdida por calcinación.

Tabla 3. Composición química de los productos resultantes de la alteración de rocas y depósitos ricos en sílice (%).

Table 3. Chemical composition of materials resulting from the alteration of rocks and deposits which are rich in silica (%).

cia, por una densa fracturación de macizo y la consiguiente circulación de agua a su través, lo que provoca en último término una disgregación tal que los materiales se llegan a movilizar y redepositar formando acumulaciones detrítico-silíceas.

Las características mineralógicas de estas cuarcitas son bastante comunes, con un bajo porcentaje (<0,05%) de minerales pesados (normalmente circón, rutilo, turmalina y óxidos de hierro). Suelen asimismo poseer un escaso contenido en impurezas, siendo éstas más abundantes en los materiales secundarios que en los propios niveles de cuarcita alterados. No obstante, es preciso efectuar un lavado previo para minorar el contenido en Fe₂O₃ y cumplir con las especificaciones para la fabricación de vidrios. Estas acumulaciones se extraen en las explotaciones mediante métodos mecánicos, e incluso es posible prescindir en algunos casos del proceso de molienda.

El origen de estos procesos de arenización intensa y profunda en las series cambro-ordovícicas parece estar relacionado con fallas, principalmente de dirección ONO-ESE y NO-SE (areneros de Fuentes, Toraño, Santianes y Cuevas del Agua), así como con superficies de cabalgamiento, en este último caso con trazados de orientación dominante E-O o ENE-OSO, caso de las que afectan a las explotaciones situadas al sur de Nueva de Llanes y de Cardoso.

Las circunstancias más favorables para el progreso en profundidad de la alteración se dan probablemente cuando determinadas fallas y cabalgamientos

sufren varias fases o procesos de reactivación espaciados en el tiempo. Ello ocurre, en ocasiones, en los rejuegos alpinos tardíos de carácter compresivo superpuestos a antiguos cabalgamientos variscos o a fallas distensivas pérmicas o mesozoicas. Dado que dichas reactivaciones no siguen a menudo con exactitud el plano inicial del primer desplazamiento, se genera una banda de trituración, a través de la cual pueden progresar con facilidad los fluidos acuosos descendentes ricos en aguas meteóricas de bajo pH, sin descartar una actuación hidrotermal, que maximiza la alteración.

En el caso concreto de los procesos de disolución de cuarcitas cambro-ordovícicas acompañadas de pseudokarstificación, como ocurre en las de las inmediaciones de la playa de Vega (Fig. 6), cerca de Berbes (Ribadesella). La explicación más probable parece ser la fuerte trituración de la roca silícea debido a un sistema principal de fallas de orientación NO-SE, acompañado de una densa red de diaclasas. En estas circunstancias, no debería de descartarse la posible influencia adicional de soluciones acuosas profundas de carácter hidrotermal, dado que en el entorno inmediato se localizan las antiguas explotaciones de fluorita del distrito minero de Caravia-Berbes.

Los ejemplos más interesantes de este tipo de alteración se distribuyen por las áreas central y oriental de Asturias (Gutiérrez Claverol y Luque Cabal, 1993). En el sector central destaca la explotación "La Sierra" (Los Campos, Corvera) que gozó de intensa



Figura 6. Aspecto pseudo-karstificado de la cuarcita de la Formación Barrios en la carretera de Vega (Berbes, Ribadesella).
Figure 6. Barrios Formation quartzites near the road of Vega (Berbes, Ribadesella); note they look like pseudo-karstified aspect.

actividad en el pasado, donde se extraían unas 7.000 t/año destinadas mayoritariamente a la fabricación de refractarios. Por su parte, el sector oriental es el de mayor interés, destacando las canteras localizadas en los municipios de Piloña, Parres, Ribadesella y Llanes. El yacimiento ubicado en el primero (cantera Rosy) se sitúa al sur de Espinaredo, donde la Fm. Barrios se encuentra muy triturada. En la zona de Arriendas-Ribadesella, que históricamente ha sido la de mayor producción (llegando a alcanzar las 80.000 t/año), existen varias explotaciones entre las que destaca la ubicada en Fuentes (mina Copelia) y mina Milagrosa situada en las inmediaciones de Tezangos, en el cruce de la carretera de Cuevas del Agua hacia

Nocedo (Fig. 7). La potencia máxima explotable en este sector es de unos 15 m.

