

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO BASICO DE MAGNESITAS, DOLOMIAS  
Y OFITAS EN ASTURIAS, CANTABRIA Y PAIS VASCO  
TOMO 0 - MEMORIA GENERAL



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

11116

ESTUDIO BASICO DE MAGNESITAS, DOLOMIAS Y OFITAS

EN ASTURIAS, CANTABRIA Y PAIS VASCO

Diciembre - 1985

INDICE GENERAL

TOMO 0 - MEMORIA GENERAL

	<u>Página</u>
0. INTRODUCCION .....	1.
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	3.
2. CARACTERISTICAS GENERALES DE ESTA ROCAS.....	4.
2.1. Ofitas .....	4.
2.1.1. Definición y antecedentes .....	4.
2.1.2. Origen y formación .....	6.
2.1.3. Composición química y mineralógi ca .....	10.
2.1.4. Aplicaciones .....	11.
2.2. Dolomías .....	12.
2.2.1. Definición y antecedentes .....	12.
2.2.2. Origen y formación .....	14.
2.2.3. Composición química y mineralógi ca .....	17.
2.2.4. Propiedades .....	18.
2.2.5. Aplicaciones .....	19
2.2.6. Esquema gráfico de representación de dolomías y calizas .....	21.

2.3.	Magnesitas .....	22.
2.3.1.	Definición y antecedentes .....	22.
2.3.2.	Origen y formación .....	23.
2.3.3.	Composición química y mineralógica .....	26.
2.3.4.	Propiedades .....	28.
2.3.5.	Aplicaciones .....	29.
3.	AREA DE ESTUDIO .....	31.
4.	METODOLOGIA .....	32.
4.1.	Recopilación de la información .....	32.
4.2.	Exploración de campo .....	34.
4.2.1.	Descripción general de las formaciones .....	36.
4.3.	Zonas de interés: criterios de selección.	47.
4.4.	Prospección de las Zonas de interés .....	48.
4.5.	Conclusiones y recomendaciones .....	49.
4.5.1.	Conclusiones y recomendaciones en Asturias .....	51.
4.5.2.	Conclusiones y recomendaciones en Cantabria .....	53.
4.5.3.	Conclusiones y recomendaciones en el País Vasco .....	55.
4.6.	Referencias bibliográficas .....	56.

TOMO I - ASTURIAS

	<u>Página</u>
I. COMUNIDAD AUTONOMA DE ASTURIAS .....	1.
I.1. DISTRIBUCION DE MUNICIPIOS Y HOJAS 1:50.000 DE ASTURIAS .....	2.
I.2. RELACION DE MUNICIPIOS DE ASTURIAS .....	3.
I.3. RELACION DE LAS MUESTRAS DE DOLOMIA DE AS TURIAS PROCEDENTES DE LA LITOTECA DEL IGME .....	4.
I.4. RELACION DE MUESTRAS TOMADAS DURANTE LA EXPLORACION DE CAMPO EN ASTURIAS .....	15.
I.5. DISTRIBUCION DE LAS MUESTRAS ANTERIORES EN HOJAS 1:50.000 .....	19.
I.6. ZONAS DE INTERES DE ASTURIAS .....	20.
I.6.1. Características de las Zonas de interés de Asturias .....	21.
I.7. ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE AS TURIAS .....	30.
I.8. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA RELATIVA A ASTURIAS .....	41.
I.8.1. Especificaciones para -dolomías- en el Norte de España (Dolomías para vidrio) .....	41.
I.8.2. Certificados de análisis quími cos de las muestras .....	43.
I.8.3. Estudio de láminas delgadas de algunas muestras .....	46.

Página

I.8.4. Estudio de difracción por <u>Ra</u> yos X de algunas muestras .....	50.
I.9. FICHAS DE CAMPO DE ASTURIAS .....	53.
I.10. RELACION DE PLANOS DE ASTURIAS .....	89.
I.11. FOTOGRAFÍAS DE ASTURIAS .....	91.

TOMO II - CANTABRIA

	<u>Página</u>
II. COMUNIDAD AUTONOMA DE CANTABRIA .....	1.
II.1. DISTRIBUCION DE MUNICIPIOS Y HOJAS 1:50.000 DE CANTABRIA .....	2.
II.2. RELACION DE MUNICIPIOS DE CANTABRIA ....	2.
II.3. RELACION DE LAS MUESTRAS DE DOLOMIA DE CANTABRIA PROCEDENTES DE LA LITOTECA DEL IGME .....	4.
II.4. RELACION DE MUESTRAS TOMADAS DURANTE LA EXPLORACION DE CAMPO EN CANTABRIA .....	9.
II.5. DISTRIBUCION DE LAS MUESTRAS ANTERIORES EN HOJAS 1:50.000 .....	14.
II.6. ZONAS DE INTERES DE CANTABRIA .....	15.
II.6.1. Características de las Zonas de interés de Cantabria .....	16.
II.7. ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE CANTABRIA .....	45.
II.8. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA RELATIVA A CANTABRIA .....	60.
II.8.1. Especificaciones para -dolomías- en el Norte de España (Dolomías para vidrio .....	60.
II.8.2. Certificados de análisis quími cos de las muestras .....	62.
II.8.3. Estudio de láminas delgadas de algunas muestras .....	66.

II.8.4. Conclusiones del estudio petro <u>g</u> ráfico .....	72.
II.8.5. Estudio de difractometría por Rayos X de algunas muestras ....	74.
II.8.6. Relación de fotografías de lám <u>i</u> nas delgadas .....	77.
II.8.7. Ensayo de características físicas y mecánicas de la muestra de ofi <u>l</u> ta de Solares .....	79.
II.8.8. Resultados de ensayos de aptitud para el empleo en la fabricación de hormigones (según Artículo 7 de la instrucción EH-82) .....	86.
II.8.9. Resultados de los ensayos de des <u>g</u> gaste de algunas muestras de ofi <u>l</u> ta .....	88.
II.9. FICHAS DE CAMPO DE CANTABRIA .....	90.
II.10. RELACION DE PLANOS DE CANTABRIA .....	138.
II.11. FOTOGRAFIAS DE CANTABRIA .....	139.



TOMO III - PAIS VASCO

	<u>Página</u>
III. COMUNIDAD AUTONOMA DEL PAIS VASCO .....	1.
III.1. DISTRIBUCION DE MUNICIPIOS Y HOJAS 1:50.000 DE ALAVA .....	2.
III.2. RELACION DE MUNICIPIOS DE ALAVA ...	2.
III.3. DISTRIBUCION DE MUNICIPIOS Y HOJAS 1:50.000 DE GUIPUZCOA .....	4.
III.4. RELACION DE MUNICIPIOS DE GUIPUZCOA	4.
III.5. DISTRIBUCION DE MUNICIPIOS Y HOJAS 1:50.000 EN VIZCAYA .....	6.
III.6. RELACION DE MUNICIPIOS DE VIZCAYA .	6.
III.7. RELACION DE LAS MUESTRAS DE DOLOMIA DEL PAIS VASCO PROCEDENTES DE LA LI LITOTECA DEL IGME .....	8.
III.8. RELACION DE MUESTRAS TOMADAS DURAN EXPLORACION DE CAMPO EN EL PAIS VASCO .....	14.
III.9. DISTRIBUCION DE LAS MUESTRAS ANTE RIORES EN HOJAS 1:50.000 .....	18.
III.10. ZONAS DE INTERES DEL PAIS VASCO ...	19.
III.10.1. Características de las zonas de interés .....	20.
III.11. ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DEL PAIS VASCO .....	31.
III.12. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA RELA TIVA AL PAIS VASCO .....	44.

III.12.1.	Especificaciones para -dolomías- en el Norte de España (Dolomías pa ra vidrios) .....	44.
III.12.2.	Certificados de análi sis químicos de las muestras .....	46.
III.13.	FICHAS DE CAMPO DEL PAIS VASCO ....	50.
III.14.	RELACION DE PLANOS DEL PAIS VASCO	91.
III.15.	FOTOGRAFIAS DEL PAIS VASCO .....	92.

TOMO IV: PLANOS DE ASTURIAS.

TOMO V: PLANOS DE CANTABRIA.

TOMO VI: PLANOS DEL PAIS VASCO.

El presente estudio ha sido realizado por la empresa FRASER  
ESPAÑOLA, S.A., en régimen de contratación con el INSTITUTO  
GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.

## 0. INTRODUCCION

El presente proyecto, se dedica al estudio básico de las ofitas, magnesitas y dolomías en las Comunidades Autónomas de Asturias, Cantabria y País Vasco.

Dado que en este proyecto, se incluyen rocas de distintos orígenes y aplicaciones, se han de tener en cuenta en los recorridos de exploración de campo, una serie de aspectos a observar que serán diferentes, según se trate de unas u otras.

Las ofitas, aunque su aplicación la busquemos en el campo ornamental, su mayor uso lo tiene en el campo de la construcción, especialmente se aplican como áridos en la capa de rodadura de las carreteras dando excelentes resultados.

Con estas consideraciones se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Composición mineralógica.
- Color.
- Forma y tamaño de los cristales.
- Textura y densidad de la fracturación.
- Espesor del recubrimiento.

En cuanto a las magnesitas y dolomías, las aplicaciones más usuales son como refractarios, fundentes, en construcción, para la fabricación de vidrios y en agricultura para corrección de terrenos.

En los recorridos de campo para la exploración de estas rocas, se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

- Litología.
- Potencia y corrida de los niveles.
- Cambios laterales.
- Génesis de los yacimientos.
- Espesor de los recubrimientos.

Para la ejecución de este proyecto, se ha contado con la base geológica constituida por las Hojas del MAGNA a escala 1:50.000, así como de otros estudios y proyectos del IGME. Completando esta información con datos del Archivo Nacional de Rocas Industriales a escala 1:200.000 y otras publicaciones, algunas de ellas de valiosa aportación, como la prestada por D. José Bonifacio Sánchez, profesor de Geología de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera de Torrelavega; al cual, desde estas líneas les expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

## 1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Con este estudio, se pretende crear una infraestructura de los recursos geológico-mineros en cada una de las Comunidades Autónomas de Asturias, Cantabria y País Vasco; reseñando en cada una de ellas la posibilidad de aprovechamiento de dichos recursos, con el fin de cubrir o paliar en parte aquellas necesidades que existan en ellas; o también, si la entidad del recurso así lo requiere, promocionar sus ventas cara al mercado exterior.

Por otra parte, se crea la necesidad de promover la investigación de estos recursos con fines ornamentales; pues, existen posibilidades de poner en marcha explotaciones de rocas para estos usos.

En cuanto a las magnesitas, nuestro país es deficitario y necesita importar este producto de otros países, con la consiguiente pérdida en divisas; por ello, se hace necesario prestar una mayor atención al descubrimiento de posibles yacimientos de este producto, incidiendo en el interés que tiene el llevar a cabo una investigación más a fondo de estos recursos, cuya explotación puede contribuir al mejor desarrollo de las industrias que lo utilizan.

