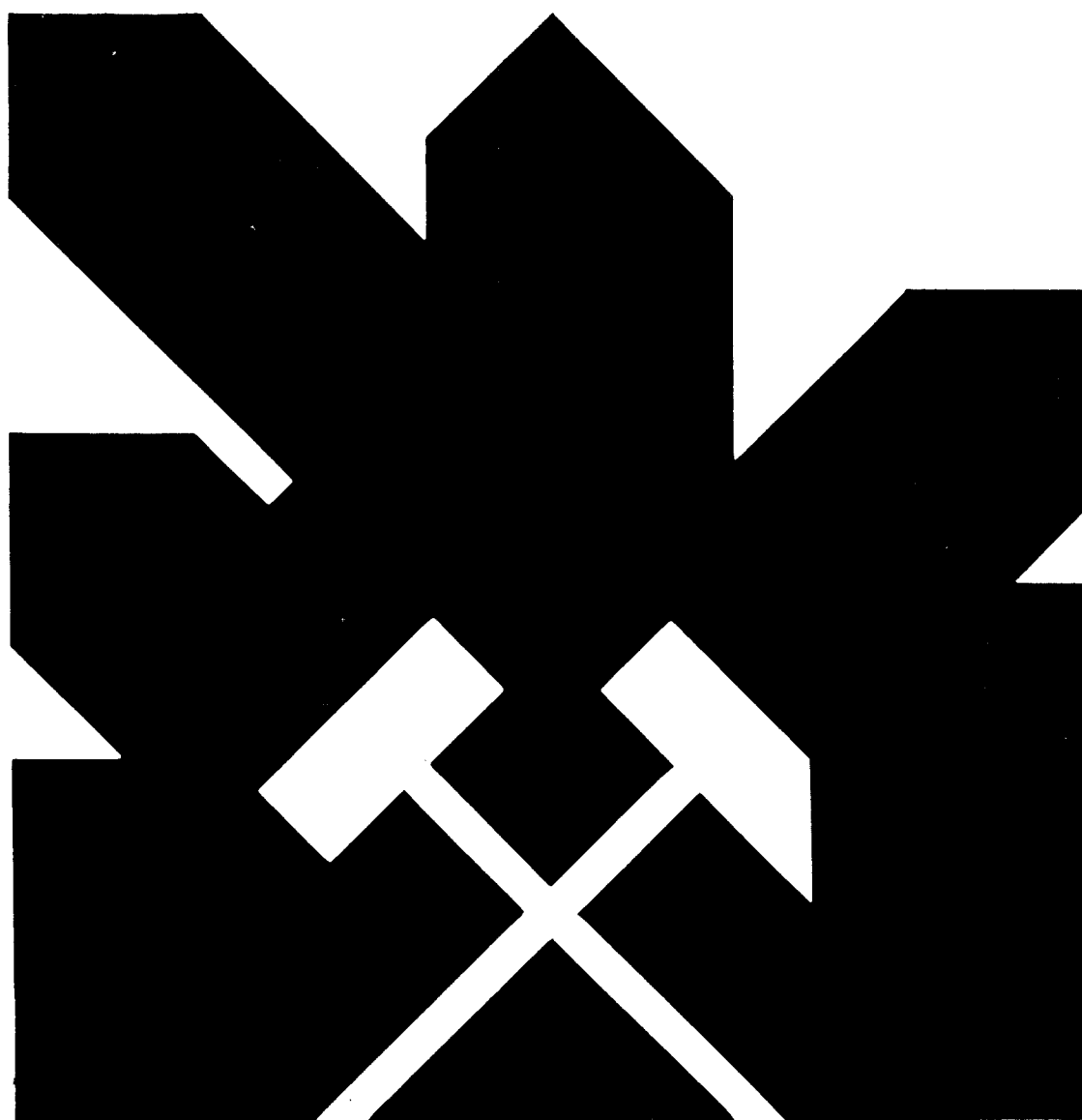


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

**Aprovechamiento industrial de rocas calcáreas  
existentes en la Cordillera Cantábrica.**

**Memoria**

Octubre, 1988



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

11213

**Aprovechamiento industrial de rocas calcáreas  
existentes en la Cordillera Cantábrica.**

**Octubre, 1988**

*El presente Proyecto ha sido elaborado por  
CONSULTING DE INGENIEROS Y ECO-  
NOMISTAS, S.A. (C.I.E.C.S.A.) en régimen  
de contratación con el Instituto Geológico y  
Minero de España.*

## INDICE

	<u>Paginas</u>
1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS .....	2
2. MATERIALES ESTUDIADOS .....	5
2.1. Caliza .....	6
2.1.1. Origen y tipos de Calizas .....	6
2.1.2. Usos y Especificaciones .....	11
2.1.2.1. Construcción .....	11
2.1.2.2. Fabricación de cemento .....	12
2.1.2.3. Fabricación de cal .....	14
2.1.2.4. Papel y pulpa de papel .....	16
2.1.2.5. Cargas blancas .....	16
2.1.2.6. Vidrio .....	17
2.1.2.7. Metalurgia .....	18
2.1.2.8. Tratamiento de azúcares .....	18
2.1.2.9. Desulfuración de gases .....	18
2.1.2.10. Agricultura .....	19
2.1.3. Tests .....	20
2.1.4. Normativa .....	20
2.2. Dolomia .....	22
2.2.1. Definición y tipos .....	22
2.2.2. Usos y Especificaciones .....	25
2.2.2.1. Construcción .....	26
2.2.2.2. Vidrio .....	26
2.2.2.3. Siderurgia .....	27
2.2.2.4. Agricultura .....	27
2.2.3. Tests .....	28



2.2.4. Normativa .....	28
<b>3. PRODUCCION DE CALIZA Y DOLOMIA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>33</b>
3.1. Datos de producción .....	33
3.2. Sectorización de la producción .....	34
3.3. Evolucion de la producción .....	38
<b>4. LOS MATERIALES CALCAREOS EN LA ZONA ESTUDIADA .....</b>	<b>42</b>
4.1. Introducción .....	42
4.2. Asturias .....	42
4.3. Pais Vasco .....	46
4.4. Cantabria .....	49
<b>5. CRITERIOS DE EXPLORACION Y SELECCION DE ZONAS .....</b>	<b>54</b>
5.1. Criterios utilizados .....	54
5.2. Factibilidad de un yacimiento .....	55
<b>6. ZONAS SELECCIONADAS .....</b>	<b>58</b>
6.1. Introducción .....	58
6.2. Asturias .....	58
6.2.1. Dolomia .....	59
6.2.2. Caliza .....	63
6.3. Cantabria .....	76
6.3.1. Dolomia .....	76
6.3.2. Calizas .....	84
6.4. Pais Vasco .....	94
6.4.1. Dolomia .....	94
6.4.2. Caliza .....	110
<b>7. TRABAJOS EFECTUADOS .....</b>	<b>120</b>
<b>8. DISCUSION DE RESULTADOS DE ANALISIS Y ENSAYOS .....</b>	<b>123</b>
8.1. Asturias .....	123
8.1.1. Calizas .....	123
8.1.2. Dolomias .....	137
8.2. Pais Vasco .....	147
8.2.1. Calizas .....	147
8.2.2. Dolomias .....	157
8.3. Cantabria .....	159
8.3.1. Calizas .....	159

8.3.2. Dolomias .....	175
9. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	199
BIBLIOGRAFIA .....	214

## 1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

## **1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

Como resultado del proyecto realizado por el Instituto Geológico y Minero de España sobre un borrador de Normas para Calizas y Dolomías, se decidió llevar a cabo un estudio práctico sobre este tipo de materiales aplicando algunos de los supuestos recogidos en los borradores de Normas.

Para ello se escogió una de las regiones de la Península con mayor abundancia de materiales calcáreos, la zona Cantábrica, incluyendo las Comunidades de Asturias, Cantabria y País Vasco (fig. 1), teniendo en cuenta que en algunas de ellas y sobre algunos de los materiales tratados se habían llevado a cabo estudios generales.