En el municipio de Llanes y en el sector septentrional de Cangas de Onís, las explotaciones se encuentran tradicionalmente en la Formación Barrios. A lo largo de la carretera de Nueva de Llanes a Corao e inmediaciones, se ubican varios emplazamientos (Mestas, Llano de Hontoria, Riensena, Igena, Collado Zardón) donde se han beneficiado este tipo de materiales detríticos, que no suelen sobrepasar allí los 10 m de espesor.

Hasta hace unos años se extraía arena de cuarzo en dos explotaciones, una situada en La Argada (cerca del Alto de La Tornería) y la otra al SE de Parres (cantera de Copiñuelo) que precisaba del empleo de explosivos. Al sur de La Pereda (municipio de Llanes) se aprovechan materiales cuarcíticos arenosos de recubrimiento de pie de monte procedentes de la Fm. Barrios (mina Apolo XII).

Por otro lado, la parte superior de la unidad denominada Serie de los Cabos, también de edad cambro-ordovícica y aflorante en el occidente de Asturias (Zona Asturoccidental-leonesa), la forman unas rocas cuarzosas muy similares a la "Cuarcita Armoricana". Esta unidad, cuando se encuentra emplazada inmediatamente bajo depósitos coluviales, muestra en la zona de contacto una arenización muy intensa (Fig. 8), si bien en la actualidad no existe interés extractivo.

Devónico

La Formación Arenisca de Candás-Piñeres, de edad Devónico Superior (Frasniense-Fameniense), está constituida por areniscas de carácter ferruginoso con intercalaciones de pizarras, y un nivel superior de "cuarcitas" blancas de aspecto masivo, muy similares éstas a la cuarzoarenita ordovícica. La potencia máxima del conjunto se acerca a los 400 m.

Si bien, en la casi totalidad de los afloramientos, esta formación presenta una gran consistencia, en el sinclinal de Villazón (Salas y Pravia), muestra claras evidencias de intensa meteorización. La alteración de las areniscas puede deberse a procesos de disolución del cemento silíceo por una acción hídrica, con la consiguiente desagregación de la roca y desligado de los granos de cuarzo. Ello ha hecho posible su explotación para obtención de arenas silíceas. Mineralógicamente, como es obvio, el contenido en cuarzo es muy elevado, y la proporción de minerales pesados es menor del 0,04%, a base principalmente de aquéllos más estables como turmalina, circón y rutilo. La granulometría es arenosa, pero con una fracción destacable de gravas y gravillas.



Figura 7. Aspecto de las arenas explotadas en las proximidades de Tezangos (Ribadesella), procedentes de la alteración de las cuarcitas de la Formación Barrios, tras ser sometidas a una ligera molienda.

Figure 7. The sands exploited at the proximities of Tezangos (Ribadesella) after being submitted to slight grinding. They proceed from the alteration of the Barrios Formation quartzite.

En lo que se refiere al origen de esta arenización que afecta a areniscas, y también a microconglomerados, habría que buscarlo en la descalcificación de areniscas con cemento calcáreo en unos casos, y en otros a rocas inicialmente poco cementadas. En el primer caso sería decisivo el tránsito a su través de soluciones de aguas ácidas ricas en humus procedentes de los suelos bajo la rica cubierta vegetal del entorno –sin descartar una acción hidrotermal–, muy en particular determinadas zonas afectadas además por un cierto grado de fracturación o diaclasado.

Estos productos de alteración se destinan a arenas de fundición, a limpieza con chorro de arena y en la industria del vidrio; cuando existe demanda, se utiliza ocasionalmente como árido, aunque este aprove-

chamiento suele reportar menor rentabilidad. En Espinedo (Salas) se encuentra la explotación denominada “Sílices La Cuesta, S.L.”, que beneficia una cantera en el flanco oriental de la sinforma, y está abriendo otra en el flanco occidental; en zonas próximas, como Cornellana (Salas) y Sandamías (Pravia), existen otros puntos con potencial extractivo.

Jurásico

Dentro de la sucesión jurásica asturiana, la unidad siliciclástica más proclive a las alteraciones es la denominada Formación Lastres (Kimmeridgiense), en la que alternan areniscas y margas. Desde un punto



Figura 8. Arenización de los niveles cuarcíticos de la Serie de los Cabos bajo los sedimentos de pie de monte en las proximidades de Novellana (municipio de Cudillero).

Figure 8. Grain segregation produced in the Serie de Los Cabos quartzite beneath the colluvial sediments near Novellana (municipality of Cudillero).

de vista petrográfico, las areniscas –que se clasifican como subarcosas feldespáticas en el límite con cuarzoarenitas– están cementadas por carbonatos y/o sílice en proporciones muy variables. La unidad posee un espesor que alcanza los 500 m.

