

Contribución al conocimiento de las ofitas de Cantabria

G. Fernández Maroto⁽¹⁾, G. Fernández Álvarez⁽¹⁾ y L.M. Suárez del Río⁽²⁾

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria. E.U.I.T. de Minas.
Tanos 254, 39316 Torrelavega. Cantabria.
E-mails: fernandmg@unican.es - fernandg@unican.es

(2) Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. Campus de Llamaquique.
C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo.
E-mail: lsdelrio@geol.uniovi.es

RESUMEN

La existencia de numerosos afloramientos de ofitas en la Comunidad de Cantabria y el creciente interés económico de estos materiales como áridos de machaqueo en las obras públicas (ferrocarril de alta velocidad, autovías, etc.) ha despertado de nuevo la atención por la explotación de estos yacimientos. Con objeto de aportar datos para una racionalización del sector, se ha realizado una prospección general de todos los afloramientos existentes en la provincia. Entre ellos se han seleccionado los más importantes y se ha realizado un estudio detallado de los mismos, tanto a nivel macroscópico como microscópico, enfocado especialmente a la utilización de sus materiales.

Palabras clave: árido, Cantabria, mineralogía, ofitas, petrografía

Contribution to the Cantabria Ophites knowledge

ABSTRACT

The existence of numerous ophitic outcrops in the Cantabrian region and the increasing economic interest of these materials for civil engineering works (High speed railways, motorways, etc) as crushing aggregates has brought to light again the idea of the exploitation of these outcrops. In order to give data for a rational use of ophites in this sector, a general prospection of all the existing outcrops in the region was done, choosing the most important and performing detailed macroscopic and microscopic studies, mainly focussed to the application of their materials.

Key words: Cantabrian region, crushing aggregates, mineralogy, ophites, petrography

Introducción

En Cantabria existen numerosos afloramientos ofíticos, situados siempre en terrenos del Triásico, generalmente asociados a intrusiones diapíricas en sedimentos arcillosos y evaporíticos de la facies Keuper, que constituyen importantes reservas de rocas industriales (Fig.1).

Estos afloramientos presentan una distribución en forma de arco del NE-SO de la región, sin una orientación claramente definida debido a su relación con la tectónica diapírica. Los materiales están afectados por una fuerte fracturación que los inhabilita como roca ornamental y que favorece el desarrollo de una intensa meteorización.



Fig. 1. Localización de los afloramientos ofíticos de Cantabria
Fig. 1. Ophitic outcrops in the Cantabrian region

Las ofitas de Cantabria: marco geológico

La región cantábrica se encuentra al borde de una gran cuenca sedimentaria marina que se situó durante la Era Paleozoica en el borde de la actual zona Astur-Leonesa. El basamento paleozoico está formado por calizas, pizarras y areniscas de edad carbonífera, así como cuarcitas de edad ordovícica, aflorantes en la parte oeste y suroeste de la provincia, especialmente en los Picos de Europa penetrando en la zona centro-oriental por la "Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga".

Los materiales mesozoicos sedimentarios que forman la cuenca Mesoterziaria (dos tercios de la superficie de la región) son principalmente calizas, areniscas, limolitas, arcillas bien estratificadas del Triásico y Jurásico, así como areniscas y limolitas del Cretácico Inferior. El resto de los materiales más recientes pertenecen al Cretácico Superior.

Sobre el Mesozoico se sitúan los materiales del Terciario, representados por calizas, areniscas y arenas más o menos sueltas (objeto de explotación como arenas silíceas en Roiz-La Acebosa-Lamasón).

Desde el punto de vista estructural, la cuenca Mesoterziaria se ve afectada por la tectónica Alpina, que rejuvenece las fracturas hercínicas representadas por la falla de la "Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga".

Las ofitas de Cantabria afloran relacionadas con materiales triásicos. Dentro de ellos, los materiales más antiguos con los que aparecen relacionadas a modo de sills son de facies Buntsandstein. Se trata de una potente serie detrítico-terrágena azoica en la que predominan las areniscas y conglomerados, más o menos cuarcíticos, con intercalaciones de areniscas y limolitas.

Los materiales más modernos en los que aparecen las ofitas son los de facies Keuper, que afloran en toda la provincia en distintos puntos, y están afectados por una tectónica diapírica. Están compuestos por arcillas abigarradas y yesos variolados (negros, rojos y grises). A esta serie detrítica se encuentran asociados los numerosos diapiros salinos que afloran en la región, que incluyen bloques de formaciones más modernas (carniolas o dolomías del Lías Inferior y calizas jurásicas).