Teniendo como base estos estudios se seleccionaron una serie de zonas sobre las cuales llevar a cabo el estudio detallado, y si sus características de campo se mostrasen favorables, realizar los análisis y ensayos adecuados sobre los materiales existentes.

Se ha de tener pues en cuenta, que en la selección de las zonas se han considerado todos los datos y circunstancias recogidas en trabajos anteriores y que como consecuencia se ha circunscrito el estudio a estas zonas, por ser las que parecen resultar mas interesantes a priori.

Otro aspecto a tener en cuenta en el presente proyecto es que la gran variedad de sectores consumidores de estos materiales, se ha tratado de restringir a aquellos que requieren unas calidades determinadas y que como consecuencia su abaste-

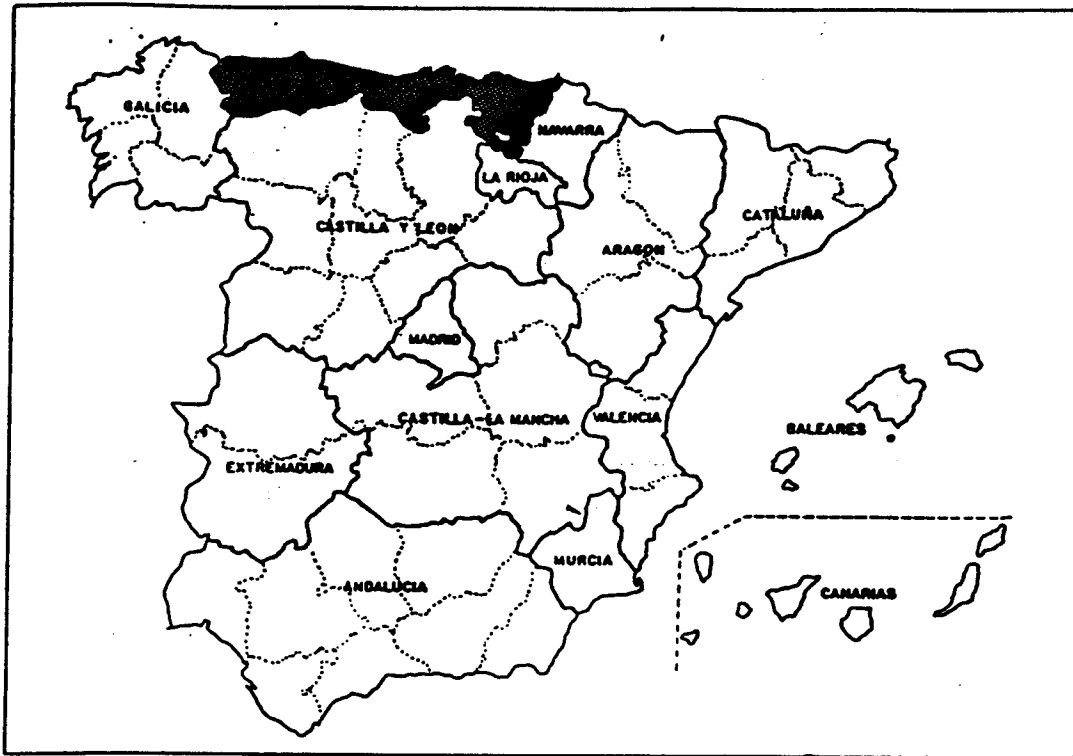


Figura 1. Ubicación de la región estudiada.

cimiento de materias primas es más limitado, habiéndose tratado de un modo más general sectores tales como el de los áridos de trituración, sin grandes problemas de abastecimiento debido a la mencionada abundancia y al no requerimiento de calides muy estrictas.

Así pues el objetivo último del estudio es el conocimiento detallado de las características, tanto de afloramiento como de la calidad de la roca, del material que aparece en las zonas seleccionadas y definir si procede los sectores más idóneos a los que pueden ser destinados estos materiales.

También se ha pretendido la identificación de yacimientos que cumplan las condiciones mínimas antes expuestas, para su puesta en explotación, previo un estudio profundo del mismo.

## 2. MATERIALES ESTUDIADOS.

## 2. MATERIALES ESTUDIADOS

### 2.1. Caliza

#### 2.1.1. Origen y tipos de Calizas

La caliza es una roca sedimentaria de origen químico, detrítico u organógeno, con un porcentaje del 50% o más de Carbonato Calcico, generalmente en forma de Calcita.

Existe una serie de transición continua con el carbonato doble de Calcio y Magnesio (Dolomía), estableciéndose los siguientes términos:

	CO <sub>3</sub> Ca	CO <sub>3</sub> Mg
Caliza .....	95%	5%
Caliza magnesiana .....	90-95%	5-10%
Caliza dolomítica .....	50-90%	10-50%
Dolomía calcárea .....	10-50%	50-90%
Dolomía .....	10%	90%

Las calizas representan la transición a otros grupos de rocas sedimentarias, según el contenido en unos u otros materiales.

De este modo se encuentran las margas, con un contenido elevado de limos y arcillas, calca enitas o calizas arenosas cuando presentan un alto porcentaje de cuarzo y silicatos detríticos.



El Carbonato Cálcico es escasamente soluble en agua. El Calcio se encuentra en disolución en forma de bicarbonato, en aguas ricas en  $\text{CO}_2$ , el cual posibilita la formación del ion  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

Cuando se produce una disminución del contenido en  $\text{CO}_2$  del agua, el Ca precipita en forma de Carbonato de Calcio. Este fenómeno es muy frecuente en las cavidades Kársticas.

Las formas mineralógicas en las que se sedimenta el Carbonato Cálcico son La Calcita y el Aragonito, que cristalizan en los sistemas trigonal y rómbico respectivamente.

La estructura cristalina del Aragonito se muestra inestable durante el proceso de diagenésis, transformándose de este modo en Calcita.

El origen primario de la Caliza está en los procesos sedimentarios bioquímicos o químicos. En los procesos bioquímicos, el Carbonato Cálcico que se halla en disolución en el agua, es fijado por diversos organismos y entra a formar parte de sus esqueletos, bien como Aragonito o bien como Calcita, para pasar una vez sufrida la diagénesis a constituir depósitos organógenos sólo de Calcita.

Así mismo el Carbonato Cálcico puede sedimentarse por procesos Geoquímicos. Algunas especies de algas absorben el anhídrido carbónico de las soluciones para utilizarlo en la fotosíntesis, por lo cual alteran las condiciones físico-químicas del medio y determinan la precipitación de un polvo fino de Aragonito, que se deposita sobre los tallos.

Determinadas especies de bacterias, durante su ciclo biológico producen abundante cantidad de amoníaco, elemento que determina una alcalinización del medio y puede originar la precipitación de Carbonato Cálcico.

Las calizas que se originan por estos procesos biológicos, son similares a las originadas por precipitación química del Carbonato Cálcico contenido en una solución sobresaturada. Esta precipitación resulta favorecida por los climas áridos y en cuencas de escasa comunicación con el mar libre.

Atendiendo al origen, se puede establecer una primera clasificación de las calizas:

- **Autóctonas**, cuando se depositan en el mismo lugar de formación del Carbonato Cálcico, sin ningún transporte.

- **Alóctonas**, cuando su sedimentación se produce a partir de materia calcárea preexistente, que ha sido erosionada y transportada.

La distinción entre ambos grupos es relativamente fácil ya que las calizas alóctonas suelen tener aspecto de rocas detríticas.

Sin embargo es más complicado decidir su origen cuando el tamaño de grano es fino, ya que ambos tipos de roca entonces son muy similares.

Es frecuente la existencia de rocas calcáreas de origen mixto es decir que participan de las características de los dos orígenes mencionados.

Algunos tipos de calizas autóctonas son:

- **Calizas biohérticas o calizas arrecifales**, formadas por fragmentos bioclásticos de organismos acuáticos. Los arrecifes están constituidos por acumulaciones de organismos constructores, en asociación biológica, que se desarrollan en áreas poco profundas del fondo marino.

Las calizas que los constituyen están formadas por restos calcíticos de organismos constructores fijos y, en menor tal manera que en el momento de su desarrollo, los organismos vivían sólo en los estratos más superficiales.