Estas areniscas del Jurásico Superior, constituidas en gran medida por granos de cuarzo, se ven en ocasiones afectadas por procesos de disolución de su cemento carbonatado. Éste, siendo rico en hierro, al disolverse –en muchos casos por aguas ácidas procedentes de infiltración descendente desde la cubierta vegetal rica en humus– proporciona a las areniscas una característica tonalidad pardo-amarillenta, tanto uniforme como formando un bandeado concéntrico generado como consecuencia de procesos repetidos

de disolución y reprecipitación de compuestos de hierro de carácter oxidante, dando lugar a los conocidos anillos de Liesegang (Fig. 9 izquierda), apreciados en la industria de la roca ornamental (Suárez del Río *et al.*, 2002; Ruiz de Argandoña *et al.*, 2005; García-Ramos *et al.*, 2006); cabe recordar que en su desarrollo un factor importante es la microporosidad que condiciona el tipo de oxihidróxido de Fe. Por otro lado, cuando actúa el viento cargado con sales marinas sobre estas litologías, muestran en superficie una morfología singular consistente en depresiones singulares (Fig. 9 derecha), producto de la cristalización de las sales (meteorización alveolar o en panal de abeja). Este tipo de meteorización puede observarse tanto en sillares de varios monumentos singulares

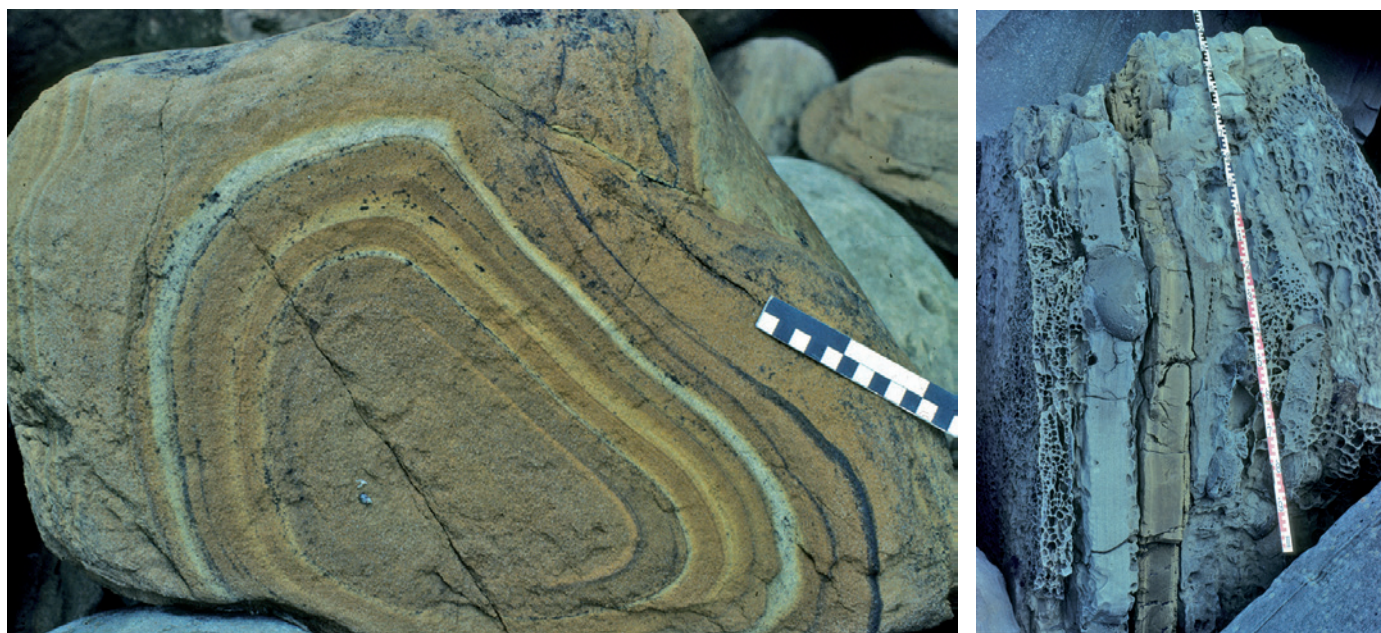


Figura 9. A la izquierda, anillos de Liesegang resultado de la alteración de la arenisca calcárea jurásica (Formación Lastres) en la Punta Misiera (Colunga). En la imagen derecha, se observan diferentes formas de alteración según la composición (alveolización, formación de nódulos, cambios de coloración, etc.), en la misma formación, en los acantilados próximos a Tazones (municipio de Villaviciosa).
 Figure 9. On the left, Liesegang rings formed by alteration of the jurassic calcareous sandstone (Lastres Formation) in Punta Misiera (Colunga). In the right image, several evidences of alteration processes are recognized depending on the rock composition (alveolar erosion, nodule formation, color changing, etc.); this picture was taken in the same rock formation near Tazones (municipality of Villaviciosa).