Los afloramientos de Laredo, Colindres y San Roque se sitúan en el Keuper asociados a fallas de dirección NE-SO. Los apuntamientos de Orejo, Hermosa, Los Llanos y Obregón aparecen sin una dirección definida y asociados también al Keuper y a fallas de distinta dirección. Los de San Román, Sta. María de Cayón, Esles, Sandoñana, Villafufre,

Escobedo y Pando, reunidos con el nombre de Sierra Caballar, tienen una dirección E-O siguiendo la estructura de la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga, de la que forman la parte más oriental, en la terminación periclinal del mismo, formando un sill concordante con las areniscas del Buntsandstein, las cuales están recubiertas por materiales del Keuper, Cretácico Inferior y Cuaternario. Los afloramientos de Cueto Pando, embalse de Alsa y La Población se encuentran entre las areniscas del Buntsandstein y las arcillas del Keuper, asociadas a la estructura de la Franja Cabalgante del Besaya, de dirección NNO-SSE. Finalmente, los afloramientos de la zona sur, Cañeda, Cervatos, San Martín de Hoyos, Olea, Castrillo del Haya, Camesa, Rebolledo y Matarrepudio se encuentran entre materiales del Keuper situados sobre las areniscas del Buntsandstein.

La fracturación de las ofitas facilita primero el desarrollo de una meteorización profunda, originando una disyunción esférica característica de estas rocas, con desarrollo de un suelo de varios decímetros de espesor y una morfología de montículos redondeados de roca dura que destacan sobre los materiales arcillosos del Keuper (Figs. 2 y 3).

Distribución y reconocimiento general de los afloramientos ofíticos de Cantabria

Para su estudio, los afloramientos ofíticos se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con su localización geográfica (Lago y Pocovi, 1984): zona norte, zona central y zona sur. Los afloramientos de mayores dimensiones se encuentran en la zona central de la región, relacionados con el diapirismo. La mayoría son extruidos junto con los materiales del Keuper que los acompañan (Cueto Pando, La Población); otros son paraconcordantes con las areniscas del Buntsandstein (Sierra Caballar), mientras que algunos se encuentran desenraizados entre los materiales del Keuper (Cañeda). En conjunto, son apuntamientos de extensión variable, desde pequeños afloramientos de carácter extrusivo a sills (Sierra Caballar) o coladas de gran extensión, con uno o varios focos de salida.

La fracturación y alteración superficiales descartan el empleo de las ofitas como roca ornamental, aunque los reconocimientos efectuados sobre el terreno no han llegado a profundidades suficientes para evaluar el alcance de la fracturación; las observaciones realizadas en los escasos lugares en que ha sido posible encontrar ofitas superficiales y en profundi-



Figs. 2 y 3. Comparación entre las morfologías de los afloramientos de Cueto Pando (izda) y Hermosa (dcha)
Figs. 2 y 3. Comparison between Cueto Pando (left) and Hermosa (right) outcrops' morphology

dad (Cueto Pando - Hilaturas de Portolín) indican que, en general, las fracturas tienden a disminuir con la profundidad.

De los estudios de datación (Montigny *et al.*, 1982), complementados con los trabajos que analizan su situación estratigráfica (Lago y Pocoví, 1984), la edad de las ofitas de Cantabria corresponde a finales del Triásico Superior, habiendo intruido a favor de fracturas del zócalo. Como resultado de la meteorización superficial es difícil observar bien los contactos entre las ofitas y materiales encajantes, aunque en algunos casos no quedan dudas de que hay contactos mecánicos.

En la zona NNE de Cantabria, se encuentran localizados afloramientos ofíticos en Laredo, donde aparecen dos masas ofíticas relevantes: una, denominada El Canto, está situada en la punta nororiental de la villa, destacando por su dureza con relación a las rocas adyacentes y penetrando en forma de punta hacia el mar. El macizo ofítico es una intrusión brechificada en su lado oriental como consecuencia de una falla de dirección NE-SO en la que abunda la epidota y calcita rellenando las fisuras. La falta de materiales de facies Keuper en contacto directo con la roca ígnea se debe, probablemente, a la erosión marina posterior, ya que los yesos y arcillas aparecen a lo largo de la costa hacia el oeste. En la parte sur el contacto es directo con los materiales cuaternarios sobre los que se asienta la Villa de Laredo.