## 2. CARACTERISTICAS GENERALES DE ESTAS ROCAS

### 2.1. Ofitas

#### 2.1.1. Definición y antecedentes

Dado que el término ofita se refiere a la textura que presentan ciertas rocas volcánicas o subvolcánicas, los especialistas en esta materia evitan el uso de este término que engloba a rocas de diferente composición química y mineralógica.

En el Diccionario de Geología y Ciencias Afines de Pedro de Novo y F. Chincharro se recoge la siguiente definición:

- Ofita: Nombre local que se aplicó primero en los Pirineos a las diabasas muy alteradas, de color verde con manchas blanquecinas, a las que debe el aspecto de piel de serpiente, de donde les viene el nombre. Se componen de pigeonita (variedad de augita) uralitizada, plagioclasa epidotizada y escapolitizado ( $An_{60}An_{40}$ ) y mena, C.O.S. cuarzo; textura ofítica. Con el tiempo se ha aplicado el nombre a la textura típica de estas rocas y por ello debe prescindirse en el sentido primeramente expresado y utilizarse mejor como adjetivo: ofítico.
- Ofítico, ca. Se dice de la textura característica de las doleritas, debida a haber penetrado cristales de piroxeno entre varillas de plagioclasa, dispuestas como vigas diminutas entrecruzadas. Análoga textura desarro-

llan a veces otros grupos de dos minerales. Cuando los cristales de piroxeno encierran varillas de plagioclasa, la textura resulta variedad de la poikilítica, y entonces se denomina poikilofítica.

El Trías evaporítico de la región de Cantabria y País Vasco presenta un importante desarrollo del vulcanismo dolerítico (ofitas) de composición toleítica. Aunque existen notables referencias de carácter puntual sobre estas rocas (Quiroga, 1876, 1885; Calderón y Arana, 1877, 1878, San Miguel de la Cámara, 1922, 1936; y San Miguel de la Cámara y De Pedro, 1955) se realizan descripciones petrográficas detalladas en Magnin-Feysot y Marchand, 1972, y en Braz, 1979. En Lago (1980) se indican caracteres geológicos y petrológicos para algunos afloramientos que se relacionan con otros del área cántabro-pirenaica. Lago y Pocovi (1984) presentan nuevos datos sobre aspectos geológicos y petrológicos así como sobre la edad y mecanismos de emplazamiento para el conjunto de las doleritas presentes en el área. Recientemente estas rocas han sido objeto de un estudio geoquímico por Beziat (1983) y forman parte de programas de investigación en desarrollo (Azambre, Rossy y Lago; Lago y Pocovi).

Ríos (1949-1951), estudia el diapiro de Murguía y en el trabajo sobre materiales salinos, trata entre otros del diapiro de Salinas de Añana.

Stackelber (1960) de la Universidad de Bonn, trata en su tesis doctoral sobre el diapiro de Murguía.



### 2.1.2. Origen y formación

Las doleritas (ofitas) de la zona estudiada como se ha indicado anteriormente, tienen su origen en el magmatismo toleítico (Lago y Pocovi, 1984), experimentando transformaciones tardimagmáticas y post-magmáticas de variable intensidad y con localización preferente en los dominios N y SO de Cantabria.

Respecto a la edad de estas ofitas según un estudio mediante potasio 40/argón 60, sobre una muestra del diapiro de Maeztu realizado en 1969 bajo la dirección del Dr. John A.S. Adams de la Universidad de Rice, da 75 millones de años.

Análoga edad 71 a 73 millones de años es la conclusión a la que llega el profesor P.F. Kerr de la Universidad de Columbia (1962) en el Laboratorio Nacional de Brookhaven con muestras tomadas en un Sill de Reinosa y en Poza de la Sal (Burgos).

Las dataciones obtenidas por Montigny et al. (1982) en muestras del afloramiento de Laredo, mediante K/Ar, presentan valores de  $152 \pm 6$  MA sobre roca total y de  $103 \pm$  MA en plagioclasas lo que se aparta de los valores obtenidos, con igual metodología, para otras doleritas del área de Navarra (Walgenwitz, 1978) y pirenaica (Castellarín et al. 1979; Montigny et al. 1982) si bien esta discrepancia es justificable por la alteración de la roca objeto de medición y justificaría las anomalías detectadas en K y Ar.

De acuerdo con Lago y Pocovi (1984), se puede concluir lo siguiente: en base a datos de campo y petrológicos, la edad de estas rocas sería la de Keuper terminal. Estas rocas intruyeron a través de fracturas cuando los sedimentos del Keuper no estaban completamente consolidados lo cual, unido a la ausencia de carga litostática suprayacente y al contraste de viscosidad entre el material lávico y la interfase fluída de aquéllos, puede explicar tanto la relativa movilidad de estas lavas como la probable disipación energética que, junto con el reducido volumen de estas coladas, justifican el débil metamorfismo que experimentan los sedimentos del Keuper encajante.

#### Características de los afloramientos (según Lago y Pocovi 1984)

El importante desarrollo de la meteorización, intensa regularización de vertientes y de un tupido manto vegetal impide reconocer las características de los contactos y el régimen de fracturación en la mayor parte de los afloramientos y particularmente en los de mayor extensión (área de Pando-Esles). A pesar de estas limitaciones, se pueden establecer tres dominios en base a las características de régimen de fracturación mejor conservada ante deformaciones post-triásicas, la presencia de paragénesis originales y el desarrollo de la actividad filoniana.

#### Características petrológicas

Las doleritas del área presentan una neta uniformidad pero a nivel de afloramiento estableceremos tres facies: a) fa-

cies de borde con desarrollo de 1 a 5 metros, b) facies centrales que son las características volumétricamente del afloramiento y c) facies pegmatoides, sin ubicación espacial precisa, con poco desarrollo volumétrico y que pueden no presentarse. Las tres facies indicadas pueden experimentar diferentes transformaciones de variable intensidad y que, por ser más relevante en las centrales, diferenciamos para estas últimas dos situaciones según sea la naturaleza y abundancia de minerales secundarios.

A.1. Facies de borde: con o sin desarrollo de transformaciones, comprende las descritas por Lago (1980); facies microdiabásica porfídica, la microdiabásica subofítica porfídica y la subofítica porfídica que presentan mutuamente una evolución rápida de sus propiedades texturales (granularidad, pérdida del carácter microdiabásico y adquisición del ofítico), incremento en los minerales propios de la facies dolerítica s.s. Las estructuras fluidales corresponden a esta facies.

A.2. Facies centrales:

a) Facies sanas: (dolerita s.s). Presenta un neto desarrollo de la textura ofítica s.s. y una paragénesis de olivino,  $\pm$  ortopiroxeno, augita-endiópsido, pigeonita,  $\pm$  salita y labrador, estando en menor proporción la hornblenda, la biotita, la clorita, el apatito y los opacos. Se consideran incluídas en esta facies las rocas que presentan olivino parcial o totalmente transformado.

- b) Facies poco transformadas: se conserva intacta la textura ofítica y presentan las siguientes transformaciones: sericitización de las plagioclasas, prehnitización, epidotización, anfibolitización y formación de granate con pequeño desarrollo.
  - c) Facies transformadas: la textura ofítica puede experimentar ciertas modificaciones a causa de las transformaciones y que, además de las antes citadas, incluye la pumpellitización, una mayor formación de granate y un diverso desarrollo de anfíboles y cloritas secundarias. Las rocas de esta facies no deben presentar necesariamente todas las transformaciones indicadas.
- A.3. Facies pegmatoides: caracterizadas por el extraordinario desarrollo de los piroxenos y plagioclasa y con entrecruzamiento mutuo, la ausencia de olivino y pigeonita, la presencia de augita enriquecida en Fe, una plagioclasa menos cálcica, y un mayor contenido en anfíboles, biotita y cuarzo así como por el desarrollo acentuado de la ilmenita-magnetita. Estas facies corresponden a la última etapa de cristalización de las doleritas.

### 2.1.3. Composición química y mineralógica

Pertenecientes a la serie toleítica, uno de sus caracteres químicos principales es el pequeño valor de la relación:

$$\frac{\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$$

También se caracterizan por la existencia de un marcado enriquecimiento en hierro.

Desde el punto de vista mineralógico, la pigeonita (clino-piroxeno pobre en calcio), es el mineral más característico.

El olivino aparece en forma de fenocristales, cuando existe.

Además aparecen, augita-endiópsido, ortopiroxenos, labrador y opacos.

#### 2.1.4. Aplicaciones

El uso más noble de esta roca canterable es como roca ornamental. Es condición indispensable que presente una débil fracturación y el espaciamiento de la misma, debe ser suficientemente grande. Por otra parte, la roca debe estar inalterada.

El uso más común es como árido, debido a su bajo coeficiente de desgaste, habiéndose generalizado su uso en el aglomerado asfáltico que constituye la capa de rodadura de las carreteras y autopistas.

Otro de los usos es como balasto en las vías férreas, así como para relleno en pistas.

Finalmente, las ofitas también se utilizan en la fabricación de hormigones que deban estar sometidos a condiciones especiales, como puede ser el exceso de humedad, etc. Un ejemplo de estos usos lo componen los malecones de los puertos

## 2.2. Dolomías

### 2.2.1. Definición y antecedentes

Se definen como -dolomías- aquellas rocas sedimentarias en cuya composición se encuentran la calcita y la dolomita; esta última, en proporción superior al 50%.

La dolomía, es un carbonato doble de calcio y magnesio ( $\text{CO}_3\text{Ca}.\text{CO}_3\text{Mg}$ ).

En las dolomías, el mineral básico lo compone la -Dolomita-.

Entre los términos de -caliza pura- y -dolomía pura-, existen otros intermedios, en los cuales, la proporción de calcita a dolomita va variando, estableciéndose los siguientes valores:

- Caliza ..... contiene del 0 - 2% de Dolomita
- Caliza Magnesiana ... contiene del 2 - 10% de Dolomita
- Caliza Dolomítica ... contiene del 10 - 50% de Dolomita
- Dolomía Calcárea .... contiene del 50 - 90% de Dolomita
- Dolomía ..... contiene del 90 - 100% de Dolomita

Salvo casos particulares como son las dolomías del Cretácico terminal Paleoceno de Asturias que fueron descritas por Mengaud (1920), Karrenberg (1934) y fueron objeto de publicaciones por parte de Reguant y Truyols (1968), Maldonado, Reguant y Truyols (1970) y Ramirez del Pozo (1971), y el caso de las dolomías metalizadas de Reocín, estudiado con profusión por Ríos y Almela (1948), Bonifacio, Bustillo (1984), las dolomías no han sido objeto de un estudio específico en toda la zona del presente proyecto.

En el sistema Urganiano, las mayores reservas de dolomía del área comprendida en este proyecto, han sido estudiadas por Ramirez del Pozo (1971).