del patrimonio artístico asturiano de Gijón, Villaviciosa y Ribadesella, como en los afloramientos de los acantilados costeros en los municipios de Villaviciosa, Colunga y Ribadesella (Oles, Tazones, Careñes, Quintes, Quintueles, Lastres).

En las inmediaciones de la localidad de Lastres (Colunga) –en el triángulo que forman el cabo del mismo nombre, la punta Misiera y Luces– la alteración ha progresado tan extraordinariamente, que aflora un conjunto litológico de varios metros de espesor compuesto por arenas y areniscas de tonos beige, parduzcos, anaranjados y amarillentos, bastante deleznales, con intercalaciones de idéntica tonalidad. Estos materiales, aunque han sido descritos y cartografiados como pertenecientes al Cretácico Inferior en facies Weald (Pignatelli *et al.*, 1973), derivan realmente de la alteración *in situ* de las areniscas y margas grisáceas de la Formación Lastres (Fig. 10). Su génesis probablemente está relacionada con la antigua superficie de “rasa” existente en la zona, hoy degradada, y con la actual cubierta vegetal rica en humus.

Respecto a su interés económico, en la zona occidental de Serín (Gijón) han existido explotaciones de arenas pardo-amarillentas de alteración en acumula-

ciones con una potencia de 6 a 8 m. Algunos niveles de las areniscas eran tan deleznales que fueron aprovechados incluso como arena de fregar (Rato y Rocas, 1895).

Alteración de evaporitas

Dentro de la Formación Gijón (Triásico Superior-Jurásico Inferior) se encuentran algunos intervalos formados por fragmentos carbonatados irregulares de diversos tamaños, con aspecto caótico, espesor métrico y de continuidad lateral variable. Estos niveles brechoides, aunque se reparten por toda la unidad, se concentran en el miembro medio de la misma (González Fernández *et al.*, *óp. cit.*) aflorando en diversos puntos de la cuenca jurásica asturiana, a destacar: Solís (Corvera), Cerro de Santa Catalina (Gijón), Fabares (Villaviciosa), así como las playas de La Isla (Colunga) y de La Espasa y Beciella (Caravia).

El origen de estas brechas está relacionado con procesos de disolución de capas de yeso originalmente intercaladas entre calizas debido a la circulación de agua, hecho favorecido por la diaclasación que afecta a estas rocas. El resultado final es la frag-



Figura 10. Afloramiento de materiales pardo-amarillentos de alteración sobre la Formación Lastres en la parte superior de los acantilados de Quintueles (Villaviciosa), erróneamente interpretados tiempo atrás como sedimentos cretácicos.

Figure 10. Outcrop of yellowish-brown residual deposits above the Lastres Formation at the top of the cliffs in Quintueles (Villaviciosa). Time ago, this level was wrongly interpreted as a cretaceous geological unit.

mentación de los tramos carbonatados adyacentes y el colapso de los mismos, generando acumulaciones estratiformes de bloques angulosos de tamaños muy variables, en función del espesor relativo de las capas carbonatadas y de los yesos, intercalados con ellas (Fig. 11).

A modo de ejemplo singular, la presencia de estas “brechas de colapso” en la zona de Fabares ha sido un factor decisivo en la inestabilidad del talud existente en la boca septentrional del túnel homónimo (autopista A-64). Allí aflora una sucesión constituida por la mencionada Formación Gijón, a la que se superpone la ritmita margo-calcárea de la Formación Rodiles y el conglomerado silíceo de la Formación La Ñora. El miembro intermedio de la Formación Gijón contiene en la zona abundantes niveles de brechas con frecuentes intercalaciones lutítico-margosas –en parte, producto de alteración de las rocas carbonatadas– que hacen de nivel de base local de los acuíferos superpuestos (Menéndez Casares *et al.*, 2004), provocando una importante merma en las propiedades geomecánicas del macizo rocoso. Ello ha derivado en trabajosas medidas de estabilización en el citado talud, que han supuesto un coste estimado en 47 millones de euros.