El otro afloramiento se encuentra en Peña Lucía, en las proximidades de la autopista Santander - Bilbao, entre Colindres y Laredo (Fig. 4). Se trata de

un macizo ofítico separado en dos partes por materiales cuaternarios pertenecientes al relleno de un entrante marino erosivo, debido a la erosión de las sales del Keuper junto a las que se encuentra la roca ígnea. La cara norte del afloramiento es la menos alterada, presentando un potente banco de ofitas diaclasadas que se caracterizan por su color verde oscuro y grano fino.

En la zona de Colindres existen dos intrusiones ofíticas: una de pequeña extensión, localizada dentro del pueblo de Colindres, hacia el sur, que se presenta como una intrusión poco alterada y muy diaclasada en contacto directo con los materiales de facies



Fig. 4. Aspecto que presenta actualmente el afloramiento de Peña Lucía (Laredo)
Fig. 4. Peña Lucía's outcrops (Laredo) morphology at present

Keuper. La otra intrusión llamada "El Callejo" es un afloramiento próximo a Colindres (hacia el oeste), encajado en calizas y dolomías karstificadas.

Hacia el sur, la carretera de Colindres a Limpias (en San Roque) corta un afloramiento de ofitas (probablemente un apuntamiento del macizo de Colindres), que destaca por presentar una roca de color gris oscuro con baja meteorización.

En la zona centro de Cantabria se distinguen varios afloramientos; así, en la zona de Orejo, hay tres afloramientos de ofitas dentro de materiales del Keuper, el más occidental asociado claramente a una falla inversa, mientras que los otros dos no tienen una orientación clara.

En el conjunto Solares, Sobremazas, Anaz y Hermosa encontramos un grupo de seis intrusiones de roca ígnea, aparentemente desenraizadas y de tamaños diversos, relacionadas con una zona diapírica triásica compuesta por materiales arcillosos y yesos que surge entre las calizas aptenses. En esta zona las ofitas están encajadas directamente en los materiales de facies Keuper, formando cuerpos que aprovechan la fracturación radial distensiva de los diapiros. Tienen una fuerte meteorización que impide observar la roca fresca salvo en el caso de las canteras de Hermosa.

Al SO de las intrusiones ofíticas de la zona de Solares-Hermosa aparece otro afloramiento próximo a la localidad de Obregón, de longitud aproximada de 200 m y una anchura de 30 m. Esta intrusión se encuentra encajada a favor de fallas inversas entre materiales del Triásico Superior (facies Keuper), del Jurásico y de la facies Weald.

En el dominio centro-oriental de Cantabria se encuentra el afloramiento más importante de intrusiones magmáticas de naturaleza toleítica y textura ofítica, que aparecen relacionadas con formaciones sedimentarias del Triás Inferior, concretamente en las areniscas de facies Buntsandstein. Dicho afloramiento se ha denominado Sierra Caballar (Fig. 5). Estas ofitas están relacionadas con la estructura tectónica denominada Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga, de dirección E-O, que pone en contacto las areniscas rojas de la facies Buntsandstein y los materiales del Carbonífero con los del Cretácico en facies Weald.

Este conjunto de afloramientos ofíticos se desarrolla como un gran antiforame que se extiende hacia el este desde unos cuatro kilómetros al NO de San Román hasta Sta. María de Cayón y Lloreda, para desde aquí dirigirse hacia el sur por Totero y Esles y continuar finalmente hacia el oeste por Sandoñana, Villafufre y Escobedo. Los tramos septentrional y

oriental de esta gran estructura están constituidos por sills o grandes afloramientos estratiformes, mientras que la parte sur es una franja que contiene abundantes estructuras diapíricas relacionadas con intrusiones ofíticas.

Los afloramientos que constituyen Sierra Caballar se han dividido, para su estudio, en tres zonas:

- a) Una zona Norte, en la que las ofitas afloran como pequeños montículos redondeados situados en la parte baja de la denominada Sierra Caballar, concordantes con las areniscas del Buntsandstein, y caracterizados por una meteorización moderada a alta.
- b) Una zona Este, en la que las intrusiones ofíticas son de gran extensión y elevación, presentando una meteorización moderada-alta e intensa fracturación.
- c) Una zona Sur, en la que se puede apreciar la presencia de masas aisladas de calizas jurásicas, dolomías triásicas y ofitas, todas ellas con aspecto caótico, a lo largo del flanco sur del antiforame. Esta disposición estructural correspondería con una actividad ígnea que tuvo lugar siguiendo fracturas del basamento paleozoico.

En conjunto, se puede decir que la estructura presenta alteraciones distintas de unos puntos a otros, lo que se debe al diferente grado de fracturación y a la composición de sus materiales. Así, mientras que en algunos lugares se aprecia un considerable espesor de suelo, en otros existen masas de ofitas que dan lugar a afloramientos relativamente sanos.