### 2.2.2. Origen y formación

Aunque no es muy claro el origen de estas rocas, se puede decir que las -dolomías- son de dos tipos: uno, muy poco importante, está formado por rocas singenéticas originadas en condiciones muy restringidas, por lo regular, asociadas a materiales evaporíticos y de extensión muy pequeña; estas son las -dolomías- que podemos llamar primarias.

El segundo tipo, lo constituyen las -dolomías secundarias-; es decir, aquellas que provienen de un metasomatismo, o sustitución de calcio por magnesio, siendo estas últimas las más frecuentes e importantes.

Para el estudio de la formación de estas rocas, es muy importante conocer el tiempo de formación de las mismas; pues, los factores que intervienen en él, van a ser completamente distintos en función de aquel tiempo de formación; sin embargo, dilucidar esto es muy difícil.

En general, se puede dividir en dos épocas, respecto a la formación de la caliza que se va a transformar; la primera, será durante la diagénesis de la caliza, esto es, cuando todavía es una roca sin consolidar (diagénesis temprana), estando aún la caliza formando un lodo calcáreo; para que ocurra una dolomitización en este caso, es necesario que el sedimento se encuentre bordeando la plataforma en aguas poco profundas y con escasa circulación con el mar libre; en estas condiciones, se logra una alta salinidad en el medio, llegándose a un pH cercano al 9, por lo que el cambio de caliza a dolomía es favorable. Para alcanzar este pH, es a veces necesaria la presencia de la acción fotosintética de algas y también que el sedimento presente una gran porosidad.

Este tipo de dolomitización, es frecuente en arrecifes coralinos.

La segunda época de formación de calizas, se da fuera del ambiente de deposición; en este caso, la roca ya ha sido sepultada y a veces tectonizada; es pues, una verdadera roca que ha sufrido todos los procesos de la diagénesis.

Para el proceso de dolomitización, se necesita que la roca presente una gran porosidad, la cual, puede ser propia de la textura de la caliza, o, haberla adquirido por fracturación, que es lo más corriente.

Se han observado en múltiples ocasiones, dolomitizaciones asociadas a fallas o diaclasas; también es necesaria la existencia de aguas freáticas, ricas en carbonato de magnesio, lo que puede ocurrir con más facilidad si existen materiales ricos en dichas sales dentro de la serie donde se encuentra intercalado dicho término calcáreo.

Las -dolomías de reemplazamiento-, van a suponer una destrucción de las texturas ya preexistentes en la roca, debido a que se produce una recristalización; por lo cual, el resultado final presenta una textura granoblástica. Muchos de los cristales tienden a la forma hemiedral; los que presentan las dolomías, van a ser, en cuanto a tamaño se refiere, más uniformes que en las calizas.

DOLOMITIZACION Y DOLOMIAS. La dolomitización, es la transformación de una caliza en dolomía, la cual, puede efectuarse de distintas formas: una, por la acción del agua del mar sobre las calizas coralinas, aportando magnesio y extrayendo calcio; otra, la que se produce por la acción de

las aguas subterráneas de infiltración, dando lugar a un enriquecimiento de magnesio, debido al metamorfismo; y finalmente, la producida a partir de una caliza magnesiana, por la pérdida de calcio que se produce, debido al arrastre de las aguas de infiltración.

También existen -dolomías vacuolares o carniolas-, son las dolomías cavernosas, frecuentemente algo arcillosas y ferruginosas que se encuentran principalmente en el Keuper; las cavidades de la carniola, se deben a la disolución de nódulos de caliza o anhidrita.

### 2.2.3. Composición química y mineralógica

El mineral fundamental de las dolomías, es la -dolomita- de fórmula  $(\text{CO}_3\text{Ca}.\text{CO}_3\text{Mg})$  que cristaliza en el sistema romboédrico y tiene una red semejante a la de la calcita. En la dolomía pura, el  $\text{CO}_3\text{Ca}$  representa el 54,35% y el  $\text{CO}_3\text{Mg}$  el 45,65%.

En la dolomía, suelen aparecer incrustaciones de calcita, y, cuando éstas se dan en cantidades superiores al 10%, se denominan dolomías calcáreas.

Otros minerales presentes en estas rocas, aunque en menores proporciones, son: la sílice, arcilla, siderita, feldespatos y compuestos de sodio, potasio, fósforo, cobalto, manganeso, etc.

#### 2.2.4. Propiedades

Las -dolomías- son rocas sedimentarias de color grisáceo y aspecto sacaroide, aunque el color viene determinado por el mayor o menor porcentaje de algunos de los minerales que contiene. Estas rocas, se pueden presentar: bien, en forma masiva, dando lugar a importantes macizos; bien, en lechos interestratificados de algunos metros de potencia, dentro de las formaciones calcáreas.

Por lo regular, las -dolomías- se presentan asociadas a calizas y margas, debido en parte a la similitud de sus ambientes de deposición.

De una forma general, se puede estimar que en rocas antiguas, las -dolomías- se encuentran en una mayor proporción que las calizas y margas y en rocas modernas, se invierte la proporción.

El color de las dolomías, sirve para diferenciar los distintos tipos y se mide por capacidad de reflectante, tomando como base la reflectancia del MgO en un 100%.

Las dolomías tienen una textura cristalina, que según el tamaño y forma de los granos, adquieren diferente dureza y densidad. La dureza de estas rocas oscila entre 3,5 y 4, y su peso específico entre 2,6 y 2,9; la porosidad gira en torno al 0,3%. La solubilidad de estas rocas aumenta con la presencia del CO<sub>2</sub> y disminuye con la temperatura.

### 2.2.5. Aplicaciones de las dolomías

- En siderurgia se usan como fundente, eliminan el fósforo de los aceros por absorción del ácido fosfórico y la cal que contienen sirve para eliminar el azufre del hierro.
- En la industria del vidrio, las que tienen bajo contenido en hierro.
  - a) Especificaciones para -dolomías- en el Norte de España. (Dolomías para vidrios).

CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<u>31%</u>	<u>21%</u>	<u>0,15 a 0,20%</u>

El % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vendrá condicionado por el porcentaje de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en la arena silícea.

Análisis Standard:

<u>Análisis</u>	<u>CaO</u>	<u>MgO</u>	<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>
1	31,5%	20,7%	0,18%
2	31,4%	20,8%	0,14%
3	31,4%	20,8%	0,13%

Una vez obtenidos como válidos los Análisis Químicos, se procede a hacer el control de Cromita, consistente en contar y medir los granos de cromita en 50 Kg. de muestra, molida a un tamaño < 2 mm.

A continuación se pasa a través de un campo magnético de alta intensidad (22.000 Gauss); la parte del mate-

rial retenido se la ataca con ClH y la fracción de granos de cromita  $< 300 \mu$  se analizan sus dimensiones mediante microscopio electrónico o lupa binocular.

Para los Análisis, un Standard de aceptación sería:

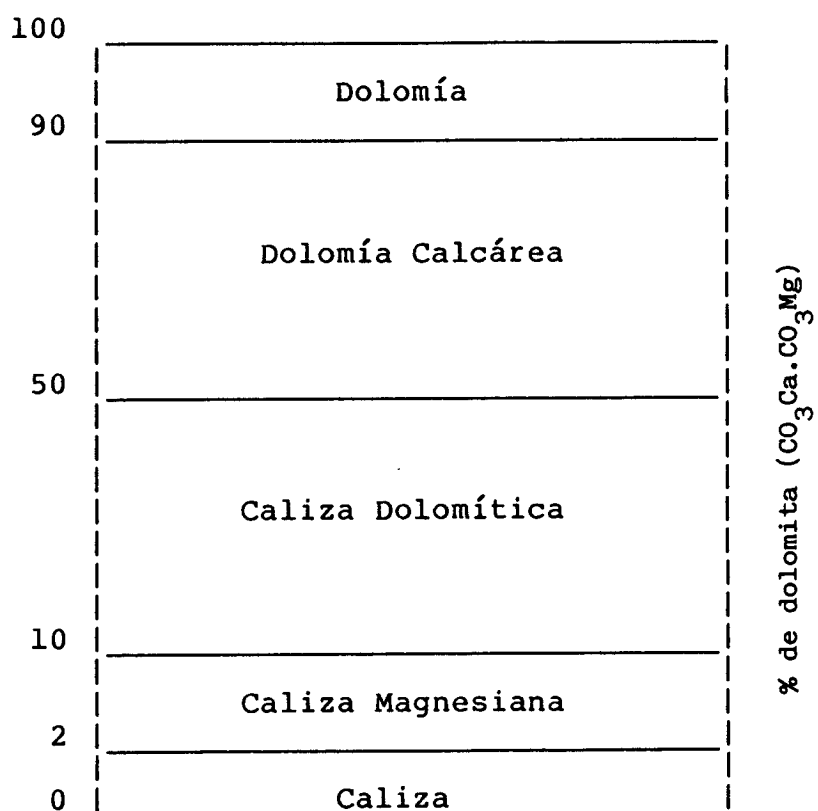
En 50 Kg. de Muestra:

### Análisis

- 1 [ 3 granos de  $200 \mu$  en su dimensión mayor
- [ 1 grano de  $150 \mu$  en su dimensión mayor
- 2 [ 5 granos de  $150 \mu$  en su dimensión mayor
- [ 6 granos de  $100 \mu$  en su dimensión mayor
- [ 2 granos de  $75 \mu$  en su dimensión mayor
- 3 [ 1 grano de  $200 \mu$  en su dimensión mayor
- [ 1 grano de  $100 \mu$  en su dimensión mayor

- En agricultura se utilizan como corrector de terrenos.
- En construcción: como áridos y balasto, como bloques de uso monumental, losetas y adoquines.

2.2.6. Esquema gráfico de representación de dolomías y calizas





### 2.3. Magnesitas

#### 2.3.1. Definición y antecedentes

La -magnesita- o espato amargo, también denominada Giobertita, es un carbonato de magnesio ( $\text{CO}_3\text{Mg}$ ) que se encuentra en la naturaleza, bien, bajo forma compacta, o bien, bajo forma cristalina, con brillo a veces vítreo y de color generalmente blanco, por lo que a simple vista se confunde con la calcita y con la dolomita; a veces aparece con un color oscuro, debido al hierro que contiene y se forma con ello una variedad de la Giobertita denominada Breunerita.

Son escasas las referencias bibliográficas sobre magnesitas tanto en Asturias como en Cantabria.

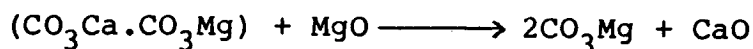
Respecto a la primera Comunidad cabe citar: Gómez de Llana (1950), (1968), Ruiz (1971), Julivert et al. (1977), Vázquez de Guzmán (1980) y por último Gutierrez Claveral y García Iglesias (1982).