Los intersticios que existen entre ellos permanecen a veces vacíos, por lo que constituyen una roca muy porosa. En otras ocasiones, dichos intersticios se rellenan con detrito organógeno, originado por la fragmentación de los mismos organismos que constituyen el arrecife, o por sustancia calcárea depositada químicamente.

La elevada porosidad de las calizas biohérticas facilita los procesos diagenéticos de dolomitización, de solución y de recementación, que son efectuados por las aguas circulantes.

- **Calizas biostrómicas o biostromos**, se generan en condiciones ambientales análogas a las de los biohermos, es decir fondos marinos no muy profundos, con aguas limpias por el escaso aporte detrítico y sobresaturadas del Carbonato Cálcico debido a la elevada temperatura, la cual reduce la cantidad de anhídrico carbónico en solución. Estas condiciones pueden darse también en algunas cuencas lacustres.

Estos depósitos están constituidos en gran parte por restos calcáreos de organismos bentónicos (equinodermos, braquiópodos, algas, moluscos...) deposita-

dos en su mismo ambiente vital sin haber sido transportados por las corrientes.

La diferencia con los biohermos está en que se extienden en áreas más extensas y sobre todo por hallarse en estratos de espesor variable, separados por pequeñas capas de material arcilloso pobres en fósiles.

De este modo cada estrato de biostromo representa la acumulación de los restos calcáreos, los cuales viven en mutua asociación biológica sobre vastas extensiones del fondo marino.

Los estratos de material arcilloso pobres en fósiles, intercalados entre las calizas constituyen el producto de la sedimentación química, pura o con aportes clásticos, durante los períodos en los cuales las condiciones ambientales eran desfavorables para la vida de los organismos antes mencionados.

La relación cuantitativa entre la matriz calcárea y los restos de organismos puede variar incluso dentro de un mismo estrato e individualiza las láminas producidas por la variabilidad de las condiciones ambientales durante la sedimentación.

- **Las calizas pelágicas** son rocas de grano fino, generalmente compactas, siendo frecuentes también las incoherentes y harinosas, de color claro o blanquecino.

Las de origen organógeno se constituyen por la acumulación de pequeños caparazones de organismos unicelulares, planctónicos o bentónicos, en ambientes marinos de profundidad variable.

Los materiales organógenos deben acumularse en el área donde el Carbonato Cálcico es extraído del agua marina para formar los caparazones de los organismos, sin haber experimentado transporte significativo, por lo cual la roca derivada por diagénesis pertenece al grupo de las calizas alóctonas.

La cantidad de sustancia orgánica que contienen estas rocas es generalmente escasa, ya que los caparazones de los organismos se depositan vacíos, después de abandonar su parte protoplasmática durante los procesos de reproducción, cuando este contenido es más elevado la roca adquiere un color negruzco.

Algunos tipos de calizas pelágicas tienen origen químico debido a la precipitación del Carbonato Cálcico en solución en las aguas marinas.

Estas calizas son macroscópicamente similares a las de génesis bioquímica, pero compactas y bien cementadas por recristalizaciones diagenéticas del Carbonato Cálcico.

Otro grupo de calizas autóctonas, depositadas en ambientes continentales (fluvial y de caverna) y frecuentes en los depósitos del cuaternario lo constituyen los Travertinos y los Alabastros calcáreos.

**Los Travertinos** son depósitos calcáreos de fina laminación y muy porosos, formados en valles rápidos y cascadas de cursos de aguas ricas en Carbonato Cálcico en solución, debido a la abundante pérdida del anhídrido carbónico por parte de aquellas a causa de la agitación. Es frecuente la existencia de restos vegetales (tallos, troncos, hojas...).

Las Calizas Alóctonas o Detríticas están constituidas por fragmentos de Carbonato Cálcico de diverso origen, transportados y depositados por corrientes, del mismo modo que los sedimentos clásticos no calcáreos.

La diagénesis, particularmente activa en los sedimentos calcáreos y sobre todo en los de grano fino, enmascara a menudo las características primarias del sedimento.

Existen numerosos términos según el distinto tamaño de las partículas que constituyen las rocas y la naturaleza de estas mismas partículas.

Entre estos términos se encuentran:

- **Calcarenitas**, calizas de grano medio, equivalentes a las areniscas, en las cuales las partículas están empastadas en un cemento de Calcita cristalina o en una matriz calcárea de grano fino.
- **Biocalciruditas**, son calizas clásticas constituidas por restos de organismos alejados del área que ocuparon en vida en el ambiente sedimentario, transportados y depositados por las corrientes.
- **Biocalcarenitas**, calizas detríticas constituidas por caparazones de pequeños foraminíferos, o por fragmentos calcáreos de organismos de mayores dimensiones.
- **Encrinitas**, formadas por las placas y brazos de teca de Crinoideos, separados y transportados por corrientes marinas.
- **Calizas Oolíticas**, constituidas por acumulación de oolitos, estructuras en las que se distingue un núcleo y una envoltura de Calcita microcristalina.

### **2.1.2. Usos y especificaciones**

Las calizas poseén un amplísimo mercado, teniendo una importante demanda en las mas variadas aplicaciones industriales.

Por lo general los factores que condicionan su aplicación, no son sólo los de calidad, sino que tienen gran importancia los de orden económico.

Debido a la abundancia de materiales sustitutivos y a la capacidad de adaptación de muchos procesos industriales a las características de la materia prima disponible, las calizas se encuentran a menudo en competencia con otros productos.

Del mismo modo en muchas ocasiones se prefiere una caliza de peor calidad que la teóricamente aconsejable para el proceso debido a que la relación calidad/precio puede llegar a justificar tal elección.

La demanda así mismo se ve fuertemente condicionada por la influencia del transporte, que limita enormemente la distancia a donde pueden llegar estos materiales, salvo en casos determinados de calidad muy especial.

Las calizas se utilizan en un gran número de sectores y aplicaciones industriales, aunque los sectores de la construcción y aglomerantes se reparten un 58,2% y un 38,6% respectivamente del tonelaje total extraído en España.

Debido al gran número de procesos industriales en que entran a formar parte, las especificaciones son muy diversas, basándose en sus cualidades químicas o físicas según el uso al que se destinen.

En el cuadro 2, se resumen por sectores, las especificaciones mas usuales, que a continuación se detallan sector por sector.

#### **2.1.2.1. Construcción**

Las dos formas esenciales de utilización de la Caliza en construcción son los áridos de trituración y la piedra tallada y pulida para ornamentación o sillería.

Como roca ornamental , comercialmente se asimila al mármol, por lo cual ha de cumplir todas las especificaciones exigidas a este material , siendo su campo de utilización el mismo .

Respecto a su uso como material triturado en construcción es como árido para la fabricación de hormigón.

Además de la solidez, son importantes la resistencia a la abrasión, la dureza y la estabilidad química, así como la absorción de agua, el peso específico y la granulometría.

En cuanto a las especificaciones, éstas se refieren fundamentalmente a la presencia de sustancias perjudiciales, como pueden ser los terrones de arcilla, yesos, piritas y rocas friables o porosas en exceso.

La clasificación por tamaños del material triturado usado mas corrientemente es la siguiente:

#### **Arido grueso o grava**

Morro ..... 80-150mm

Grava gruesa ..... 50-80 mm

Grava media ..... 40-60 mm

Grava menuda .. 30-50 mm

Gravilla ..... 20-30 mm

Garbancillo ..... 5-20 mm

#### **Arido fino o Arena**

Arena gruesa ..... 2-5 mm

Arena fina ..... 0,05-2 mm

Polvo ..... 0-0,05mm

#### **2.1.2.2. Fabricación de cemento**

La caliza es el principal constituyente del cemento, no existiendo normativas precisas respecto de las condiciones de la caliza empleada, ya que generalmente se emplean mezclas de diferentes materiales. La única exigencia que se mantiene en todos los tipos de cementos es que la presencia de MgO debe ser menor del 5% en el clinker.

La naturaleza de las materias primas influye de manera absoluta en el tipo de producto obtenido y en el tipo de proceso de fabricación. El requisito fundamental para la elaboración de un cemento adecuado es la obtención de una carga de correcta composición química, la cual está regida por proporciones que permiten determinar la dosificación adecuada.