Alteración de rocas volcánicas

En Asturias existe un ejemplo muy peculiar de alteración de cenizas volcánicas, en forma de capas de caolín localizadas entre los bancos cuarcíticos de la Formación Barrios, que son más habituales hacia la parte alta de la serie. Aunque se reconocen varios horizontes intercalados, resulta particularmente interesante un nivel explotable (“capa de Pedroso”) que posee un espesor medio de 65-70 cm y una buena continuidad lateral.

Los análisis químicos de la citada capa (IGME, 1973) muestran en Peñaflo (Grado), un sustancial contenido en alúmina (alrededor del 34% de media), y el porcentaje de sílice es elevado (hasta un máximo del 64%) cuando coincide con la presencia de cuarzo libre (Tabla 4). La aparición de potasio (normalmente entre 2-3%) queda justificada por la existencia de illita.

Por lo que respecta a la composición mineralógica, lo más destacable es la gran concentración en caolinita, tanto en el nivel principal como en otros horizontes (llegando a alcanzar contenidos del 90%); acompañan a este mineral cuarzo con morfología angulosa, otros tipos de arcillas (illita, montmorillonita).



Figura 11. Brecha de colapso formada por bloques calcáreos, originada por disolución de niveles evaporíticos interestratificados dentro de la Formación Gijón, en los acantilados del Cerro de Santa Catalina (Gijón).

Figure 11. Collapse breccia formed by calcareous blocks on the cliffs of the Cerro de Santa Catalina (Gijón). Its origin is the dissolution of evaporitic levels interstratified within the Gijón Formation.

ta, clorita y, a veces, interestratificados de tipo irregular), así como pirita, “zeolita” y circón.

García-Ramos *et al.* (1984) diferenciaron dos variedades de caolín íntimamente relacionadas entre sí: el tipo G (de grano grueso) y el tipo F (de grano fino) que, en su conjunto, forman pequeños ciclos grano-decrecientes englobados en otro mayor del mismo carácter que abarca toda la capa (Fig. 12). El de tipo G presenta una tonalidad grisácea clara y se dispone de forma habitual hacia la mitad inferior de la capa, en tramos con espesores por debajo de los 6 cm; el

mineral de tipo F (“flint clay”) es más blanquecino, con fractura concoidea, disgrega mal, y representa la mayor parte del horizonte explotable.

En base a criterios, tanto de campo, como petrográficos y mineralógicos, se ha interpretado este sedimento como un “tonstein de caolinita”, originado por alteración diagenética *in situ* de una toba de polvo o ceniza volcánica transportada por el viento (García-Ramos *et al.*, 1984). Se ha realizado una datación geocronológica sobre cristales microscópicos de circones (Gutiérrez-Alonso *et al.*, 2007), en base a las proporciones de los isótopos uranio y plomo, del episodio volcánico que generó las cenizas posteriormente caolinitizadas, determinándose una edad de 477 millones de años (Ordovícico Inferior).

El proceso de alteración, con la consiguiente caolinitización del primitivo nivel de cenizas volcánicas –originalmente rico en feldespatos– debió de tener lugar poco después de su acumulación, al quedar enterrado bajo nuevos depósitos de arena, primero en ambientes litorales y posteriormente fluviales. Es en estas últimas condiciones, bajo un régimen continental, cuando una circulación descendente de aguas meteóricas, a través de un material arenoso de elevada porosidad, terminó por afectar al nivel de cenizas subyacente, transformando sus feldespatos en caolinita.

Este caolín se beneficia desde 1946, entre otras zonas, en las cercanías de Grado (Fig 13), Belmonte, Soto de la Barca, La Espina, Tameza y Salas. El aprovechamiento intensivo es relativamente reciente en Asturias y cobra especial relevancia a partir de la potenciación de la siderurgia y, por tanto, de la creación de ENSIDESA (hoy ARCELOR), que absorbe la

SiO ₂	46,94	50,12	46,23	51,98	48,84	50,36	50,68
Al ₂ O ₃	34,40	34,15	34,86	33,60	35,45	32,85	34,05
Fe ₂ O ₃	2,96	0,95	1,62	0,52	0,62	2,04	1,83
MgO	1,22	0,49	0,31	0,21	0,22	0,54	0,42
CaO	0,28	0,04	0,1	0,04	0,09	0,06	0,18
Na ₂ O	0	0,08	0,10	0,1	0,1	0,12	0,06
K ₂ O	2,07	2,12	2,16	1,56	1,6	2,28	2,28
TiO ₂	0	0,9	0,94	0,88	0,89	0,97	0,98
P.C.	–	11,15	13,39	10,8	11,89	10,52	9,33

Leyenda: P.C.= Pérdida por calcinación.