En Cantabria, la zona de Reinosa fue estudiada por Dupuy de Lome y Maquieira (1918).

### 2.3.2. Origen y formación

Es muy difícil encontrar la magnesita en estado puro en la naturaleza como un carbonato de magnesio, ya que generalmente viene mezclada con otros minerales.

Cabe pensar que los niveles magnesíticos derivan de rocas originalmente dolomíticas, en las que se produce un reemplazamiento del Ca por el Mg, formándose la -magnesita- según la reacción:



Esta reacción se produce bajo la acción de soluciones hidrotermales que aumentan la concentración en Mg, eliminando el Ca.

Los principales yacimientos de Giobertita, se encuentran en las serpentinas o en las pizarras talcosas; en general la Giobertita se presenta en forma de filones o vetas derivadas directamente de rocas serpentíferas por alteración superficial.

En la isla de Eubea (Grecia), los filones de Giobertita se encuentran en unas pizarras talcosas próximas a las serpentinas. Las aguas que se han cargado de carbonato de magnesio a su paso a través de las serpentinas, han depositado esta sustancia, rellenando de una mezcla de carbonato de magnesio y sílice un gran número de fisuras, que en su mayor parte tienen unos pocos milímetros de espesor.

En la isla de Elba, se explota una red de filones en el contacto del granito con diversas rocas serpentínicas que contienen un carbonato de magnesio muy puro.

En Grenville (Canadá), se encuentra la -magnesita- asociada a las serpentinas, en las piroxenitas y calizas cristalinas.

En España, la Giobertita se ha encontrado en diversas localidades.

En Galicia, la roca llamada Doelo, constituye una excelente piedra de construcción, formada por grandes placas de Giobertita enlazadas por un cemento cloritoso. La Giobertita se encuentra atravesada por repetidos cruceros que la asemejan a la calcita y no se distingue el mineral entre ambas, más que por su composición química.

En las calizas cámbricas de Asturias, existen algunas Giobertitas desprovistas de cal, mientras que otras, al ir aumentando la proporción de esta sustancia, pasan a ser dolomías.

En Málaga, en el cortijo de Puertas cerca de Maro, se han recogido ejemplares de Giobertita con 77,19% de  $\text{CO}_3\text{Mg}$  y 16,90% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ; el mineral forma nódulos muy compactos y blancos que se encuentran entre las calizas en contacto con las pizarras muy alteradas de la localidad; se supone que estos nódulos son debidos a una disolución de las dolomitas por aguas carbónicas con depósito de carbonato de magnesio, o, una alteración hidrotermal de las calizas dolomíticas con tremolita, que se hallan inmediatas al yacimiento de Giobertita.

Respecto al mineral estudiado en la Mina La Papa, éste se compone de nódulos muy blancos y compactos de diferentes tamaños, como los descritos en el Cortijo de Puertas; parece ser, que el mineral formaba allí filones abundantes de una gran pureza.

En España, los yacimientos más importantes han sido los de Cantabria, localizados en un radio de cinco Kms, alrededor de Reinosa y están formados por las minas: La Esperanza y San José, comprendidas entre los parajes de La Miña y Fresno del Río, en las cuales se ha explotado Giobertita; en la primera se han explotado una serie de filones irregulares, mientras que en la segunda se explotó un lentejón; ambas armaban en calizas. El mineral tenía un color gris más o menos oscuro y estaba constituido por un agregado de láminas brillantes que alternaban con cristales de calcita; durante su explotación se obtuvieron leyes del 47% de MgO en crudo y el 90% después de calcinado.

Dentro del entorno que se ha citado, se encuentran también las minas de San Antonio, muy próxima a Requejo y las minas de San Luis y La Ramona, comprendidas dentro del triángulo -Reinosa, Cañeda y Arandillas-.

Con todo ello, debe suponerse que la magnesia (MgO), procede de los silicatos magnesianos de las rocas básicas, las cuales la contienen en elevada proporción.

- En las serpentinas, se alcanza el 44% de MgO.
- En los peridotos, se consigue entre el 35 y el 50% de MgO.

### 2.3.3. Composición química y mineralógica

La -magnesita- es un carbonato de magnesio ( $\text{CO}_3\text{Mg}$ ) que cristaliza en el sistema trigonal, teóricamente se compone de:

47,7% de MgO y 52,3% de  $\text{CO}_2$

Es muy difícil encontrar la magnesita en estado puro en la naturaleza; generalmente viene acompañada en pequeñas cantidades de otros minerales como impurezas; como minerales más frecuentes que suelen acompañar a la magnesita podemos considerar: el hierro, cal, alúmina y la sílice, sobre todo en su variedad cristalina. En algunos casos se presenta con abundancia de caliza y dolomía.

Un análisis típico de una magnesita cruda, daría el siguiente resultado:

- MgO	38 a 44%
- CaO	1 a 5%
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$	1 a 8%
- $\text{Al}_2\text{O}_3$	1 a 3%
- $\text{SiO}_2$	1 a 4%
- $\text{CO}_2$	48 a 54%

Tiene estructura idéntica a la de la calcita, con la que sin embargo no forma serie continua. El contenido en CaO no pasa del 6%.

Sin embargo existe la serie hasta la siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), llamándose en términos intermedios, breunerita y mesitina

(2 Mg CO<sub>3</sub> FeCO<sub>3</sub>); con formas lenticulares aplanadas o más raramente en romboedros y puede presentarse en forma masiva o más o menos granuda.

El Mn, Co y Ni pueden sustituir también al Mg en la giobertita.

#### 2.3.4. Propiedades

La magnesita cristaliza en el sistema trigonal y generalmente se presenta en masas criptocristalinas blancas, compactas y terrosas y con menos frecuencia en masas granulares exfoliables. Además de la coloración blanca, presenta otras coloraciones más oscuras que son debidas a las impurezas de otros minerales.

A simple vista, es muy difícil diferenciarla de la calcita y dolomita, ya que las tres presentan un aspecto similar. A la prueba del ácido clorhídrico diluído, la calcita debe manifestarse con gran efervescencia, mientras que la dolomita presenta muy poca y la magnesita nada.

Cuando en la primera prueba no se vea una diferencia clara, se la someterá a un estudio petrográfico en el que se le aplicará en lámina delgada unos teñidos selectivos para diferenciar la calcita del resto de los carbonatos y posteriormente se realizan análisis por Difracción de Rayos X que determina la diferencia entre la dolomita y la magnesita.

La magnesita no presenta coloración en lámina delgada.

Tiene una dureza de 3,5 a 4 y un peso específico de 2,75 a 3,5.

### 2.3.5. Aplicaciones

En estado natural, la magnesita es poco utilizada; pero una vez calcinada, adquiere una gran importancia y se hace necesario distinguir claramente entre la magnesita calcinada cáustica (entre 700 y 1000°C) y la calcinada a muerte (por encima de 1500°C). El grado de calcinación constituye la principal variable para la producción de las distintas calidades de magnesia exigidas en cada una de sus aplicaciones.

Enumeramos a continuación algunas de las aplicaciones:

- a) Magnesita calcinada cáustica. Tiene muy diversas aplicaciones entre las que cabe mencionar las siguientes:
- Fabricación de cemento Sorel.
  - En agricultura, se emplea como aditivo en la producción de fertilizantes, actuando frente a terrenos ácidos como corrector de los mismos.
  - En la industria papelera, actúa como lejías de base magnésica.
  - En la industria del caucho, como agente estabilizador del vulcanizado.
  - En la industria textil, en la fabricación del rayón y la seda artificial.
  - En la industria química, para la obtención de compuestos químicos de magnesio.



- En neutralización de gases de combustión de fuel.
- En procesos industriales de vidrio y cerámica.
- En la industria farmacéutica, para elaboración de antiácidos.

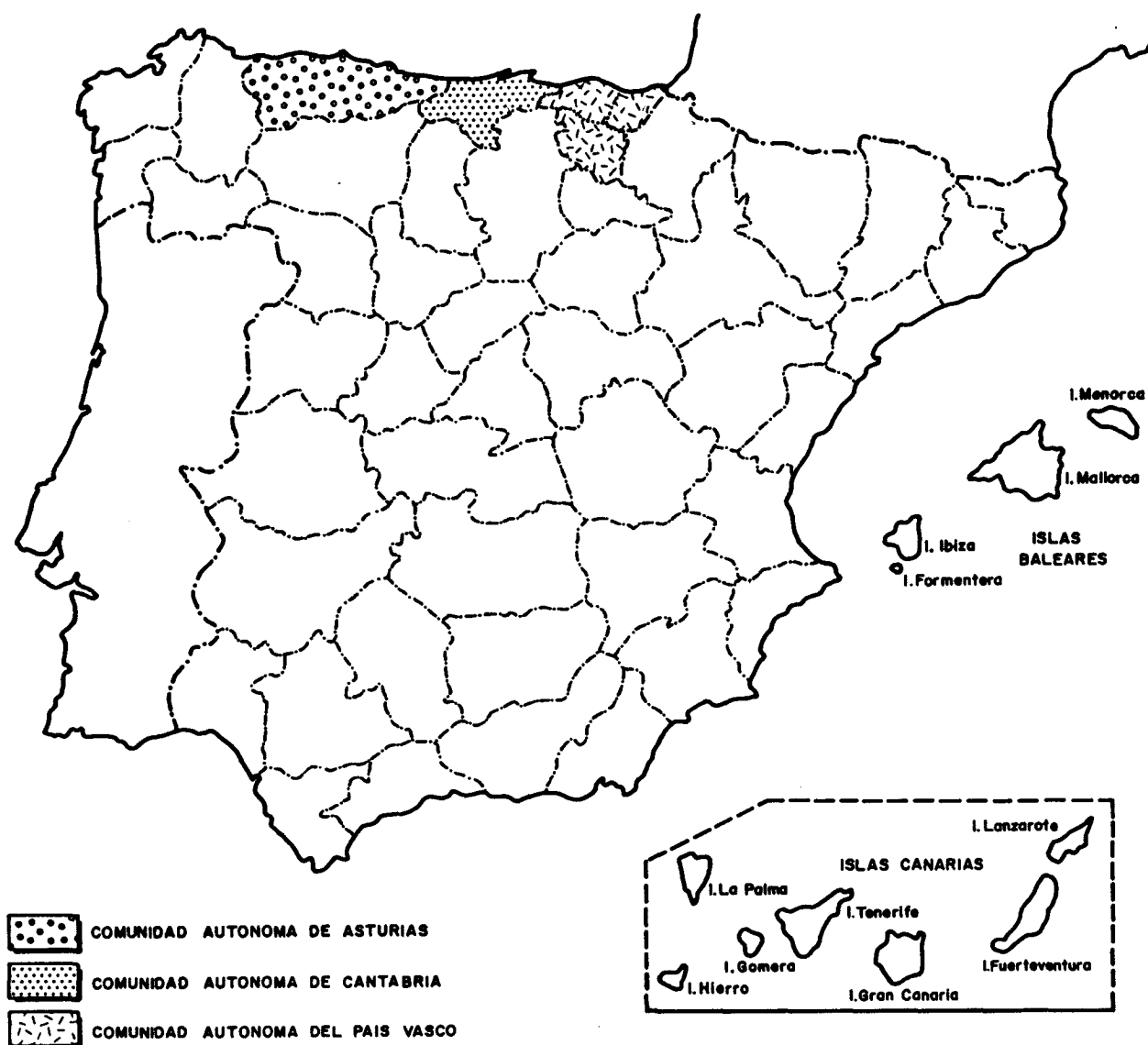
A pesar de las muchas aplicaciones de la magnesita calcinada cáustica, ésta, no se utiliza en grandes cantidades, por lo cual, la demanda global de este tipo de magnesita resulta bastante reducida.