La Norma B.S. inglesa exige una mezcla de materiales que satisfagan la expresión :

$$\frac{(\text{CaO}) - 0,7 (\text{SO}_3)}{2,8(\text{SiO}_2) + 1,2(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0,65(\text{Fe}_2\text{O}_3)} > = 0,66$$

Es lo que se denomina como factor de saturación de la cal, siendo las expresiones entre paréntesis los porcentajes en peso de cada óxido en el cemento.

Otras especificaciones de esta norma para el cemento son:

- Peso del residuo insoluble menor del 1,5%
- Peso en MgO menor de 4%
- Pérdida al fuego entre 3% y 4% según el clima
- Porcentaje de SO<sub>3</sub> menor de 2,5% o de 3% según que el contenido en aluminato tricálcico sea menor o mayor de 5%

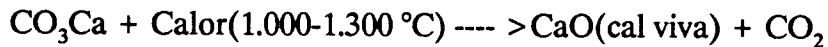
Hay otras formulas de dosificación como la de Le Chatelier o la de Michaelis, aunque en la práctica las cementeras aplican las condiciones mas apropiadas para su caso particular. Las especificaciones se pueden resumir en el siguiente cuadro:

CO <sub>3</sub> Ca .....	75% mínimo
CO <sub>3</sub> Mg .....	3% máximo
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,01% máximo
SO <sub>3</sub> .....	< 3%
SiO <sub>2</sub> .....	indeseable
F .....	indeseable
Pb .....	indeseable
Zn .....	indeseable
P .....	indeseable
Residuo insoluble .....	1,5% máximo
Pérdida al fuego .....	3-4% máximo

### 2.1.2.3. Fabricación de cal

La cal es el producto resultante de la descomposición por el calor de los materiales calcáreos.

La reacción básica que se produce es:



Para la fabricación de cal no existen especificaciones precisas respecto de las características de la caliza como materia prima. Sin embargo se han de tener en cuenta las características físicas (dureza, tamaño de grano..), la tendencia a la decrepitación y por tanto a la formación de finos en el horno, y la naturaleza y cantidad de las impurezas (Magnesio, Hierro, Azufre y materias orgánicas, suelen ser las mas indeseables).

Otra serie de factores a tener en cuenta en la fabricación de la cal, son los siguientes:

- \* Tamaño y clasificación de la roca
- \* Índice de calcinación
- \* Temperatura requerida y duración de la calcinación
- \* Reactividad química del material primario
- \* Densidad y porosidad
- \* Superficie y espacio de los cristales
- \* Posibilidades de recarbonatación

Se pueden establecer tres tipos de cales atendiendo a la naturaleza de la materia prima empleada en la calcinación:

- Cales áridas o magras, resultado de la tostión de calizas dolomíticas o dolomías.
- Cales grasas, obtenidas de calizas muy puras, con menos del 5% de arcillas.
- Cales hidráulicas, obtenidas de calizas arcillosas, con mas del 5% de arcillas.



Para que una caliza sea de buena calidad se requiere unas propiedades físicas referidas al tipo de cristalinidad que hagan que durante la calcinación no tenga tendencia a decrepitar.

En cuanto a su calidad química, se prefieren calizas con un alto contenido en Carbonato Cálcico, pero teniendo en cuenta que es necesaria la presencia de más de un 5% en arcillas en el caso de las calces hidráulicas.

La composición química apta del material viene regida por el índice hidráulico.

El índice hidráulico es la proporción de los compuestos de Sílice, Aluminio y Hierro presentes en las arcillas en forma de silicatos y el Magnesio y Calcio de caliza expresados en porcentaje en peso de los óxidos correspondientes.

De este índice hidráulico depende fundamentalmente el tiempo de fraguado, pudiendo clasificarse las calces según se recoge en el cuadro 1.

Denominación de la Cal	Índice hidráulico	% Arcilla
Grasa y Magra	0,0 -0,10	0,0 - 5,3
Debilmente hidráulica	0,10 -0,16	5,3 - 8,2
Medianamente hidráulica	0,16 -0,31	8,2 -14,8
Propiamente hidráulica	,31 -0,42	14,8 -19,1
Eminentemente hidráulica	0,42 -0,50	19,2 -21,8
Límite o cemento lento	0,50 -0,65	21,8 -26,7
Cemento rápido	0,65 -1,20	26,7 -40,0

Cuadro 1.- Tipos de calces según el índice hidráulico

### Usos de la Cal.

#### - *Carreteras y Pavimentos.*

La cal es utilizada en la construcción de carreteras, autopistas, caminos rurales, cimentaciones, canalizaciones, pavimentos deportivos etc, y en las placas sub-base y base como estabilizante.

El efecto que produce la cal es la de modificar profundamente las características físicas del suelo, disminuyendo el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad, aumentan o el Límite Plástico y la resistencia a la compresión.

De este modo las capas base y sub-base constituyen una barrera resistente al agua tanto superficial como capilar y establecen una importante resistencia a las heladas.

Se pueden utilizar los tres tipos de cales, aunque es preferible la cal viva, por su mayor aporte de CaO por unidad de peso, por su alta reactividad y por su calor de hidratación.

La cantidad empleada varía según las condiciones del suelo, pudiendo citarse como media entre 10 y 30 Kg/m<sup>2</sup>.

#### 2.1.2.4. Papel y pulpa de papel.

La caliza se emplea en la manufactura de pulpa de papel por medio del proceso del sulfito, en el cual el carbonato reacciona con el dióxido de azufre para obtener el bisulfito de calcio, que se utiliza como digestor de madera en la Torre del sistema Jennsen.

Un análisis típico de caliza para papel es el siguiente:

CO <sub>3</sub> Ca .....	96 %
CO <sub>3</sub> Mg .....	4 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<1 %
SiO <sub>2</sub> .....	<1 %
Materia orgánica .....	0 %
Libre de piritas y escamas de micas y grafito.	

#### 2.1.2.5. Cargas blancas.

La caliza finamente pulverizada tiene una importante aplicación como cargas inorgánicas en numerosas industrias, exigiéndose que el material tenga un buen color blanco y una granulometría adecuada, a tamaños de 200 mallas o más.

Los sectores en los que se utilizan son:

- \* Cerámica
- \* Insecticidas
- \* Pinturas y pigmentos
- \* Papel
- \* Caucho
- \* Baldosas acústicas

- \* Asfaltos
- \* Productor de calafateado
- \* Papel de fumar
- \* Cosméticos
- \* Lapiceros
- \* Explosivos
- \* Alimentación
- \* Cubiertas de suelos
- \* Gravas y aceites
- \* Colas
- \* Cueros
- \* Linóleos
- \* Pulimentos de metales
- \* Jabón y detergentes
- \* Pasta dentrífica
- \* Tintas blancas
- \* Aislamientos de cables eléctricos

#### 2.1.2.6. Vidrio

La caliza se emplea, bien en crudo o bien calcinada, como constituyente en el baño de vidrio, actuando como fundente, si bien el aporte de óxido de calcio aumenta la estabilidad química y mecánica del vidrio.

En general se exige que la caliza contenga un mínimo del 98% de Carbonato de Calcio y Magnesio, siendo muy importante la limitación de los óxidos de Hierro y materia orgánica que no deben exceder del 0,035% y 0,1% respectivamente. Los óxidos de Manganeso, Plomo, Azufre y Fósforo deben ser mantenidos al mínimo, sin que en ningún caso excedan del 0,1%. El residuo insoluble en ClH, incluyendo la Sílice debe ser menor del 1%.

Un análisis medio de Caliza empleado por Cristalera Española es la siguiente:

CaO .....	55,0%
MgO .....	0,2%
SiO <sub>2</sub> .....	-----
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	-----
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,1%
Insoluble en ClH .....	1,1%
Pérdida al fuego .....	43,6%

La granulometría debe ser tal que el material sea de tamaño inferior a 2 mm. y no se presenten finos en cantidades importantes.