Tabla 4. Composición química de varias muestras de caolín (%).

Table 4. Chemical composition of several samples of kaolin (%).

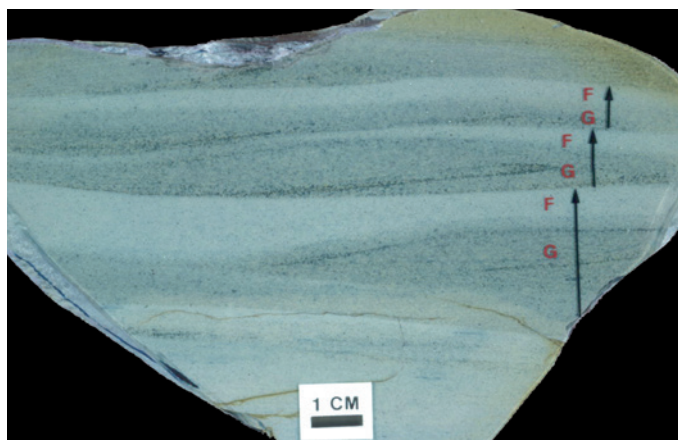


Figura 12. Sección vertical parcial de un tonstein de caolinita procedente de la alteración de una cinerita volcánica intercalada en la Formación Barrios. Nótese los sucesivos niveles gradados de caolín de grano grueso (G) a fino (F), y la laminación cruzada interna de cada uno de ellos (fotografía cortesía de Carlos Aramburu).

Figure 12. Vertical section of a kaolinite tonstein. It was produced by alteration of a volcanic cinerite in the Barrios Formation. Successive horizons of kaolin, graded from coarse grain (G) to fine (F), as well as the internal cross-lamination of each one of them can be observed (photo courtesy of Carlos Aramburu).

mayor parte de la producción en forma de ladrillos refractarios de tipo chamota. En las últimas décadas la aportación regional representó algo así como la tercera parte de la nacional, pero en la actualidad se aprecia una tendencia recesiva.

Conclusiones

Los agentes geológicos externos han actuado sobre las rocas asturianas ocasionando su alteración y disgregación, generando en algunos casos notables acumulaciones de alteritas de tipo eluvial. A tenor de su entidad, es evidente que las condiciones ambientales, desde tiempos pretéritos hasta la actualidad, han favorecido el desarrollo de procesos muy intensos; asimismo la tectónica regional, en particular la deformación frágil, participa de forma indiscutible en el control de los procesos de disolución y disgregación, al facilitar la circulación tanto de aguas meteóricas como hidrotermales. En cualquier caso, el desconocimiento del origen de estos sedimentos ha provocado significativos equívocos, al ser interpretados a veces como unidades litoestratigráficas independientes.

En Asturias han dominado históricamente los procesos de alteración química (Tabla 5), en especial la disolución por descalcificación de sustratos carbonatados mesozoicos: calizas y margas de las formacio-



Figura 13. Bocamina de antigua explotación de caolín en Peñaflores (Grado), por encima de la cual se aprecia la capa caolinitizada (fotografía cortesía de Carlos Aramburu).

Figure 13. Ancient kaolin mine in Peñaflores (Grado); on the top the kaolinized layer can be observed (photo courtesy of Carlos Aramburu).

nes Gijón y Rodiles (Jurásico) y Oviedo (Cretácico); estos materiales residuales, con potencias superiores a los 10 metros, poseen marcadas deficiencias geotécnicas como terreno implicado en obras de ingeniería civil, tanto para taludes en viales como en cimentación de estructuras.