En el área denominada Cueto Pando - Embalse de Alsa, comprendida entre las poblaciones de Bárcena de Pie de Concha, Molledo y Silió, destacan las ofitas



Fig. 5. Vista general del afloramiento de Sierra Caballar (zona Norte)

Fig. 5. Overview of Sierra Caballar's outcrops (North zone)

del cerro Cueto Pando y las areniscas y conglomerados triásicos del Pico Vaho.

Cueto Pando es un cuerpo intrusivo encajado en materiales triásicos, con dirección NO-SE. En el talud de la carretera a Silió (Fig. 6) los afloramientos ofíticos presentan una roca de características subvolcánicas, de color verde oscuro, con una potencia entre 8 y 10 m, que presenta un frente de roca "sana" con fuerte diaclasado.

En el alto de Cueto Pando, así como en la vertiente sur y sureste, los afloramientos de ofitas presentan una meteorización alta, apareciendo bolos de distintos tamaños con arcillas de color marrón-ocre, que forman el suelo típico de alteración de rocas básicas. Estos bolos conservan la dureza y competencia de las ofitas, pero presentan una aureola de alteración en forma de costra ferruginosa que hace que se separen por capas concéntricas mal definidas. En la cara norte y noroeste de Cueto Pando los afloramientos presentan meteorización moderada-alta, con presencia de grandes bloques en suelo ofítico.

Otro afloramiento próximo es el de Casares-Quevedo, en el que se encuentran suelos de alteración con abundantes bolos de ofita rodeados por arcillas de color marrón-ocre, con características idénticas a las descritas anteriormente. Aparentemente la extensión de esta intrusión ofítica es mucho menor, pero ello se debe, en parte, al recubrimiento de coluviones cuaternarios, lo que imposibilita conocer el tamaño de esta intrusión y dificulta su posible explotación.

En el Embalse de Elsa aparece una pequeña intrusión de ofitas cubierta parcialmente por el embalse. El afloramiento muestra una meteorización muy ele-



Fig. 6. Corte del afloramiento de Pando-Portolín en la carretera de Silió.

Fig. 6. *Pando-Portolin outcrops' in the road to Silió*

vada, por lo que la ofita aparece en forma de bolos con descamaciones concéntricas ("capas de cebolla"), entre abundante arcilla de color marrón-ocre.

En la zona sur-oriental de Cantabria, Embalse del Ebro - La Población, aparecen dos masas de ofitas encajadas en el Keuper, que están cubiertas en parte por el agua del embalse y cuyo emplazamiento está relacionado con el cabalgamiento de los materiales del Keuper sobre los del Cretácico. En el afloramiento del oeste la ofita tiene grano muy fino y color gris, con un grado de meteorización medio a alto, según se puede observar en una antigua cantera de explotación para adoquines.

El afloramiento oriental, que es el de mayor extensión, está encajado en materiales del Keuper de dirección NO a SE.

Agrupados como zona sur se encuentran diversos apuntamientos ofíticos, localizados en la mitad sur de la región. En las proximidades de Reinosa, en Cañeda, existe un afloramiento de ofitas que corresponde a una masa desenraizada sobre las arcillas varioladas del Keuper, sin relación aparente con fallas, que ha sido explotada casi en su totalidad.

El afloramiento ofítico al oeste de Cervatos, junto a la carretera Reinosa-Palencia, tiene dirección NO-SE. Se trata de una importante masa de roca alterada con intensa fracturación, impregnada por abundante epidota tapizando las paredes de las fracturas, y con estructuras vesiculares de distinto tamaño, ocasionalmente rellenas de calcita.

En el término municipal de Valdeolea existen numerosos apuntamientos ofíticos encajados entre los materiales arcillosos de la facies Keuper, sin dirección predominante y relacionados con la tectónica diapírica. Entre ellos destaca la masa de ofitas próxima a San Martín de Hoyos, la cual corresponde a una intrusión que se extiende hacia el oeste y hacia el sur, dividida en dos cuerpos que resaltan sobre el relieve, con una meteorización moderada y color verde oscuro.

Próximo al pueblo de Olea y en dirección SO, aparece otro extenso afloramiento ofítico meteorizado, con fuerte fracturación y roca de color gris oscuro. Al NO del pueblo de Castrillo del Haya (Fig. 7), en la carretera que comunica este pueblo con Casasola, se localiza una masa ofítica caracterizada por la presencia de un diaclasado subhorizontal que le da un aspecto estratificado, encajada entre materiales del Keuper y en contacto mecánico con las areniscas del Buntsandstein. Este afloramiento presenta una meteorización baja en su extremo noreste y ligera a moderada en su extremo sureste, con una roca basáltica de color verde oscuro a gris oscuro, y con abun-

dantes vacuolas rellenas de calcita, dispersas y sin orientación.