### 2.1.2.7. Metalurgia.

La caliza se emplea en la metalurgia del hierro y de los metales no férreos, principalmente como fundente, aunque también se puede emplear por sus características químicas, para que participe específicamente en una reacción química, como es el caso del proceso Bayer de obtención del Aluminio.

En general las especificaciones requeridas para las calizas en metalurgia son:

CO <sub>3</sub> Ca + CO <sub>3</sub> Mg .....	97,0%
S.....	0,1%
P .....	0,02%
SiO <sub>2</sub> .....	1,0%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	1,5%

### 2.1.2.8. Tratamiento de azúcares.

La caliza se emplea para purificar el zumo de la remolacha azucarera. Las impurezas que existen son retiradas junto al Carbonato que se precipita al agitar una lechada de Cal y Anhídrido Carbónico añadidos al zumo de la remolacha.

Se precisa para esto una caliza muy pura, con las siguientes características:

CO <sub>3</sub> Ca .....	96-97,0%
SiO <sub>2</sub> .....	1,0% máximo
CO <sub>3</sub> Mg .....	4,0% máximo
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,5% máximo

### 2.1.2.9. Desulfuración de los gases de combustión.

El azufre se puede eliminar antes, durante o después de la combustión. El procedimiento mas generalmente utilizado es la eliminación del azufre en los gases de salida.

Este proceso puede llevarse a cabo por via seca o húmeda.

El más empleado es el de vía húmeda, en el que el papel de la caliza es como reactivo absorbente en forma de carburo de calcio y en mezclas y lechadas de cal o caliza.

Las principales exigencias en cuanto a la calidad de la caliza se refieren a la calidad química, reactividad y contenido en residuos insolubles.

CO <sub>3</sub> Ca .....	85-95%
CO <sub>3</sub> Mg .....	0-5 %
Materia Inerte .....	5 % máximo

#### 2.1.2.10. Agricultura.

Se utiliza la caliza principalmente como corrector de suelos, para mejorar su estructura y textura, para facilitar el crecimiento de organismos beneficiosos del suelo y también como aditivos en piensos y como sémolas para aves.

Como corrector de suelos el Ca o Mg que se aportan puede expresarse como elementos, como óxidos o bien como carbonato cálcico equivalente. Así el C.C.E. de la calcita es igual a 100 y el de la dolomita de 108,6.

Otros aspectos a tener en cuenta son :

- Elementos pesados que se aportan indeseadamente ,como Pb,Hg,Cd,Cr,etc.
- Valor neutralizante, que es la cantidad de CaO que tendría la misma capacidad de neutralización que 100 Kg del producto considerado.
- Rapidez del efecto neutralizante, que se mide por la solubilidad carbónica (% de producto disuelto en una solución saturada de gas carbónico). Los productos cálcicos presentan un efecto más rápido, mientras los magnésicos son más duraderos .

Como valores generales se pueden tomar:

C.C.E .....	> 80%
V.N .....	> 45%
Solubilidad carbónica .....	> 45%

No existe normativa española para este uso.

### 2.1.3. Tests

Los ensayos preliminares mas utilizados son:

- Análisis químico completo
- Comportamiento ante la calcinación
- Reactividad

Con posterioridad, dependiendo del campo de utilización se realizan otros ensayos como el de **blancura, alcalinidad, residuo insoluble** etc.

En el caso de su utilización en ornamentación los ensayos son mas específicos, realizándose ensayos de **pulido, choque térmico** y todos los normalizados que a continuación se relacionan.

### 2.1.4. Normativa

UNE 22.182 Masa volúmica, absorción y porosidad aparente

UNE 22.185 Resistencia a compresión

UNE 22.184 Resistencia a compresión después de heladicidad

UNE 22.186 Resistencia a flexión

UNE 22.185 Resistencia al desgaste por rozamiento

UNE 22.189 Resistencia al choque

UNE 22.188 Microdureza Knoop

Otras normas para distintos ensayos

UNE 70.94 Método para la determinación de la humedad en cales y calizas.

UNE 70.95 Método para la determinación del anhídrido silícico y del residuo insoluble, de los óxidos de Aluminio y Hierro, del óxido de Calcio y del óxido de Magnesio en cales y calizas.

UNE 70.96 Método para la determinación del anhídrido Sulfúrico en cales y calizas.

UNE 70.97 Determinación del Azufre total en cales y calizas.

UNE 70.98 Determinación del óxido manganeso en cales y calizas.

UNE 70.99 Determinación de la pérdida por calcinación , del contenido en anhídrido carbónico y del agua total en cales y calizas.

UNE 73.52 Determinación de Sodio en minerales de Hierro , escorias y Calizas mediante la técnica de absorción atómica

UNE 73.53 Determinación de potasio en minerales de Hierro escorias y calizas.

UNE 73.58 Determinación de Plomo en minerales de Hierro , escorias y Calizas, mediante la técnica de absorción atómico.

UNE 73.59 Determinación del Cobre en minerales de Hierro, escorias y Calizas, mediante la técnica de absorción atómica.

UNE 73.60 Determinación de Cine en minerales de Hierro, escorias y Calizas.

ASTM D75-79 Ensayo a la abrasión Los Angeles.

ASTM D 3-18 Resistencia al impacto.

ASTM C88-61 Resistencia a los agentes atmosféricos.

Como ocurre en el caso de las Dolomías , para muchos de los usos no existen normativas en España, estando en estudio el proyecto de normativa realizado por el IGME, en el que se incluyen los siguientes proyectos de Normas:

- Calizas para purificación de azúcares
- Calizas para alimentación animal
- Calizas y Dolomías para espolvoreo en minas de carbón
- Calizas y Dolomías para cargas blancas en cerámica
- Calizas y Dolomías para fundente
- Calizas y Dolomías para cargas blancas en Caucho
- Calizas y Dolomías para vidrio
- Calizas y Dolomías para corrección de suelos

Sector	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	Pb	CO <sub>3</sub> Ca	CO <sub>3</sub> Mg
VIDRIO INCOLORO	>55.0	<0,3	<0.02	<0,05	<0,02	<0,1	--	--	--
VIDRIO VERDE	>55.0	<0,3	<0.02	<0,05	<0,15				
QUIMICA	>50.0	<1,0	--	<0.02	<0,3	<0,1			
CARGAS BLANCAS	>55,0			<0.02	<0.02				
AGRICULTURA	>35,0			<1,0	<1,0		<0,05		
DESULFURACION DE GASES	>51,0	<1,5				<0,1			
CEMENTO					<0,01			>75,0	<3,0
PAPEL			<1,0	<0,5	<0,5			96,0	4,0
SIDERURGIA	>51,0	<2,0	<6,0	<1,0	<1,0				
METALURGIA			<1,0	<1,5		<0,1	<0,02	Total Carbonatos >97	
TRAT. AZUCARES			<1,0		<0,5			>97	4,0

Cuadro 2.- Resumen de las especificaciones más importantes de Calizas, por sectores.

## 2.2. Dolomía

### 2.2.1. Definición y tipos

Las dolomías son rocas sedimentarias compuestas fundamentalmente por dolomita, carbonato doble de Calcio y Magnesio (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CaMg.



Los porcentajes de los distintos compuestos que integran este mineral son:

Carbonatos	45,7% de $\text{CO}_3\text{Mg}$ 54,3% de $\text{CO}_3\text{Ca}$
Oxidos	21,86% de $\text{MgO}$ 30,41% de $\text{CaO}$ 47,73% de $\text{CO}_2$

Se encuentran generalmente asociadas a las calizas, con las que forman una serie de transición continua, en la que destaca la dolomía pura, con menos del 10 % de calcita.

Aparece también dolomita formando parte de rocas metamórficas en algunos mármoles dolomíticos, y en rocas de origen magmático como es el caso de algunas carbonatitas.

Las rocas sedimentarias dolomíticas pueden distribuirse en tres grupos, atendiendo a su origen, si bien alguno de ellos no puede considerarse lo suficientemente bien explicado, debido fundamentalmente a su escasa representación.

La menor representación en las series geológicas corresponde a un grupo de dolomías de origen probablemente evaporítico, en un ambiente acuoso sujeto a intensa evaporación y con una concentración de sustancias disueltas algo más elevado que lo normal.