- b) Magnesita calcinada a muerte. Este tipo de magnesita, tiene unas aplicaciones mucho más definidas que la magnesita calcinada cáustica y se utiliza en cantidades mucho mayores, llegando a representar entre el 70 y 80% de la demanda mundial de magnesita en todas sus formas.

El mayor porcentaje de utilización de magnesita calcinada a muerte se produce en la industria de los refractarios básicos, y en menor medida, en forma granular para pastas de revestimiento interior de hornos y retortas de algunas industrias metalúrgicas.

### 3. AREA DE ESTUDIO

De acuerdo con los objetivos que se persiguen en este proyecto, el área de estudio lo componen las Comunidades Autónomas de Asturias, Cantabria y País Vasco.



#### 4. METODOLOGIA

Para conseguir los objetivos previstos en este proyecto, se ha llevado a cabo el siguiente plan de trabajo:

##### 4.1. Recopilación de la información

En esta primera fase, se procedió a la recopilación y análisis de la información existente. Sobre la base geológica de las Hojas MAGNA a escala 1:50.000, se hizo una representación gráfica sobre papel vegetal de todas las formaciones geológicas en las que puedan aparecer este tipo de rocas; centrandó la atención en estas formaciones, que aparentemente son las únicas de interés, a parte de otras que han ido apareciendo a lo largo de la exploración de campo, se fueron incorporando los datos que se iban obteniendo de las diferentes fuentes de información:

- Archivo Nacional de Rocas y Minerales Industriales.
- Información de la Documentación Complementaria del MAGNA.
- Mapas de Rocas Industriales a escala 1:200.000.
- Estudios realizados por profesionales del campo empresarial relacionados con este tipo de rocas.
- Tesis Doctorales y otros estudios relacionados con el tema.

Una vez que ha sido recopilada toda esta información geológico-minera, se confeccionan los mapas a escala 1:50.000 en los cuales se reflejan los límites y características de los afloramientos de estas rocas. Estos mapas son los que sirven de base para la planificación y realización de la exploración de campo.

#### 4.2. Exploración de campo

Basándose en los mapas confeccionados en el apartado anterior, se planifican y programan los itinerarios de campo; los cuales, permiten una selección de las zonas de interés. Como en este proyecto, se incluyen rocas de distintos orígenes y aplicaciones, se han tenido en cuenta una serie de aspectos a observar, que serán distintos, según se trate de unas u otras.

En cuanto a las OFITAS se refiere, se ha hecho hincapié centrándose el tema en el campo ornamental, obteniéndose un resultado negativo, pues, ninguno de los afloramientos explorados, reúne las condiciones necesarias en este sentido, ya que no tienen el tamaño de bloque que se exige para esta finalidad. Se recomienda, no obstante, que algunos de estos afloramientos se exploten como áridos de construcción, especialmente para la capa de rodadura de las carreteras, en espera de que al profundizar la explotación, puedan aparecer bloques con el tamaño adecuado para el uso ornamental.

Para llegar a estos resultados, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Tamaño del afloramiento.
- Situación del mismo.
- Composición mineralógica.
- Color.
- Forma y tamaño de los cristales.
- Textura.
- Densidad de la fracturación.
- Espesor del recubrimiento.
- Tipo de recubrimiento.

En cuanto a las MAGNESITAS y DOLOMIAS, su aplicación es más variada; por ello, es más fácil buscarles una salida. Tratóndose de las primeras, nuestro país es deficitario y necesita importar de otros países para el consumo siderúrgico; por lo cual, es recomendable que se haga una investigación más a fondo con campañas de sondeos y poner de manifiesto estos recursos en las áreas que previamente hayan sido seleccionadas como de interés.

Para poder cumplir los objetivos deseados en este tipo de rocas, se han tenido en cuenta a lo largo de la exploración los siguientes aspectos:

- Tamaño del afloramiento.
- Situación del mismo.
- Litología.
- Potencia y corrida de los niveles.
- Cambios laterales.
- Génesis del yacimiento.
- Espesor del recubrimiento.
- Tipo de espesor del recubrimiento.

Durante la exploración de campo, se tomaron las muestras necesarias, que junto con las de la Litoteca del IGME, han servido para seleccionar las zonas que se vayan a estudiar posteriormente.

#### 4.2.1. Descripción general de las formaciones

##### Asturias: Ofitas

Hay que señalar pese a que los autores, al describir la facies Keuper del Trías astur, citan la existencia de ofitas, no se han podido detectar masas de esta roca volcánica con entidad suficiente como para que pudiesen ser cartografiadas y estudiar su posible utilización.

Se visitaron las traquitas aflorantes en la Hoja 51 (Belmonte), existiendo la posibilidad de su explotación como árido para carreteras, pero evidentemente, presentaría el problema de su costoso arranque, aunque tendría la compensación de un buen acceso.

##### Asturias: Dolomías

Cuarcitas de Cándana (Lotze, 1957). Los tramos inferiores de esta formación, están constituidas por una alternancia de areniscas feldespáticas y pizarras. Un nivel dolomítico de unos 15 a 30 m de espesor se encuentra interestratificado en estos niveles y ha sido representado en la cartografía. Se le asigna una edad del Cámbrico inferior.

Areniscas de la Herrería (Comte, 1938). Es la formación equivalente a la anterior.

Se apoya discordante sobre el Precámbrico. Es una formación detrítica muy potente llegando a alcanzar los 2000 m de espesor (Ruiz, 1971) y en su parte inferior está constituida

por una alternancia de areniscas y pelitas con un nivel dolomítico de unos 15 a 30 m de potencia que aflora muy mal. Representa la base del Paleozoico: Cámbrico inferior.

Caliza de Lancara. Denominación de la serie carbonatada (Comte, 1937), que sucede en la serie a la formación anterior en la zona cantábrica.

Constituida por dos miembros: el inferior constituido por dolomías con calizas al techo y el superior constituido por calizas nodulosas.

Caliza de Vegadeo. Equivalente a la zona astur occidental-leonesa a la formación anterior. Se encuentra en algunas zonas totalmente recristalizada y dolomitizada.

Complejo de Rañeces. Esta formación se encuentra parcialmente dolomitizada, como es el corte típico de la caliza de Ferroñes (Hoja de Grado), por una parte basal de aproximadamente 540 m de dolomías con intercalaciones de margas, esporádicas. En la parte más baja se presentan las calizas y pizarras (hasta 300 m); de Nieva (Barrois 1882) a la que siguen dolomías unos 50 m. Esta serie se puede ver en la zona seleccionada de Tineo-Soto.

Caliza de Montaña. Aunque esta denominación es ambigua, es la más generalizada. En ella se encuentra la mayor parte de las explotaciones activas de dolomías. En la actualidad, se tiende a diferenciar las formaciones central asturiana. La dolomitización se caracteriza por su carácter irregular que nada tiene que ver con la estratificación, lo que dificulta el reseñar las áreas dolomitizadas.



Lías inferior. El tránsito Keuper-Hettaugiense, está formado por calizas tableadas microdolomíticas y arcillas rojas con carniolas (30-40 m).

El Hettaugiense, está constituido por un conjunto dolomítico. A medida que se sube en la serie, se observa una disminución en el contenido de dolomía, de modo que mientras la base son dolomías, el techo es una caliza más o menos dolomítica. Alcanza esta formación hasta el Sinermuriense medio.

Cretácico terminal-Paleoceno. Representada en la Hoja 32 (Llanes) por unos 100 m de dolomías, gran parte de ellas secundarias y generalmente arenosas.

#### Asturias: Magnesitas

Todos los indicios localizados de magnesita en Asturias se encuentran encajados en el nivel carbonato de la formación Cándana (Lotze, 1958), también denominada arenisca de la Herrería (Comte, 1938) y dentro de ellas a las unidades Pilotuerto (Parga y Luque, 1971) de la primera o a la unidad Calleras (Ruiz, 1971).

Las características litológicas de este nivel carbonatado derivan principalmente de que es un nivel esencialmente dolomítico y a veces está constituido por más de un nivel y que presenta un desarrollo regional notable, pudiendo seguirse su trazado a lo largo de todo el anticlinorio del Narcea.

Cantabria: Ofitas

En esta descripción general se debe diferenciar el contexto en el que se encuentran los apuntamientos ofíticos, por otra parte muy abundantes, existentes en Cantabria.

Hay que separar estos afloramientos en dos grupos:

Por una parte, los afloramientos de Esles-Pando y Cervatos-Olea-San Martín de Hoyos-La Haya, en los que el Trías en facies Keuper y las ofitas con un tegumento de la serie anterior son auténticas coladas de rocas subvolcánicas.

Por otra parte los afloramientos de Solares-La Hermosa-Cudeyo y Laredo-Colindres-Limpías, asociados a un proceso halocinético o diapírico.

Deben citarse por último las ofitas existentes en La Población, los de Coto Pando.

A continuación se transcribe la descripción de estas ofitas en las distintas Hojas del MAGNA:

(Hoja 35). Santander: Rocas volcánicas que presentan estructura holocristalina, ofítica o diabásica y están compuestas por piroxenos, anfíboles y plagioclasas, presentando minerales opacos como accesorios.

Normalmente se encuentran todos los pasos entre ofitas y diabasas, aunque por el grado de alteración, generalmente muy acusado, resulta difícil establecer la clasificación.

(Hoja 36). Castro Urdiales: Rocas ofíticas de textura holocristalina, heteroglandular, diabásicas, compuestas por plagioclasas, piroxenos y minerales opacos, por tanto su clasificación es la de diabasas.

(Hoja 58). Los Corrales de Buelna: Keuper ofítico, rocas subvolcánicas en amplias coladas semejantes a capas, muy alteradas en superficie y que corresponden a basaltos con textura ofítica.

(Hoja 59). Villacarriedo: Coladas de rocas subvolcánicas que normalmente se encuentran muy alteradas. Compuestas de piroxenos, plagioclasas y anfíboles. Estructura holocristalina de tipo diabásico u ofítico.