En las proximidades de la carretera que va desde Mataporquera a Camesa, Rebolledo y El Haya existen varios afloramientos ofíticos caracterizados por una meteorización alta en los que las ofitas afloran formando bolos entre arcillas. Destaca por su intensa meteorización el apuntamiento ofítico próximo al pueblo de El Haya, en el que sólo pueden verse las arcillas marrones-ocres características de los suelos de alteración de ofitas (González Huecas *et al.*, 1997) y algún resto de roca alterada.

El afloramiento de ofitas situado al N de la localidad de Matarrepudio se encuentra actualmente en explotación (Fig. 8), presentando un frente abierto que muestra la intensa meteorización del afloramiento en su parte superior, donde la roca se presenta en forma de bolos entre arcillas. En profundidad aumenta la proporción de roca sana. La fracturación es intensa en todo el frente, pero, en profundidad, se obtienen bloques de tamaños mayores.

Selección de los afloramientos

La prospección de todos los afloramientos ofíticos de Cantabria tiene como objetivo el estudio de un importante recurso económico existente en la región, ya que las ofitas presentan buenas cualidades para su uso como árido de carretera y, sobre todo, como balasto para ferrocarril. El extraordinario desarrollo en España de las Obras Públicas (autovías, obras de hormigón y trenes de alta velocidad), entre los que se encuentra el futuro tren de alta velocidad de la Cornisa Cantábrica, recientemente anunciado, permi-

ten prever un gran futuro para los áridos que, como las ofitas, presentan un excelente comportamiento físico-mecánico.

Las propiedades físicas de un árido se determinan mediante ensayos normalizados y están estrechamente relacionadas con las características petrográficas de las rocas (Alonso y Montoto, 1982; Carmona, 2000; Fernández Maroto, 2002). El aprovechamiento industrial de estos recursos necesita de un estudio de estos afloramientos y una caracterización de la roca y del árido obtenido por machaqueo de la misma. Es evidente que, aunque la homogeneidad de las ofitas de Cantabria es grande, no todos los afloramientos son explotables, tanto por los resultados de los ensayos como por las condiciones socioeconómicas y medioambientales que rodean la explotación de las canteras, en una zona tan poblada como Cantabria. No obstante, las características físicas y tecnológicas de los materiales ofíticos de los afloramientos estudiados no se incluyen en este trabajo y serán objeto de publicaciones posteriores.

Se han seleccionado siete afloramientos bajo criterios de: - *dispersión geográfica* (abarcando la mayor parte de la distribución de las ofitas en la región); - *presencia de cortes en el terreno* (existencia de taludes, explotaciones abandonadas o en actividad) que permiten la observación directa de la roca y toma de muestras; - *variedad de las características macroscópicas* (color, tamaño de grano, texturas y estructuras), buscando la diversidad; y *criterios económicos de explotabilidad*, especialmente la ubicación y accesibilidad de los afloramientos y el impacto ambiental de las eventuales explotaciones. Los afloramientos escogidos han sido los siguientes: Peña Lucía (Laredo, norte de Cantabria); Hermosa; Sierra



Fig. 7. Parte frontal del afloramiento de Castrillo del Haya
Fig. 7. Frontal view of Castrillo del Haya's outcrops



Fig. 8. Vista general de la cantera de Matarrepudio
Fig. 8. Overview of Matarrepudio's quarry

Caballar (dividido en cuatro: Escobedo, Sandoñana, Esles y San Román); Pando y Portolín (centro de la región); La Población (en el Embalse del Ebro); Castrillo del Haya y Matarrepudio (en la zona sur).

Características petrográficas de las ofitas seleccionadas

Aunque en general las variaciones composicionales y texturales en las ofitas estudiadas no son muy marcadas, existen algunas diferencias entre los afloramientos escogidos, tanto a nivel macroscópico como microscópico.