Se presentan en formaciones poco potentes, con una estratificación regular, en las que están ausentes los fósiles. En ocasiones aparecen pequeñas intercalaciones de dolomías de este tipo en rocas evaporíticas típicas yesos, etc.

Otro tipo de rocas dolomíticas, con una mayor representación, se presentan como variaciones locales de rocas calcáreas.

Son las dolomías secundarias a las que se les atribuye un origen metasomático, con la sustitución de la Calcita por la Dolomita, en fases posteriores a la litificación de las rocas calcáreas, mediante procesos diagenéticos tardíos con aportación de Magnesio disuelto en las aguas circulantes de naturaleza hidrotermal.

Las masas dolomíticas muy irregulares y heterométricas se localizan generalmente en zonas de discontinuidad de las rocas calcáreas, tales como fallas, superficies de estratificación y en discordancias.

La sustitución de la Calcita por la Dolomita, según los distintos investigadores se produciría, bien molécula a molécula o bien volumen a volumen.

Esta última teoría supone que la dolomitización se produciría por solución de un infinitésimo volumen de Calcita y precipitación en su lugar de Dolomita. Se aportaría también algo de Calcio, explicándose la porosidad de la roca por fenómenos de disolución de residuos calcáreos durante las últimas fases de la diagénesis.

El último tipo de rocas dolomíticas se presentan en forma diversa, en estratos regulares sobrepuestos, constituyendo formaciones de espesor y extensión notables, pasando lateralmente a calizas.

Estas serían las Dolomías primarias, generadas durante la diagénesis de sedimentos calcáreos, probablemente en sus fases iniciales.

Teniendo en cuenta experimentos de laboratorio sobre la solubilidad de sales de Magnesio en zona de mar, se ha demostrado que la precipitación directa del Magnesio en forma de Carbonato o de Hidróxido, se produce solo en condiciones de concentración y de presión parcial del Anhídrido Carbónico diferentes a las que existen en general en las cuencas sedimentarias normales o evaporíticas.

Por otra parte un sedimento calcáreo, como los que en la actualidad se forman en las cuencas costeras, puede ser transformado en Dolomita por un proceso de intercambio entre el Magnesio en solución en el agua y el Calcio de la Calcita, si el agua tiene una elevada concentración de sales de Magnesio disueltas y si carece de Anhídrido Carbónico en solución, absorbido por las algas en su función clorofílica o disperso en la atmósfera a causa del movimiento ondulante del agua del mar.

Este proceso, que puede considerarse metasomático y que presenta analogías con fenómenos que se producen a temperatura elevada durante el metamorfismo, se puede producir en el interior del sedimento calcáreo todavía impregnado de agua marina, o bien en su superficie, en contacto con el agua marina del fondo.

Las dolomías primarias probablemente se generaron en mares epicontinentales poco profundos, con aguas agitadas y ricas en algas planctónicas y bentónicas, de regiones cálidas.

El carbonato cálcico precipitado químicamente o por procesos organógenos, se

convirtió, todo o en parte, en dolomita antes de la sedimentación final o durante el largo período en el cual el sedimento calcáreo limoso o arenoso, compuesto de Aragonito, era transportado por las corrientes y las olas sobre el fondo de la cuenca sedimentaria.

Los procesos diagenéticos, tienen también cierta importancia en la transformación de Calcita en Dolomita y en la forma en que ambas se distribuyen en las rocas.

Estudios realizados sobre atolones coralinos de los mares actuales han demostrado que las rocas organógenas se enriquecen cada vez más en dolomita en profundidad, es decir donde han estado durante más tiempo expuestas a los procesos diagenéticos.

El origen del Magnesio puede estar en parte en las mismas calizas de los arrecifes, pues los esqueletos calcáreos de algunos organismos constructores contienen sensibles porcentajes de Magnesio, en solución sólida en la Calcita o como Magnesita. Pueden superar el 10% (como Carbonato) en los caparazones de ciertos foraminíferos, equinodermos y crustáceos, y llegar al 25% en los talos de algunas algas calcáreas.

Este origen de la dolomita es posible en muchos biohermos constituidos inicialmente por calizas de arrecifes porosos transformados en dolomía durante la diagénesis.

### **2.2.2. Usos y especificaciones.**

El porcentaje de MgO tiene una influencia decisiva en la mayoría de las aplicaciones, requiriéndose en general un 20% de MgO en la mayor parte de los sectores.

Las dolomías poseen un amplio mercado en las más variadas aplicaciones industriales. Se aprovechan tanto sus propiedades físicas como químicas o ambas conjuntamente.

El campo de utilización de las dolomías es muy amplio por tanto las especificaciones varían de acuerdo al proceso al que se destina el producto.

Los sectores que mayor volumen de dolomía utilizan actualmente son el de la construcción, fundamentalmente como árido de trituración, con un porcentaje próximo al 66% del tonelaje total extraído, el de la fabricación de vidrio y como fundente en procesos siderúrgicos.

A continuación se efectúa una definición resumida de los usos mas comunes de la dolomía, incluyendo en cada caso las especificaciones más usuales.

### 2.2.2.1. Construcción.

Aunque como ya se ha dicho el mayor porcentaje de consumo en este sector corresponde a los áridos de trituración , también se utiliza la dolomía como roca ornamental, incluyéndose en la denominación comercial de mármol y por tanto debiendo cumplir las especificaciones exigidas para este material para sus distintos usos tanto en interiores como en exteriores.

Por lo que respecta a los áridos, utilizados generalmente en la fabricación de hormigón, las especificaciones son muy diversas y a menudo no demasiado estrictas, prestándose siempre especial atención a la presencia de sustancias perjudiciales tales como terrones de arcilla, yeso, piritas, feldespatos y rocas friables y porosas en exceso.

### 2.2.2.2. Vidrio

En la fabricación del vidrio la dolomia entra a formar parte del baño de vidrio, bien en crudo o bien calcinada, actuando como fundente. La materia prima ha de ser de gran pureza y homogeneidad en su composición y verse libre de elementos considerados como perjudiciales.

Aunque hay distintas especificaciones para los diversos tipos de vidrios, ya sean planos, generalmente incoloros, o verdes y especiales, las especificaciones generalmente exigidas en España se pueden resumir en las requeridas por Cristalera Española:

SiO <sub>2</sub> .....	0,3% máximo
MgO .....	20,49% + 0,4%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,13 máximo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,3% máximo
CaO .....	32,68% + 0,4%
Humedad .....	2,0% máximo
Pérdida al fuego .....	47,31% + 0,3%
Retenido en tamiz de 2mm .....	1,5% máximo
Retenido en tamiz de 0,1 mm .....	88% máximo

Un análisis medio de una dolomía empleada por esta Empresa es el siguiente:

CaO .....	32,5%
MgO .....	20,5%
SiO <sub>2</sub> .....	0,3%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,28%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,12%
Pérdida al fuego .....	47,2%
Insoluble en ClH .....	0,75%

### 2.2.2.3.Siderurgia

La dolomía como **refractario** se utiliza cruda, calcinada o calcinada a muerte.

Es preciso que la dolomía contenga más del 20% de carbonato de Magnesio, menos del 0,05% de Azufre y menos del 2% de Sílice, siempre en tamaños menores de 2 cm.

La forma más utilizada es la dolomía calcinada a muerte, también denominada tostada o sinterizada, que se utiliza en el tapizado de hornos altos y en crisoles para la fusión de metales no férreos.

Las especificaciones para los tres tipos de dolomía son las siguientes:

	Dolomía cruda	Dolomía calcinada	Dolomía tostada
CO <sub>3</sub> Mg	> 20%	> 20%	> 35%
SiO <sub>2</sub>	< 2%	< 2%	< 1%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	< 1,5%
S	< 0,05%	< 0,05%	-
Tamaño	< 2cm	< 2cm	< 1cm

### 2.2.2.4. Agricultura

La cal dolomítica o bien dolomía calcinada se utiliza como enmienda en los suelos agrícolas.