(Hoja 108). Las Rozas: Estructura halocristalina, ofítica o diabásica. Composición de piroxenos, plagioclasas y anfíboles. Se encuentran todos los pasos entre ofitas y diabasas. (Cerratos, S. de Olea, San Martín de Hoyos, La Haya).

#### Cantabria: Dolomías

Caliza de Montaña. Esta formación aparece en la parte occidental de Cantabria. Se trata de calizas masivas recristalizadas, algo dolomíticas en algunos tramos. En la Hoja 33 (Comillas), es de edad Narmuriense inferior y medio.

Keuper en facies Muschelkalk. Aflorante en la Hoja 83 (Reinosa). Alternancia de dolomías generalmente cristalinas (doloeparitas) con calizas microcristalinas finalmente dolomíticas con alguna intercalación de brechas calcáreas poco desarrolladas.

Lías inferior. Dolomías cristalina en la base y microcristalinas o bandeadas a techo con algo de caliza criptocristalina hacia la parte superior. En otras zonas es un tramo de calizas y dolomías con intercalaciones de brechas calizo-dolomíticas (Larmasón, Rasines).

Aptiense (Gargasiense-Clausayense). Dentro de él hay que destacar el tramo Gargasiense-Clausayense de las Hojas 33 (Comillas) y 34 (Torrelavega), forrado por un potente tramo de calizas que hacia su parte media se presenta intensamente dolomitizado, aunque esta dolomitización está irregularmente distribuida. La unidad tiene 400 m de potencia.

Aptiense en facies Urganiana. Calizas y calcarenitas localmente dolomitizadas, sobre todo en su tramo inferior con frecuente mineralización de Fe.

#### Cantabria: Magnesitas

La magnesita que se encuentra en Cantabria se presenta como la variedad de breunerita. Se encuentra en dos formaciones:

Muschelkalk: en la zona al Norte de Reinosa. Se trata de una dolomía negra.

Lías inferior: en la zona de San Miguel de Aguayo.

### País Vasco: Ofitas

Los afloramientos de rocas ofíticas en esta provincia son escasos y se da la particularidad que las dos explotaciones activas en la actualidad como ofitas (Fruniz y Rigoitia), no son tales sino que se trata de Basaltos andesíticos y espilíticos, episodios volcánicos del Cretácico superior y no del Keuper como en el caso de las ofitas propiamente dichas. En las fotos obtenidas de la explotación de Fruniz puede verse la disyunción en prismas exagonales propia de los basaltos y en la cantera de Rigoitia, de mayor entidad, se aprecian las coladas basálticas.

Una enumeración de los apuntamientos ofíticos en orden de extensión creciente es la siguiente:

- Puerto de Bermeo.
- Afloramiento entre Ibarraquelea y Arboliz.
- Afloramiento la Playa de Laga.
- Diapiro de Baquio.
- Diapiro de Emerando-Larrauri (entre Munguia y Bermeo).
- Diapiro de la Ría de Mundaca (entre la ría y Guernica-Luno).

Las ofitas se presentan como masas irregulares y profundamente alteradas.

Se desecha la posibilidad de explotación de estas ofitas por razones ecológicas entre otras, en el caso de las cuatro primeras y en el caso de las de mayor extensión porque, dado que su única posibilidad de uso sería su utilización

como áridos, se prefiere la explotación de los basaltos, más abundante, que apenas presentan alteración, cuyos componentes están perfectamente conservados y que tienen textura ofítica y glomeroporfídica con matriz ofítica.

#### Provincia de Guipúzcoa: Ofitas

En la Hoja de Eibar (63) hay un diapiro en las proximidades de Motrico y otro apuntamiento de ofitas al SE de Azpeitia.

En la Hoja de San Sebastián existe una explotación al S de Alcibar (Cantera Carrica) en las proximidades de Oyarzun (ver foto) utilizada para áridos por la Diputación Foral.

En Aduna, al N de Villabona, existen otros apuntamientos de ofita alterada que se explota mediante palas cargadoras por tratarse de una material ripable. Se utiliza para relleno. Existe otro pequeño afloramiento al S de Hernani.

En la Hoja de Vergara (88) está ubicada la mayor explotación de ofitas de la provincia en Villarreal de Urretxu. Se trata de la cantera Larregui y explota las coladas de los basaltos espilíticos en los que se pueden ver las pillow-lavas.

Se recorrieron todas las zonas anteriormente citadas para ver si existía la posibilidad de una explotación para rocas ornamentales pero se desechó la idea a la vista de los afloramientos existentes.

Provincia de Alava: Ofitas

En ella caben destacar los diapiros de Murguia, Salinas de Añana, Peñacerrada y Orduña.

De todos ellos los que presentan mejores características para su explotación son los de Murguia y Peñacerrada.

A la vista de los afloramientos visitados se concluye que es inviable la explotación como roca ornamental. Debido al gran espesor de cobertera mesozoica que han tenido que atravesar los materiales plásticos en su ascenso hacia la superficie, las ofitas englobadas en ellos han sufrido esta fuerte tectónica por los que es casi imposible encontrar grandes bloques uniformes y sin fracturas.

En el diapiro de Murguia hay que destacar los afloramientos próximos a las localidades de Aperregui y Lukiano.

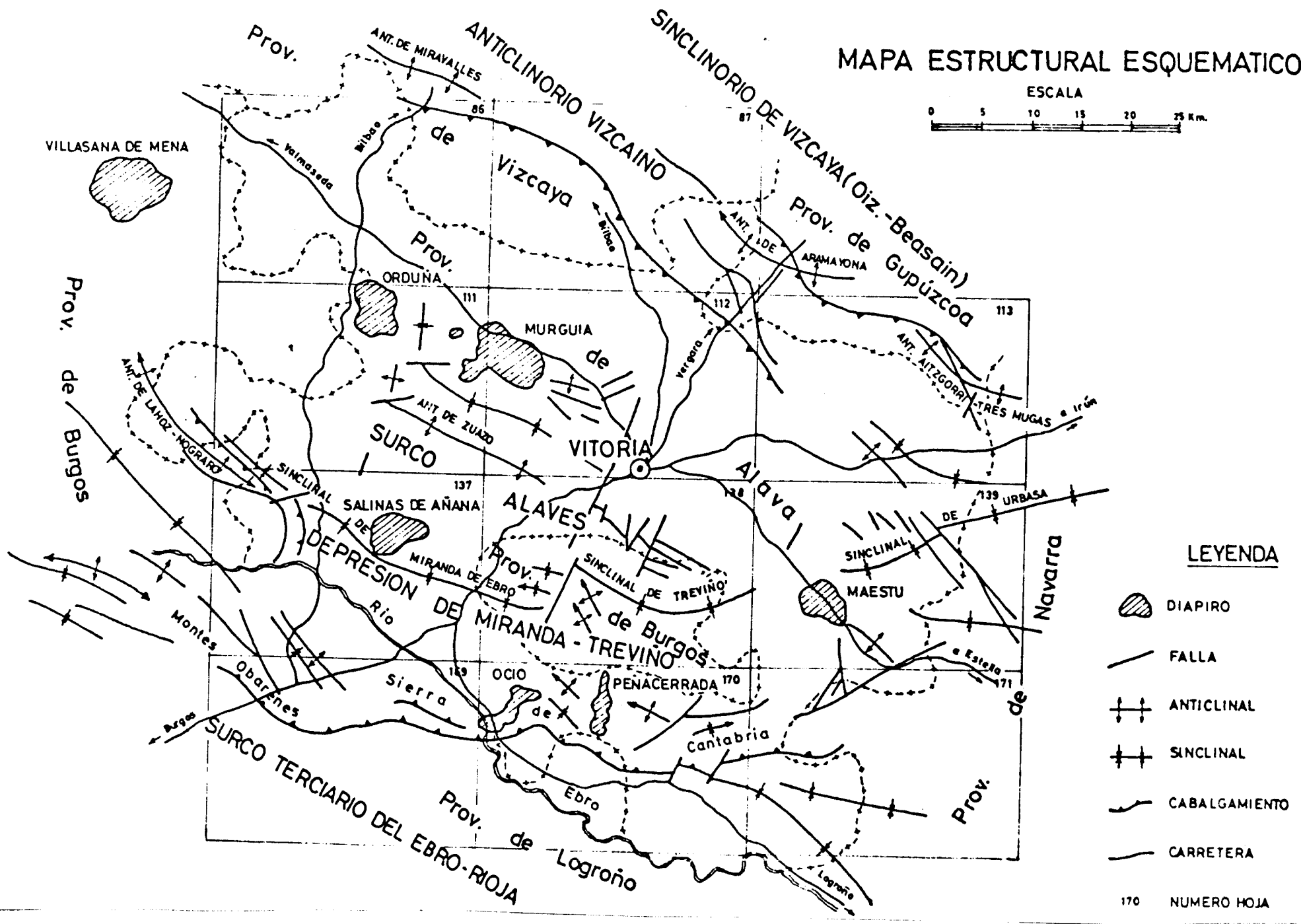
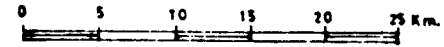
La zona diapírica de Salinas de Añana ha sido estudiada en detalle por L. Eguiluz, H. Llanos y J. González Durana a escala 1:10.000.

Próximo a la localidad de Peñacerrada (Hoja de Haro, 170) se encuentra en el diapiro del mismo nombre en el que ha habido una pequeña explotación en las proximidades de Payueta y otra masa ofítica de mucha mayor entidad que también se ha explotado al SW de Peñacerrada.







En el mapa estructural esquemático puede verse la disposición de los diapiros de esta provincia. Hay que destacar que en el diapiro de Maeztu no afloran ofitas en el Trias plástico y únicamente flotan en él masas de caliza dolomítica y dolomías del Muschelcalk.

# MAPA ESTRUCTURAL ESQUEMATICO

ESCALA



## LEYENDA

-  DIAPIRO
-  FALLA
-  ANTICLINAL
-  SINCLINAL
-  CABALGAMIENTO
-  CARRETERA
- 170 NUMERO HOJA



### Provincia de Guipúzcoa: Dolomías

Unicamente cabe destacar en la Hoja de Eibar (63), la formación del Jurásico basal aflorante al sur de Azpeitia.

El Lias inferior, es de toda la formación anterior que engloba el Lias y el Dogger, el único miembro que nos interesa por estar constituido por dolomías y calizas.

En la Hoja de San Sebastián tenemos unas dolomías masivas, grises oscuras con menos de 5 m de potencia pertenecientes al Trias medios en el sector de Villabona.

Mayor importancia reviste la formación del Lias basal ( $J_1^1$ )  
constituido por dolomías y calizas. 1

### Provincia de Alava: Dolomías

En esta provincia en su parte oriental tenemos en las Hojas de la Puebla de Arganzón (138), Eulate (139) y Salvatierra (113) las formaciones con mayor interés potencial para su posible utilización. Se trata de la formación de la base del paleoceno que aflora fundamentalmente en la zona de la Sierra de Urbasa y sus estribaciones hacia el SW.