Desde el punto de vista macroscópico, destacan las ofitas del afloramiento de Peña Lucía por su textura de grano fino y color verde claro, en la que se observa, ocasionalmente, la existencia de vacuolas rellenas. En Sierra Caballar las muestras del afloramiento de Esles se caracterizan por una textura de grano fino a medio y color grisáceo, en las que se aprecian los cristales de piroxeno. En el afloramiento de La Población existen muestras con grano fino a muy fino, de color gris oscuro a negro, muy homogénea y compacta. En Matarrepudio las ofitas se caracterizan por su color verde claro y la existencia de cristales visibles de piroxeno. Por último, en Castrillo del Haya presentan grano fino, color verde oscuro a gris, con presencia de abundantes estructuras vacuolares de tamaño grande, algunas de las cuales se encuen-

tran parcial o totalmente rellenas por calcita. La existencia de una disyunción planar le da a este afloramiento un aspecto estratificado que pone de manifiesto el carácter lávico del mismo.

En el estudio microscópico, la textura predominante es la ofítica, característica de los afloramientos de Matarrepudio, Cueto Pando, Hermosa y Sierra Caballar, con variaciones a subofítica y, en algunos casos, presentan texturas porfídicas con matriz intergranular (Peña Lucía).

En su composición mineralógica (Tabla 1) están constituidas en un 86% por piroxenos y plagioclasas tanto en fases minerales sanas como alteradas. Estos minerales se encuentran presentes en todas las ofitas estudiadas, diferenciándose los afloramientos por el grado de alteración de los mismos. Se trata de clinopiroxenos, principalmente de tipo augita con carácter poiquilítico, que determinan la textura característica de las ofitas. Las plagioclasas se presentan como microlitos de tamaño pequeño y de composición An65 - An70.

El resto de la composición mineral de estas ofitas está constituida por algunos minerales comunes a todas ellas, como son los opacos (sulfuros y óxidos de hierro) y el olivino, y por minerales que sólo aparecen en algunos afloramientos, como es el caso de biotita, epidota, calcita, clorita, moscovita o el cuarzo secundario.

Los afloramientos de Peña Lucía, Matarrepudio, Castrillo del Haya y Pando-Portolín se caracterizan

MUESTRA	Matarrepudio	Castrillo del Haya	La Población	Pando-Portolín	Sierra Caballar	Hermosa	Peña Lucía
Plagioclasa (%)	13,9	21,6	18,9	21,5	29,8	39,7	37,9
Piroxeno (%)	37,5	20,4	25,1	23,0	27,5	37,0	13,7
Olivino (%)	2,8	3,4	3,1	2,6	1,7	3,5	1,4
Opacos (%)	5,8	6,4	4,5	5,8	5,2	3,2	7,4
Anfiboles (%)	3,5	0,7	3,1	3,3	2,1	1,7	4,2
Plagioclasas alteradas (%)	23,2	25,1	35,1	26,7	24,0	5,7	11,8
Uralita (%)	9,3	16,4	7,4	14,1	7,3	6,9	6,9
Biotita (%)	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5	1,5	0,0
Epidota (%)	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	2,9
Clorita (%)	0,0	0,5	0,2	0,3	0,0	0,0	6,6
Feldespato (%)	0,5	1,2	1,0	0,7	0,4	0,0	5,3
Cuarzo (%)	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
Calcita (%)	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Moscovita (%)	1,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,6
Zeolita (%)	1,1	0,1	0,6	0,5	0,1	0,0	0,0
Otros (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Serpentino cloríticos (%)	1,0	4,0	0,7	0,5	0,2	0,9	1,1

Tabla 1. Análisis modal de las ofitas seleccionadas
Table 1. Modal Analysis of the Selected Ophites

por un alto contenido en opacos (5,8-7,4%). Pando-Portolín y especialmente Peña Lucía destacan por la existencia de epidota, y Hermosa y Sierra Caballar, por su contenido en biotita (1,5%).

El olivino se encuentra en todos los afloramientos pseudomorfizado por minerales de serpentina y clorita e incluso a talco (Matarrepudio), con excepción del afloramiento de Hermosa, en el que se puede observar la existencia de cristales de olivino sin alteración.

Los anfíboles aparecen en la matriz ocupando huecos entre las plagioclasas; unas veces son primarios y otras son productos precoces y/o tardíos de alteración de los piroxenos, y, ocasionalmente, asociados a biotita (Hermosa). Se trata principalmente de hornblenda, actinolita y tremolita.

La calcita se encuentra en el afloramiento de Castrillo del Haya como relleno de las estructuras vacuolares existentes, así como en Peña Lucía.

Para el estudio del tamaño de grano de las ofitas mediante técnicas de microscopía óptica y estereología, se eligieron los piroxenos, ya que son los minerales más abundantes. Su tamaño varía entre valores de 0,03 mm² en las muestras del afloramiento de La Población a 16,37 mm² en las de Matarrepudio.