El efecto fundamental de la adición de dolomía calcinada en los suelos es corregir la acidez del suelo y reponer el Calcio y el Magnesio, presentando la ventaja respecto de la cal procedente de Calizas, de que aunque su asimilación es mas lenta, es mucho mas duradera.

El valor neutralizante esta entre 95 y 105, pudiendo ser suministrada en distintas granulometrías, según la rapidez y duración del efecto que se precise.

### 2.2.3. Tests

Los análisis y ensayos tecnológicos básicos que se utilizan para la caracterización y estudio de las dolomías son:

- **Análisis químico completo**, mediante el cual se determinan porcentajes tales como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , S,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Mn,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  que son considerados como impurezas en numerosos procesos industriales.

También se determinan los porcentajes de CaO y MgO, fundamentales para determinar su posible utilización.

- **Comportamiento ante la calcinación**, que determina la tendencia del material a decrepitar, con la consiguiente formación de fijos y producción de interferencias en los procesos industriales.
- **La reactividad**, que da una idea general de sus propiedades como producto acabado, calculando el porcentaje de CaO y de MgO útil.
- En el sector de la construcción se determinan fundamentalmente **la resistencia al desgaste**, mediante el ensayo Los Angeles, **la resistencia a la meteorización** con el ensayo de heladicidad, siendo también utilizados generalmente la determinación de **la porosidad, la densidad y a capacidad de absorción de agua**.

Si los ensayos preliminares han sido satisfactorios para ciertas aplicaciones se requieren ensayos especiales complementarios. Entre éstos se encuentran el de **Alcalinidad, Blancura, Determinación del Residuo Insoluble en ácido**, muy importante este último en el sector del vidrio.

### 2.2.4. Normativa

Actualmente no existe ningún tipo de Norma española para dolomía, guiándose las distintas industrias que la utilizan, bien por normativas extranjeras, o bien por especificaciones propias.

Recientemente se ha realizado por IGME un borrador de Normas UNE para Calizas y Dolomías en el que se recogen las siguientes propuestas:

- Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para espolvoreo de minas de Carbón
- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Cerámica.
- Calizas y Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Caucho.
- Dolomías para fabricación de papel.
- Calizas y Dolomías para vidrio.
- Calizas y Dolomías para corrección de suelos.

## RESUMEN DE LAS ESPECIFICACIONES MAS IMPORTANTES PARA DOLOMIAS

### VIDRIO

MgO .....	>20 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<0,2 %
SiO <sub>2</sub> .....	<0,3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<0,3 %

Ausencia de minerales pesados infusibles: Cromita en granos mayores de 300 micras.

### SIDERURGIA: Fundente

MgO .....	> 18 %
CaO + MgO .....	> 50 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<2,5 %
S.....	<0,05 %
CO <sub>2</sub> .....	<45,5 %
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O .....	<0,08 %
Resíduo insoluble	< 1,0 %

### SIDERURGIA: Cal dolomítica

MgO .....	> 18 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<2,0 %
S.....	<0,03 %
Resíduo insoluble ....	1,0 %
Que no decrepita.	

### REFRACTARIO : Dolomía fritada

MgO .....	> 19%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.5-1.5%
Que no decrepita	



## PRINCIPALES USOS DE CALIZAS Y DOLOMIAS POR SECTORES

### AGRICULTURA

- Corrección de suelos
- Excipiente de fertilizantes
- Alimentación animal
- Sémola para aves

### METALURGIA

- Siderurgia: Refractarios  
Fundentes
- Metalurgia no férrea: Fusión Pb,Cu,Zn,Sb  
Alumina(proceso Bayer)

### CONSTRUCCION

- Aridos : Hormigón  
Bitumen  
Tratamiento asfáltico superficial  
Balasto

- Escolleras
- Macadam
- Estuco
- Relleno de huecos
- Terrazos
- Drenes

### INDUSTRIA QUIMICA

- Vidrio
  - Pulpa de papel
  - Barnices y esmaltes cerámicos
  - Aislantes(lanas minerales)
  - Cementos
  - Azúcar
  - Fabricación de cal
  - Lecho filtrante
  - Desulfuración de gases de escape
  - Polvos de carbón en minas
  - Tratamiento de aguas
  - Cargas blancas: Pinturas
- Caucho  
Plásticos  
Papel  
Dentífricos  
Farmacia

### **3. PRODUCCION DE CALIZA Y DOLOMIA EN LA ZONA DE ESTUDIO**

### **3. PRODUCCION DE CALIZA Y DOLOMIA EN LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **3.1. Datos de Producción**

La producción de los materiales estudiados, en el conjunto de la región, durante el año 1.986 según la Estadística Minera de España, fué de 15 millones de Toneladas de Calizas, lo que representó en valor 5.453 millones de pesetas, mientras que de Dolomías se obtuvieron 314.878 Toneladas con un valor de 216 millones de pesetas. Las cifras que corresponden a cada una de las Comunidades se recogen en los cuadros 3 y 4 para Caliza y Dolomía respectivamente.

El porcentaje de producción total de Calizas de las tres Comunidades, representa el 19.59% respecto del total nacional, correspondiendo, también respecto de este total el 10.45 a el País Vasco, el 5.05 a Asturias y 4.09 a Cantabria.

Respecto a la Dolomía, el País Vasco no presenta producción, siendo el porcentaje aportado por Asturias, frente al total nacional del 1.46 %, mientras que las 282.988 Tm extraídas en Cantabria representan el 12.9% de las extraídas en toda la nación.

### Caliza

	Tonelaje	Valor(x 1.000 pts)
Asturias	3.893.420	1.010.743
Cantabria	3.153.397	1.547.800
Pais Vasco	8.054.159	2.894.581
Total Nacional	77.050.761	21.601.025

Cuadro 3.- Producción de Calizas en la región en el año 1.986.

### Dolomía

	Tonelaje	Valor(x 1.000 pts)
Asturias	31.890	38.723
Cantabria	282.988	177.421
Total Nacional	2.191.866	775.725

Cuadro 4.- Producción de Dolomías en la región en el año 1.986.

### 3.2. Sectorización de la Producción

Los sectores a los que se destina el total de la producción en toneladas figura en los cuadros 5, para Calizas y 6 para Dolomías.

En las calizas se puede destacar el 69% de la producción destinada a la construcción (fig.2), el 27% que se utiliza en la fabricación de cementos en las nueve fábricas existentes en la región, mientras que el 4% restante corresponde a los demás sectores, siendo los más destacados los que se recogen en la fig. 3.

Respecto a las dolomías como se muestra en la fig. 4, la construcción acapara el 78% de la producción, correspondiendo el 22 % al resto de sectores que figuran en la fig.5, en la que destacan el sector del vidrio y refractarios.

Aridos de trituración	46.599.164	Tm
Mampostería	453.435	Tm
Escolleras	4.658.002	Tm
Piedra artificial	1.010.278	Tm
Sillería	59.494	Tm
Roca Ornamental	73.101	Tm
Roca en bruto	68.806	Tm
Cemento	20.788.880	Tm
Cal	1.025.381	Tm
Yeso	6.500	Tm
Vidrio	204.786	Tm
Química básica	1.112.417	Tm
Metalurgia básica	590.600	Tm
Cargas blancas	199.430	Tm
Otros	200.487	Tm

Cuadro 5.- Destino de la producción total de Calizas en el año 1.986.

Aridos de trituración	1.447.652	Tm
Mampostería	32.400	Tm
Escolleras	36.000	Tm
Piedra artificial	184.492	Tm
Roca en bruto	19.150	Tm
Cal dolomítica	22.000	Tm
Refractarios	150.631	Tm
Vidrio	154.005	Tm
Química básica	5.375	Tm
Metalurgia básica	78.795	Tm
Cargas blancas	59.966	Tm
Otros	1.400	Tm

Cuadro 6.- Destino de la producción total de Dolomías en el año 1.986.