En menor medida, la disolución también ha actuado eliminando la fase cementante silíceo, calcárea o mixta según los casos, en areniscas paleozoicas (formaciones Barrios y Candás-Piñeres), y carbonatada en areniscas mesozoicas (Fm. Lastres), ejerciendo las discontinuidades estructurales un papel relevante en el proceso. Los residuos, de naturaleza arenosa, tienen a menudo interés económico por su elevado con-

Roca original			Mecanismo de alteración dominante	Producto de alteración	
Litología	Unidad litoestratigráfica	Edad		Naturaleza	Repercusión/aplicación
CALIZAS, DOLOMÍAS Y MARGAS	Fm. Gijón Fm. Rodiles	Jurásico	Disolución (descalcificación)	Arcillas	Geotecnia Explotación
CALIZAS ARENOSAS	Fm. Oviedo	Cretácico	Disolución (descalcificación)	Arenas y arcillas	Geotecnia
ARENISCAS, PIZARRAS Y MARGAS	Serie de los Cabos	Cambro-Ordovícico	Disolución y disgregación	Arenas y arcillas	Geotecnia
	Grupo Rañeces	Devónico	Disolución (descalcificación)	Arcillas	Explotación
	Serie Productiva	Carbonífero	Disgregación areniscas y pizarras	Arenas y arcillas	Geotecnia
ARENISCAS Y CUARCITAS	Fm. Barrios Serie de los Cabos	Cambro-Ordovícico	Disolución cemento silíceo	Arenas	Explotación
	Fm. Candás-Piñeres	Devónico	Disolución cemento silíceo y carbonatado	Arenas y gravas muy finas	Explotación
	Fm. Lastres	Jurásico	Disolución cemento carbonatado	Arenas y areniscas	Roca ornamental
EVAPORITAS	Fm. Gijón	Triásico y Jurásico	Disolución yeso y anhidrita	Brecha calcárea	Geotecnia
VULCANITAS	Fm. Barrios	Cambro-Ordovícico	Caolinitización de feldespatos	Caolín	Explotación

Tabla 5. Sinopsis de los principales procesos de alteración de formaciones rocosas en Asturias.

Table 5. Synopsis of the main alteration processes affecting rock formations in Asturias.

tenido en sílice; un buen número de explotaciones –en particular en el oriente asturiano– han aprovechado estas arenas como materia prima para la industria del vidrio.

Como mecanismo químico de menor trascendencia, se pueden reconocer además en diversas litologías que incluyen componentes ricos en hierro, procesos de oxidación, en base a fenómenos de disolución y precipitación; éstos confieren a las rocas afectadas tonalidades pardo-rojizas, beige o pardo-amarillentas de distribución irregular o bien con formas geométricas definidas (anillos y bandas de Liesegang). Las rocas caracterizadas por esta alteración muestran, por un lado, una mayor aptitud para el corte por medios mecánicos, lo que abarata el proceso de extracción, y por otro, proporciona unos tonos cálidos distintivos muy apreciados en la industria de la roca ornamental para la obtención de sillares.

En lo referente a los fenómenos de naturaleza física, se puede señalar como mecanismo hábil en pizarras y margas, el lajamiento y diaclasado por relajación o descarga debido a la disminución de la presión

litostática. Ello permite, mediando una mineralogía susceptible a la alteración, la aparición de procesos químicos de hidrólisis e hidratación que generan un residuo de neoformación a base de minerales arcillosos; tal es el caso citado de la descompresión de pizarras y margas del Paleozoico. Los fenómenos de haloclastia o cristalización de sales (alveolización) se pueden reconocer en algunas rocas areniscosas jurásicas con cemento carbonatado, y se limitan a las proximidades de la línea de costa, en monumentos y afloramientos en acantilados. La velocidad del proceso está controlada, al menos parcialmente, por la proporción de matriz arcillosa en las areniscas.

Se constata por otro lado el hecho de que en buena parte de los casos expuestos los productos residuales se localizan preferentemente bajo discordancias y/o recubrimientos de materiales detríticos permeables, algunos de los cuales albergan acuíferos regionales. Esta disposición geológica ejerce una gran influencia sobre los procesos de alteración, al facilitar a las aguas de percolación el acceso y deterioro de las formaciones rocosas infrayacentes, al

tiempo que las protegen de las acciones erosivas en superficie.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Gobierno del Principado de Asturias por parte de uno de los autores (L.P.), con cargo a fondos provenientes del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación (P.C.T.I.) de Asturias 2006-2009. Asimismo, otro de los firmantes (J.C.G.R.), participa actualmente en el Protocolo de Colaboración CN-04-226 suscrito entre la administración del Principado de Asturias y la Universidad de Oviedo. Por último se agradece a Ángel Martín Serrano y otro revisor anónimo, la revisión crítica de la primera versión de este artículo; parte de sus sugerencias han sido incorporadas contribuyendo, sin duda, a mejorar el manuscrito.