Se han recorrido todos los afloramientos.

#### 4.3. Zonas de interés: criterios de selección

La información obtenida de los estudios realizados con anterioridad sobre este tema, ha sido contrastada y aumentada con los trabajos de exploración de campo y de su análisis se han recopilado los datos necesarios para establecer una representación gráfica de la información sobre mapas a escala 1:50.000 y sintetizado a 1:200.000; permitiendo de esta manera hacer una selección de las zonas que presenten un mayor interés minero.

Para seleccionar las zonas de interés, se ha procedido en primer lugar, a un análisis de la información existente sobre estas rocas; seguido de una exploración de campo, la cual, ha permitido delimitar en una primera estimación amplias áreas que presentaban un cierto interés, en las cuales, se ha restringido la exploración de campo, limitándola a zonas más concretas que presentan un mayor interés minero, llevando a cabo en ellas campañas de desmuestra, obteniendo así el número de muestras necesarias que aporten la información suficiente para conseguir una adecuada selección de las zonas.

Además de lo expuesto para las zonas seleccionadas, se han de tener en cuenta las características siguientes:

- Tamaño de los afloramientos.
- Espesor del recubrimiento.
- Tipo de recubrimiento.
- Proximidad al centro de consumo.
- Facilidad de la explotabilidad.
- Calidad de la roca a explotar.

#### 4.4. Prospección de las zonas de interés

- En cada una de las zonas seleccionadas en el apartado anterior (4.3), se ha realizado una cartografía a escala 1:25.000, apoyada por foto aérea.

La base topográfica que se ha elegido en esta cartografía, es la obtenida por ampliación de las Hojas del M.T.N. a escala 1:50.000 (Serie M-781).

#### 4.5. Conclusiones y recomendaciones

Examinados los trabajos que se han realizado durante el proyecto, una vez finalizado éste, se han marcado las directrices orientadas hacia aquéllos afloramientos que presentan posibilidades de un aprovechamiento industrial de sus recursos, al tiempo que se recomienda iniciar estudios de mercado en otras regiones carentes de este tipo de rocas.

Las conclusiones que se han sacado después de ciertas consideraciones hechas acerca de los afloramientos, con el fin de sopesar algunas de las características más importantes de los mismos, como pueden ser: volumen del yacimiento, viabilidad de la explotación, situación de la misma, accesos, etc., han conducido a la selección de las siguientes zonas de interés minero:

a) Tres zonas en la Comunidad Autónoma de Asturias:

- Una de -magnesita- "Zona de Tineo-Valderrodero".
- Dos de -dolomía- "Zona de Tineo-Soto de los Infantes".  
"Zona de Grado-Fuejo".

b) Nueve zonas en la Comunidad Autónoma de Cantabria:

- Una de -magnesita- "Zona de Reinosa".
- Cuatro de -dolomía- "Zona de Bueras".  
"Zona de Novales".  
"Zona de Monte Brusco".  
"Zona de Lamasón".

Cuatro de -ofitas-      "Zona de Cervatos".  
                                 "Zona de Esles".  
                                 "Zona de Solares".  
                                 "Zona de Laredo".

c) Tres zonas en la Comunidad Autónoma del País Vasco:

- Una de -dolomía-      "Zona de Laminoría".  
- Dos de -ofitas-      "Zona de Salinas de Añana".  
                                 "Zona de Murguía".

#### 4.5.1. Conclusiones y recomendaciones en Asturias

Respecto a la zona de Tineo-Valderrodero de magnesita hay que resaltar la dificultad existente para obtener muestras sin utilización de medios mecánicos, por tanto se recomienda un proyecto de mayor alcance mediante el empleo de calicatas y sondeos mecánicos que inicialmente puede circunscribirse al área relacionada, debido a que se ha detectado en ella la existencia de magnesita. Este estudio, en fases posteriores, no debe ser excluyente con el resto del nivel dolomítico basal del Cámbrico, como lo demuestra el que en Brañalonga existió una denuncia para la explotación de magnesita aunque nunca se llegó a realizar tal explotación y no fue posible detectar tal afloramiento en el presente proyecto pese a haberse buscado con insistencia.

Con relación a las zonas seleccionadas para dolomías se concluye que la zona más interesante es la correspondiente a la caliza dolomitizada del Carbonífero. En este estudio no se han diferenciado las formaciones Valdeteja y Fuencaiente presente en estos afloramientos pero conviene resaltar que en el estudio de esta zona que está realizando D. Roberto Rodríguez del IGME, diferencia tales formaciones y constata una franja dolomítica en el contacto entre ambas. Teniendo en cuenta las explotaciones de dolomía existentes en la zona, fundamentalmente las canteras del Andallón y Castromurrio no parece recomendable un estudio de más detalle por el momento, quedando estas formaciones como reserva en el caso de que cambien las circunstancias y existiese una demanda para este tipo de dolomía (pobre en magnesita y con impurezas).

La zona de Soto, más lejana a los posibles puntos de consumo queda reseñada como zona potencial pero no puede contemplarse su viabilidad en los momentos actuales.

#### 4.5.2. Conclusiones y recomendaciones en Cantabria

La zona de Reinosa (magnesitas) precisa de un estudio con sondeos mecánicos y calicatas para poder evaluar las reservas de magnesita, dado que arman en dolomías siempre se podrá considerar una explotación conjunta de ambas rocas. Conviene también poner énfasis en que la zona de San Miguel de Aguayo en la que no se pudo recoger muestras de magnesitas, presenta un interés potencial que nos lleva a la conclusión, vistas las escombreras y vestigios de labores abandonadas, de que precisa un estudio con utilización de medios mecánicos que sirva para delimitar el área del yacimiento; careciendo de sentido la información recogida en la bibliografía de que el yacimiento queda oculto por las aguas del embalse de ALSA. En las proximidades de Liendo (Laredo) no se ha podido constatar la existencia de indicios de magnesita, a pesar de haberse efectuado diversos recorridos de campo en dicha zona.

La mayor reserva de dolomías de Cantabria debe localizarse en el área de Bueras donde existe un permiso de investigación en dicha zona. Le sigue en importancia el permiso de investigación de Monte Brusco. También es importante por su posibilidad como dolomía para vidrios la zona de Liaño-La Concha. También se han incluido las áreas de Novales y Lamasón potencialmente interesantes. En el caso de Lamasón presenta el inconveniente de tratarse de un área reducida pero debido a que se encuentra en una parte de Cantabria alejada de las anteriores, que podría ser importante para un posible consumo en Asturias.



La conclusión a que se llega respecto a las ofitas es su abundancia en Cantabria. Hay que diferenciar las ofitas de carácter diapírico como son las de Solares-Cudeyo-Colindres y las de Esles y Cervatos-San Martín de Hoyos-Olea.

Se deja abierta la posible explotación de ofita como roca ornamental en La Hermosa-Solares para lo que se precisarán sondeos mecánicos y calicatas, con la finalidad de constatar la existencia de bloques canterables.

La aplicación más pragmática es el uso como árido para la capa de rodadura habida cuenta de las futuras obras de autopistas y carreteras (Plan Redia).

Conviene también resaltar los buenos resultados de los análisis de las ofitas en su uso para hormigones especiales (sometidos a unas condiciones de humedad extremas, por ejemplo puertos, etc).

#### 4.5.3. Conclusiones y recomendaciones en el País Vasco

El análisis detallado de las dolomías de la formación del paleozeno aflorante en la Sierra de Urbasa, especialmente en Laminoira debido a su buena accesibilidad, la existencia de una gran explotación de arenas hacen pensar en la posibilidad de una explotación de tales dolomías inicialmente para vidrios, aunque también debe estudiarse la posibilidad de su uso como sucedaneo del caolín en la industria papele-  
ra.

Con relación a las ofitas dejando aparte el diapiro de Salinas de Añana que ya fue estudiado con más detalle en el presente proyecto, conviene resaltar los afloramientos de Aperregui y Lukiano del diapiro de Murguia y los apuntamientos al SW de Peñacerrada. El posible uso de todas estas ofitas es para áridos, desechándose el posible uso como roca ornamental a la vista de la inexistencia de bloques de suficiente magnitud.

#### 4.6. Referencias bibliográficas

##### Asturias

- Bariand, P. Cesbron, F. et Geffroy, J. 1977.  
Les Mineraux. Editions du BRGM. BIBLIOT. GEOLOGIA ETSIM.
- Guitard, C. Sur la genèse des gisements métasomatiques de talc et de chlorite magnésienne des Pyrénées et sur les relations entre le talc et la magnésite. Coll. Scient. Int. E. Raguin. Masson. Ed; pp, 369.395 (1973). BIBLIOT. GEOLOGIA ETSIM.
- Gómez de Llarena, J.: La magnesita de Eugni (Navarra) Vol. R. Soc. Española de Inst. Nal. (Geol.), t. 48, pp, 67-70. Madrid (1950). BIBLIOTECA IGME.
- Gómez de Llarena, J.: Contribución al estudio de la diagénesis de los carbonatos sedimentarios. Acta geol. Hisp; t. III. N° 4. pp, 97-98 Barcelona (1968). BIBLIOTECA IGME.
- Gutierrez Claverol, M. y García Iglesias, J. (1982). El yacimiento de magnesita de Valderrodero (Asturias, España). Bol. Geol. y Min. T. 93-3. pp, 233-243.
- IGME. Mapa Geológico de España E.: 1:200.000 síntesis de la cartografía existente.  
22002 - (1971). N° 2 Avilés. IGME. pp, 1-41.  
22003 - (1971). N° 3 Oviedo. IGME. pp, 1-39.  
22009 - (1971). N° 9 Cangas de Narcea. IGME. pp, 1-30.  
22010 - (1971). N° 10 Mieres. IGME. pp, 1-54.

- IGME. Mapa Rocas Industriales E.: 1:200.000.  
 00322 - (1973). Mapa N° 2 Avilés.  
 00357 - (1973). Mapa N° 3 Oviedo.  
 00331 - (1974). Mapa N° 9 Cangas del Narcea.  
 00353 - (1974). Mapa N° 10 Mieres.
  
- IGME. Mapa Geológico de España E.: 1:50.000.  
 20010 - (1974).            20011 - (1975).    20012 - (1974).  
 20013 - (1972).            20014 - (1972).    20015 - (1972).  
 20025 - (1976).            20026 - (1976).    20027 - (1975).  
 20028 - (1973).            20029 - (1972).    20030 - (1972).  
 20032 - (1977).            20049 - (1976).    20050 - (1977).  
 20051 - (1975).            20052 - (1974).    20053 - (1973).  
 20074 - (1977).            20075 - (1977).    20076 - (1979).  
 20077 - (1980).            20078 - (1973).    20099 - (1977).  
 20100 - (1977).            20101 - (1980).
  