El tamaño de los cristales de piroxeno está relacionado con la textura de la roca. Así, el tamaño medio de los piroxenos en las muestras con textura porfídica con matriz intergranular es muy inferior (0,05 mm²) a los obtenidos en las otras dos texturas (3,03 y 2,10 mm² en la ofítica y subofítica, respectivamente).

Desde el punto de vista microfisural, el microscopio electrónico de barrido ha evidenciado la existencia de microfisuración de tipo inter e intragranular, estableciendo una densidad de microfisuración (expresada como el número de fisuras por mm) entre 0,75 fisuras/mm en muestras del afloramiento de San Román y 4,64 fisuras/mm en las de Sandoñana, siendo este afloramiento junto al de Hermosa y Castrillo del Haya los que presentan una densidad de microfisuración total más elevada.

Por otra parte, la densidad de microfisuración, tanto intergranular como intragranular (Tabla II), es mayor en las muestras con texturas subofíticas que en las que tienen otra textura. Esta diferencia es más acusada en el caso de la microfisuración intergranular.

Alteración hidrotermal de los afloramientos seleccionados

Los minerales que se ven afectados por los procesos de alteración hidrotermal en las ofitas estudiadas son, principalmente, las plagioclasas y los piroxenos.

Textura	Densidad Media de Microfisuración Intragranular (nº fisuras/mm)	Densidad Media de Microfisuración Intergranular (nº fisuras/mm)
Porfídica con matriz intergranular	1,28	1,41
Subofítica	1,60	2,06
Ofítica	1,27	1,29

Tabla 2. Valores medios de densidad de microfisuración según el tipo de textura de la roca

Table 2. Average Values of the microfisuration density correlated with the kind of the rock texture

Esta alteración hidrotermal afecta a todos los afloramientos estudiados con mayor o menor intensidad.

Las plagioclasas sufren una sericitización y/o saussuritización gradual, más intensa en el núcleo de los cristales. Aunque mayoritariamente los cristales de plagioclasa se presentan con hábito tabular y tienen pequeño tamaño, por lo que pueden estar completamente alterados, existen en algunas muestras cristales de tamaño superior a 1 mm en los que se puede apreciar el desarrollo de la alteración.

En el afloramiento de Sierra Caballar se observa una variación en el proceso de alteración de las plagioclasas, presentando éstas mayor alteración en San Román, Esles y Sandoñana que en Escobedo. En Esles predomina la sericitización sobre la saussuritización de las plagioclasas, destacando la existencia de dos familias: una con nula o ligera sericitización, y la otra, totalmente alterada. En San Román la alteración llega a formar masas de sericita-saussurita en las que no se pueden diferenciar los microlitos de plagioclasas. Escobedo y Hermosa son los afloramientos con menor grado de alteración de las plagioclasas (6,8 y 5,7% respectivamente).

Por otro lado, los procesos de alteración que afectan a los piroxenos consisten en la transformación parcial de los mismos a uralita siguiendo el borde de los cristales y/o los planos de exfoliación de los mismos. En Escobedo la alteración hidrotermal afecta principalmente a los piroxenos, desarrollándose una uralitización (7,7%) desde los bordes hacia el interior de los cristales.

En el estudio de la alteración de los afloramientos seleccionados se obtiene que, así como los porcentajes de plagioclasas alteradas presentan rangos de variación con valores extremos entre 0,5% a 45,6%, en muestras de los afloramientos de Hermosa y Sandoñana respectivamente, los valores de la uralitización de los piroxenos se muestran menos variables

(5,2% y 28,9% en muestras de Matarrepudio y Castrillo del Haya).

Conclusiones

Las intrusiones ofíticas de Cantabria son numerosas y se distribuyen por la región en forma de arco, desde la zona más nororiental (Laredo-Limpias) a la zona más suroccidental (Olea-Matarrepudio).

Las ofitas de Cantabria constituyen diques o domos entre las arcillas yesíferas del Keuper (Peña Lucía, Hermosa, Pando-Portolín, La Población, Matarrepudio) o dan lugar a sills entre las areniscas rojas del Buntsandstein (Sierra Caballar). Sólo en el caso de Castrillo del Haya parecen corresponder a una colada con disyunción planar.

La intensa fracturación que afecta a las intrusiones ofíticas impide la extracción de bloques con los tamaños necesarios para su uso como roca ornamental y favorece el desarrollo de una meteorización moderada-alta que da lugar a afloramientos con morfologías suaves y redondeadas, así como a la formación de suelos arcillosos en los que quedan bloques redondeados de ofita constituidos por un núcleo de roca sana y muy duro, y capas concéntricas de roca alterada.