Referencias

- Cadavieco, J. 1966. *Estratigrafía del Jurásico de los alrededores de Argañoso (Villaviciosa)*. Tesis de licenciatura, Departamento de Geología, Universidad de Oviedo (inédita).
- García-Ramos, J.C., Aramburu, C. y Brime, C. 1984. Kaolin tonstein of volcanic ash origin in the Lower Ordovician of the Cantabrian Mountains (NW Spain). *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo*, 14, 27-33.
- García-Ramos, J.C., Piñuela, L. y Lires, J. 2006. *Atlas del Jurásico de Asturias*. Nobel, Oviedo, 225 pp.
- 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) en Asturias. *VI Congreso Geológico de España*, Zaragoza, 6 (2), 71-74.
- Gutiérrez-Alonso, G., Fernández-Suárez, J., Gutiérrez-Marco, J.C., Corfu, F., Murphy, J.B. y Suárez, M. 2007. U-Pb depositional age for the upper Barrios Formation (Armorican Quartzite facies) in the Cantabrian zone of Iberia: Implications for stratigraphic correlation and paleogeography. *Special Papers, Geological Society of America*, 423, 287-296.
- Gutiérrez Claverol, M. y Luque Cabal, C. 1993. *Recursos del subsuelo de Asturias*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, 392 pp.
- Gutiérrez Claverol, M., Pando, L. y González Fernández, B. 2004. Problemática de las calizas del Cretácico Superior en las cimentaciones de Oviedo. *Geogaceta*, Madrid, 36, 99-102.
- Gutiérrez Claverol, M., Torres Alonso, M. y Luque Cabal, C. 2002. *El subsuelo de Gijón. Aspectos geológicos*. CQ Licer, Oviedo, 462 pp.
- Gutiérrez Claverol, M., Vargas Alonso, I. y Torres Alonso, M. 1998. Interés industrial de las rocas arcillosas permomesozoicas del norte de Asturias (España). *X Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires (Argentina), 3, 291-296.
- I.G.M.E. 1973. *Investigación de los yacimientos de caolín y cuarzo en Asturias*. Ministerio de Industria, Plan Nacional de la Minería, Madrid, 192 pp.
- López Fernández, C., Pando, L., Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. 2006. Propiedades geotécnicas de las arcillas de descalcificación de Gijón y áreas limítrofes (Asturias). *Ingeniería Civil*, Madrid, 141, 49-61.
- 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.
- Nahon, D.B. 1991. *Introduction to the petrology of soils and chemical weathering*. John Wiley & Sons Inc., New York, 313 pp.
- Pédro, G. y Delmas, A.B. 1980. Regards actuels sur les phénomènes d'alteration hydrolytique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, 18 (3-4), 217-234.
- Pignatelli, R., Giannini, G., Ramírez del Pozo, J., Beroiz, C. y Barón, A. 1973. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 15 (14-3) "Lastres"*. I.G.M.E., Servicio de Publicaciones, Ministerio de Industria, Madrid, 25 pp.
- Ramírez del Pozo, J. 1969. Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa). *Boletín Geológico y Minero*, 80 (4), 307-332.
- Rato y Rocas, C. de 1895. Gijón. En: Bellmunt y Traver, O. y Canella Secades, F. (ed.), *Asturias*. Facsímil, t. I, Gijón.
- Ruiz de Argandoña, V.G., Calleja, L., Suárez del Río, L.M., Rodríguez-Rey, A. y Celorio, C. 2005. Durabilidad en ambientes húmedos de la Arenisca de la Marina (Formación Lastres, Jurásico Superior de Asturias). *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo*, 25, 105-115.
- Schulz, G. 1858. *Descripción geológica de la Provincia de Oviedo*. Imp. D. José González, Facsímil, Alvimoras Libros, Madrid, 138 pp.
- Suárez del Río, L.M., Calleja, L., Díez Sarriá, I., Ruiz de Argandoña, V.G., Rodríguez-Rey, A. y Alonso, F.J. 2002. Características tecnológicas de las rocas ornamentales de Asturias. *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo*, 23, 73-84.
- Suárez Vega, L.C. 1974. Estratigrafía del Jurásico en Asturias. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 74(3), 369 pp.
- Torres Alonso, M., Gutiérrez Claverol, M., Flor, G., Jiménez Sánchez, M. y Rodríguez Terente, L.M. 2003. Los depósitos cuaternarios de Gijón (Asturias). *XI Reunión Nacional del Cuaternario*, Oviedo, 39-44.
- 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.
- Wilson, M.J. 2004. Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates. *Clay Minerals*, 39, 233-266.

Recibido: marzo 2008

Aceptado: septiembre 2008