- Lotze, F.: Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch; Heft 6, pp. 78-92, Berlín (1945). (Trad: Observaciones respecto a la división de los Variscides de la Meseta Ibérica). Publ. Extr. sobre Geol. de España, t. 5. pp, 149-166. Madrid (1950). BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- Lotze, F.: Zur Stratigraphie des Spanischen Kambriums Geologie Jahrg., 7, Heft 3-6. pp.727-750, Berlín (1958). (Trad: Sobre la estratigrafía del Cámbrico Español). Notas y Comuns; Inst, Geol. Min. de España N° 61, pp, 131-164, Madrid (1961).
  
- Martínez Alvarez, J.A.; Torres Alonso M.; Gutierrez Claverol, M. y Vargas-Alonso, I. 1969. Rasgos estructurales del borde occidental de la cuenca carbonífera central de Asturias. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.

- Doc. de Invest. Geológica y Geotécnica N° 10/B. 1969. E.T.S.I.M. Oviedo. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Ruiz, F.: Geología del sector norte del anticlinorio del Narcea. Brev. Geol. Astur., Año XV, N° 3, pp, 39-46 Oviedo (1971). BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Torres Alonso, M. y Martínez Alvarez, J.A. 1968. Geología de la región comprendida entre Oviedo, Avilés y Salas. Cat. Geol. E.T.S.I.M. Oviedo. Difusión interior. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Vázquez Guzmán, F.: Depósitos minerales de España. Temas Geológico-Mineros, N° II, Inst. Geol. y Min. de España, 158 pp. Madrid (1980). BIBLIOTECA IGME.

Cantabria

- Bariand, P. Cesbron, F. et Geffroy, J. 1977.  
Les Mineraux. Editions du BRGM. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Sánchez, Bonifacio J. 1975.  
Informe de los sondeos mecánicos 1 y 2 de Obregón.  
Informe interno.
- Sánchez, Bonifacio J. 1980.  
Estudio geológico minero de Santander.  
Universidad de Santander.
- Sánchez, Bonifacio J.  
Consideraciones sobre el mineral dolomita. pp, 17 y 18.  
Consideraciones sobre la génesis de la dolomía. pp, 18,  
19 y 20.
- Braz Afonso contribución al conocimiento mineralógico  
de las ofitas españolas. Tesis doctoral. Universidad de  
Salamanca pp, 1-227.
- Braz Afonso contribución al conocimiento mineralógico  
de las ofitas españolas. Tesis doctoral. Universidad de  
Salamanca pp, 1-227.
- Bustillo Revuelta, M. Estudio de los procesos de dolo-  
mitización en las dolomías asociadas a las mineraliza-  
ciones Pb-Zn de Reocín (Cantabria).  
I Congreso Español de Geología. T.I., pp, 149-157. BI-  
BLIOTECA GEOL. ETSIM.

- Ciry, R.; Rat, P.; Manguin, J. Ph; Fevillee, P.; Amiot, Mi; Colchem, M. et Delance, J.M. (1967).  
Compte-rendue de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Espagne; Des Pyrénées aux Asturies.  
C.R. Som. S.G.F., V. 9, p.p, 389-444.  
BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- Dupuy de Lome, E. y Maquiera de Borbón, C.F. Los yacimientos de carbonato de magnesia en España. Bol. del IGME, T. XXXIX, T. XIX, 2<sup>a</sup> Serie (1918). BIBLIOTECA IGME.
  
- Ehlers, E. y Blatt, H. (1982). Petrology. Freeman and Co. San Francisco pp, 1-732. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- García Mondejar, J.; Hines, F.M.; Pujalte, V. y Reading, H.G. Sedimentation and tectonics in the western. Basque-Cantabria área (Northeast Spain) during cretaceous and tertiary times.  
Libro-Guía IX Congreso Internacional de Sedimentología. Lérida.  
BIBLIOTECA DIVISION GEOLOGIA IGME.
  
- García Mondejar, J. y Pujalte, V. (1976). Rasgos estratigráficos y tectónicos de la Cuenca del río Besaya, entre Reinosa y Los Corrales de Buelna.  
Bol. Geol. y Min. T. LXXXVII-VI. pp, 571-582.
  
- Girod, M. (1978). Les roches volcaniques. Doin Edit. 8 Place de L'Odeon París pp, 1-239. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.

- Guitard, C. Sur la genése des gisements métasomatiques de talc et de chlorite magnésienne des Pyrénées et sur les relations entre le talc et la magnésite. Coll. Scient. Int. E. Raguin. Masson. Ed; pp, 369.395 (1973).
- Gómez de Llarena, J.: La magnesita de Eugni (Navarra) Vol. R. Soc. Española de Inst. Nal. (Geol.), t. 48, pp, 67-70. Madrid (1950). BIBLIOTECA IGME.
- Gómez de Llarena, J.: Contribución al estudio de la diagénesis de los carbonatos sedimentarios. Acta geol. Hisp; t. III. N° 4. pp, 97-98 Barcelona (1968). BIBLIOTECA IGME.
- IGME. Mapa Geológico de España E.: 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente (1971).  
22004 - (1971) N° 4 Santander, IGME, pp, 1-22.  
22011 - (1971) N° 11 Reinosa IGME, pp, 1-29.
- IGME. Mapa Geológico de España E.: 1:50.000.  
20033 - (1974.) 20034 - (1974). 20035 - (1974).  
20036 - (1974). 20056 - (1977). 20057 - (1974).  
20058 - (1974). 20059 - (1975). 20060 - (1975).  
20083 - (1974). 20107 - (1978). 20108 - (1975).  
Plan Magna. IGME.
- IGME. Mapa de rocas industriales E.: 1:200.000. N° 4 y 11.  
00612 - (1973).



- IGME. Informe geológico minero. Zona IV. Cantábrica.  
Inédito IGME.  
00623 - (1980).
- Lago San José, M. (1980). Estudio geológico, petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial de rocas ofíticas en el Norte de España. Tesis doctoral Univ. de Zaragoza. 2 Vol. pp, 1-444. FACULTAD DE GEOLOGIA ZARAGOZA.
- Lago San José, M. y Pocovi Juan, A. (1984). Aspectos geológico y petrológicos de las doleritas triásicas (ofitas) de Cantabria. I Congresos Español de Geología, Segovia. T. II, pp, 147-160. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Magnin-Feysot, C. et Marchand, J. (1972) Etude pétrologique de quelques ophites de la cote septentrionale espagnole.  
Ann. Sci. Université de Basançon, 3<sup>ser.</sup>, t-17, pp, 39-45.
- Manguin, J.Ph. et Rat, P.: (1962). La evolution post-hercymenne entre Asturies et Aragon (Espagne).  
Livre Mémoire du Prof. P. Fallot, t I, pp, 333-349.  
BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Novo y F. Chicharro, P. de. (1957). Diccionario de geología y ciencias afines. Ed. Labor. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.

- Ramírez del Pozo, J. (1971). Nota sobre la estratigrafía y micropaleontología del carbonífero de la zona de Rabago-Sobrelapeña (Santander-España).  
Rev. Esp. de Micropaleontología V. III N° 3. Sept. 1971.  
BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- Vázquez Guzmán, F.: Depósitos minerales de España. Temas Geológico-Mineros, N° II, Inst. Geol. y Min. de España, 158 pp. Madrid (1980). BIBLIOTECA IGME.

País Vasco

- Bariand, P. Cesbron, F. et Geffroy, J. 1977.  
Les Mineraux. Editions du BRGM. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Braz Afonso contribución al conocimiento mineralógico de las ofitas españolas. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca pp, 1-227.
- Ciry, R.; Rat, P.; Manguin, J. Ph; Fevillee, P.; Amiot, Mi; Colchem, M. et Delance, J.M. (1967).  
Compte-rendue de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France en Espagne; Des Pyrénées aux Asturies.  
C.R. Som. S.G.F., V. 9, p.p, 389-444. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- Ehlers, E. y Blatt, H. (1982). Petrology. Freeman and Co. San Francisco pp, 1-732. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
- García Mondejar, J.; Hines, F.M.; Pujalte, V. y Reading, H.G. Sedimentation and tectonics in the western. Basque-Cantabria área (Northeastern Spain) during cretaceous and tertiary times.  
Libro-Guía IX Congreso Internacional de Sedimentología. Lérida. BIBLIOTECA DIVISION GEOLOGIA IGME.
- Girod, M. (1978). Les roches volcaniques. Doin Edit. 8 Place de L'Odeon París pp, 1-239. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.

- Manguin, J.Ph. et Rat, P.: (1962). La evolution post-hercymenne entre Asturies et Aragon (Espagne).  
Livre Mémoire du Prof. P. Fallot, t I, pp, 333-349.  
BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- Novo y F. Chicharro, P. de. (1957). Diccionario de geología y ciencias afines. Ed. Labor. BIBLIOTECA GEOL. ETSIM.
  
- Lago San José, M. (1980). Estudio geológico, petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial de rocas ofíticas en el Norte de Españ. Tesis doctoral Univ. de Zaragoza. 2 Vol. pp, 1-444. FACULTAD GEOLOGIA ZARAGOZA. BIBLIOTECA PETROG.
  
- IGME. Mapa geológico de España E.: 1:200.000 síntesis de la cartografía existente.  
22005 - (1971) N° 5. Bermeo IGME pp, 1-17.  
22006 - (1971) N° 6. Irun-Pamplona IGME, pp, 1-44.  
22012 - (1971) N° 12. Bilbao IGME, pp, 1-27.  
22021 - (1971) N° 21. Logroño IGME, pp, 1-26.
  
- IGME. Mapa geológico de España E.: 1:50.000.  
20038 - (1973).    20061 - (1973).    20062 - (1972).  
20063 - (1973).    20064 - (1973).    20065 - (1973).  
20086 - (1977).    20087 - (1976).    20088 - (1973).  
20110 - (1977).    20111 - (1977).    20112 - (1977).  
20113 - (1977).    20137 - (1977).    20138 - (1977).  
20139 - (1977).    20170 - (1977).  
Plan Magna 2<sup>a</sup> serie IGME.
  
- Ríos Garcia, J.M. (1962). El diapiro de Murguia (Alava). Not. y Com. del IGME, N° 28.

- Estackelberg, V. Der diapir von Murguia (Nordspanien). Tesis Univ. Bonn (Inédito). Universidad del País Vasco.
  
- Eguiluz, L. Llanos, H. y Glez. Durana, J. Investigación de recursos minerales de los sectores de Salinas de Añana y La Lastra-Sobrón.  
CADEM: Bilbao.
  
  
- IGME. Mapa de rocas industriales E.: 1:200.000. N° 5, 6, 12 y 21.  
00327 - (1974). 00349 - (1976).
  
- IGME. Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales.  
00429 - (1974).  
Tomo XII. Magnesita.  
Tomo IV. Rocas calcáreas sedimentarias.  
Tomo I. Rocas ornamentales.