Texturalmente predomina la textura ofítica con variaciones a subofítica y, en algunos casos presentan texturas porfídicas con matriz intergranular. En la composición mineralógica, son los piroxenos y las plagioclasas los minerales principales de estas rocas, así como sus productos de alteración, constituyendo el 86% de la composición mineral de las ofitas. El resto está formado por cantidades variables, pero siempre presentes, de opacos (sulfuros y óxidos de hierro), con valores altos en los afloramientos de Matarrepudio, Castrillo del Haya, Peña Lucía y Pando-Portolín, y olivino (abundante en Hermosa y Castrillo del Haya), que se presenta generalmente pseudomorfizado por minerales de la serpentina y clorita (con excepción de Hermosa).

Además forman parte de la composición mineral de las ofitas otros minerales que no son comunes a todos los afloramientos. Entre estos destaca la existencia de biotita en los afloramientos de Sierra Caballar, Pando-Portolín y Hermosa. La epidota es abundante en el afloramiento de Peña Lucía, existiendo también en Pando-Portolín. La calcita rellena las estructuras vacuolares que caracterizan el afloramiento de Castrillo del Haya. El cuarzo secundario existe en los afloramientos de Sierra Caballar, Pando-Portolín, Matarrepudio, La Población y Peña Lucía.

Desde el punto de vista de microfisuración, se

constata la existencia de una fisuración transgranular muy escasa, visible al microscopio de polarización, que está generalmente cerrada por minerales de alteración hidrotermal (calcita, micas o cuarzo secundario).

El estudio al microscopio electrónico de barrido ha permitido observar la presencia de una microfisuración inter e intragranular que varía entre las 0,75 fisuras por milímetro de San Román y las 4,64 de Sandoñana. Al estudiar los valores medios de fisuración por texturas se observa que son las rocas con textura subofítica las que presentan una fisuración, tanto inter como intragranular, más alta (2,06 fisuras/mm). Por el contrario, son las muestras con textura ofítica las que están menos fisuradas (1,3 fisuras/mm).

El tamaño medio de los piroxenos de las ofitas de Cantabria, presenta un rango muy amplio, que oscilan entre los 16,37 mm² de Matarrepudio y los 0,03 mm² de La Población. Estos piroxenos son mayoritariamente clinopiroxenos de tipo augita, con una clara tendencia de las muestras con textura porfídica intergranular a presentar el tamaño más pequeño (0,05 mm² de tamaño medio).

La alteración hidrotermal en estas rocas está representada principalmente por los procesos de uranización de los piroxenos y sericitización y saussurización de las plagioclasas que se manifiestan con mayor o menor intensidad en todos los afloramientos. Sin embargo, las diferencias en el grado de alteración entre los distintos afloramientos son más acusadas en las variaciones de plagioclasas alteradas.

Todos estos parámetros constituyen variables petrográficas que serán utilizadas, con la aplicación de métodos geoestadísticos, para relacionarlas con el comportamiento del árido obtenido del machaqueo de las ofitas extraídas en los afloramientos seleccionados frente a los ensayos de caracterización del mismo, que pueden servir como indicadores de la calidad de las ofitas, antes de realizar los ensayos prescritos en las normas UNE.

Referencias

- Alonso, J. y Montoto, M. 1982. Pulimento de áridos carbonatados en capas de rodadura. Parte I: Parámetros petrográficos. *Boletín Geológico y Minero*. T XCIII-III. 254-260.
- Carmona Guillén, F. 2000. La relación entre la petrografía de los áridos y su comportamiento en carretera bajo el tráfico. *Carreteras*, nº 108, Mayo-Junio 2000, 107-108.
- Fernández Maroto, G. 2002. Comportamiento como árido para pavimento de ofitas de Cantabria. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo. 512 pp.
- González Huecas, C. et al. 1997. Alteración mineralógica de

- suelos desarrollados sobre ofitas. *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo* nº3-2, 413-419.
- Lago, M. y Pocoví, A. 1984. Aspectos geológicos y petrológicos de las doleritas triásicas (ofitas) de Cantabria. *I Congreso Español de Geología*. Tomo II, 147-160.
- Montigny, R. *et al.* 1982. Étude K/Ar du magmatisme basique lié au Trias Supérieur de Pyrénées. Conséquences méthodologiques et paléogéographiques. *Bull. Minéral*, 105, 673-680.
- Recibido: Abril 2003
Aceptado: Diciembre 2003