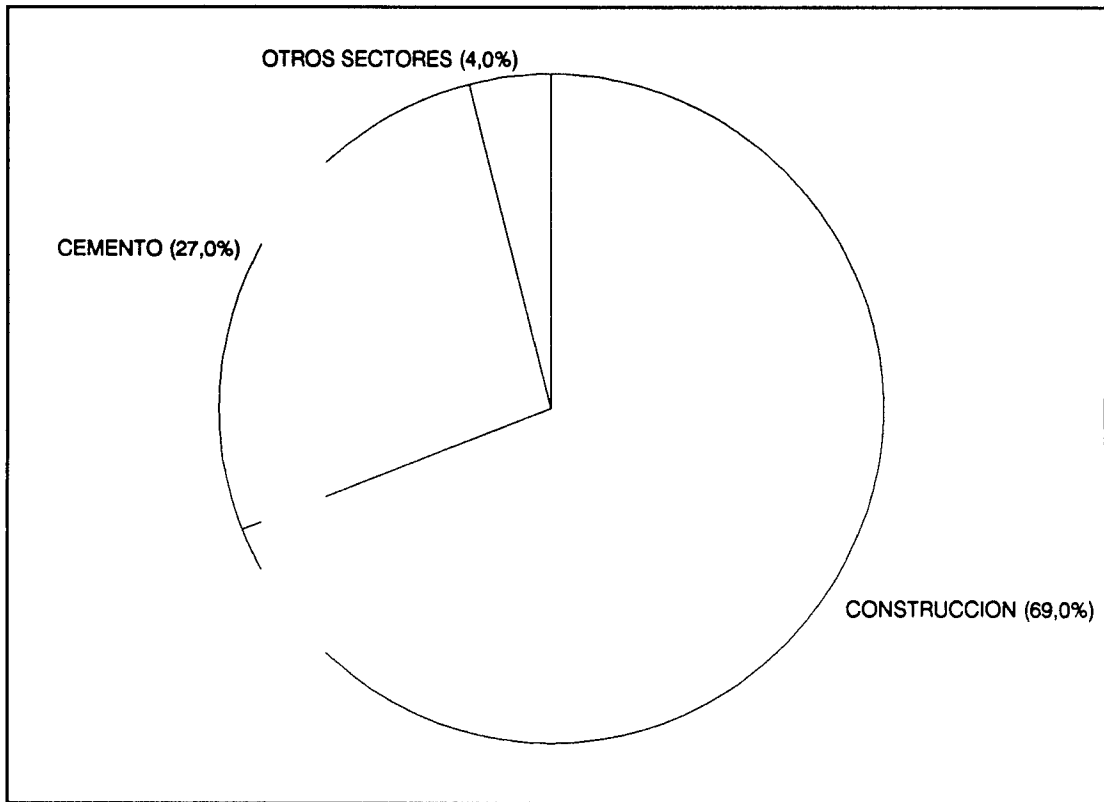


Fig. 2. Sectorización de la producción de calizas en la zona de estudio.

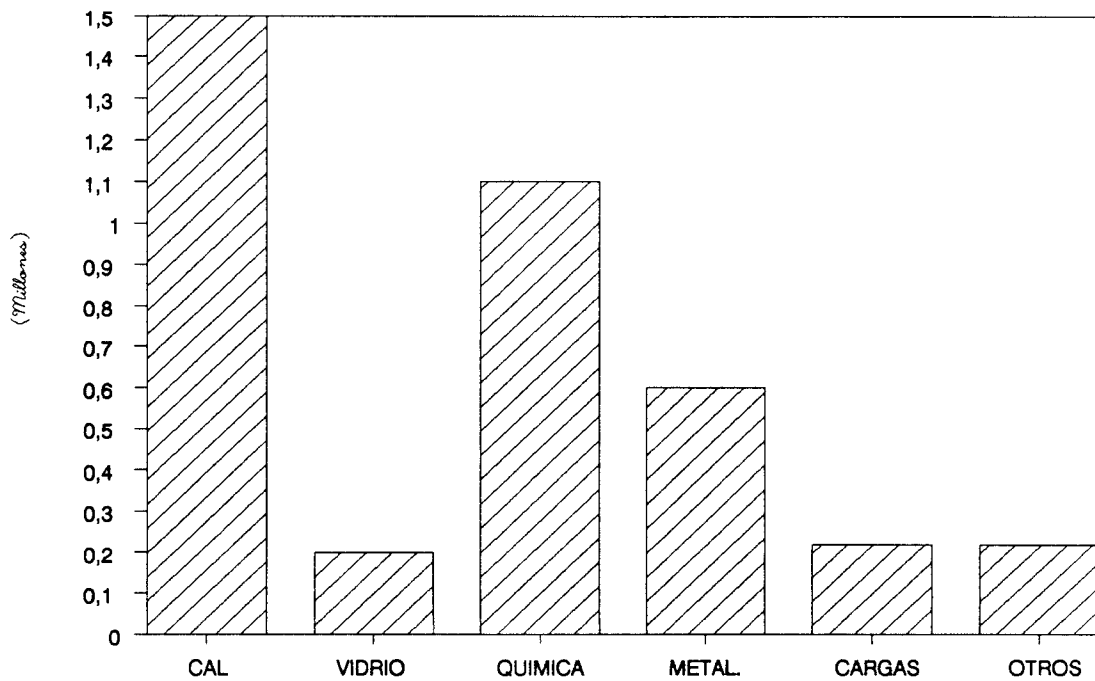


Fig. 3. Producción absorbida por algunos sectores respecto del total de caliza producida en la zona de estudio.

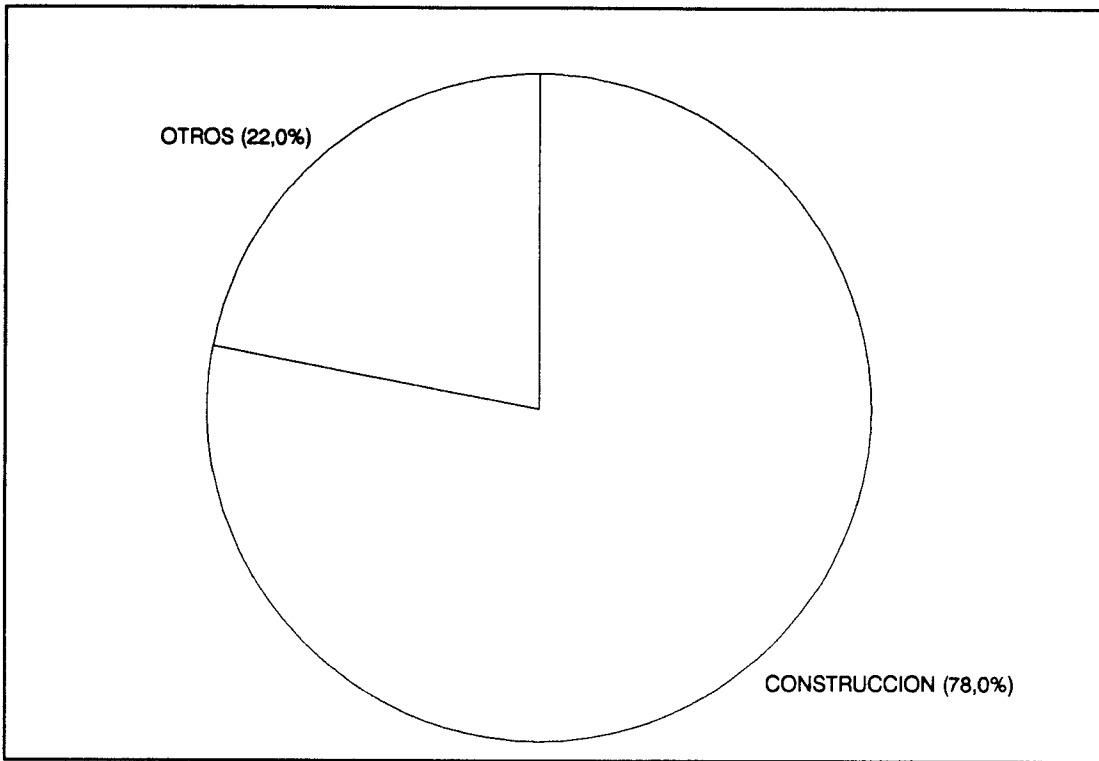


Fig.4. Sectorización de la producción de dolomías en la zona de estudio.

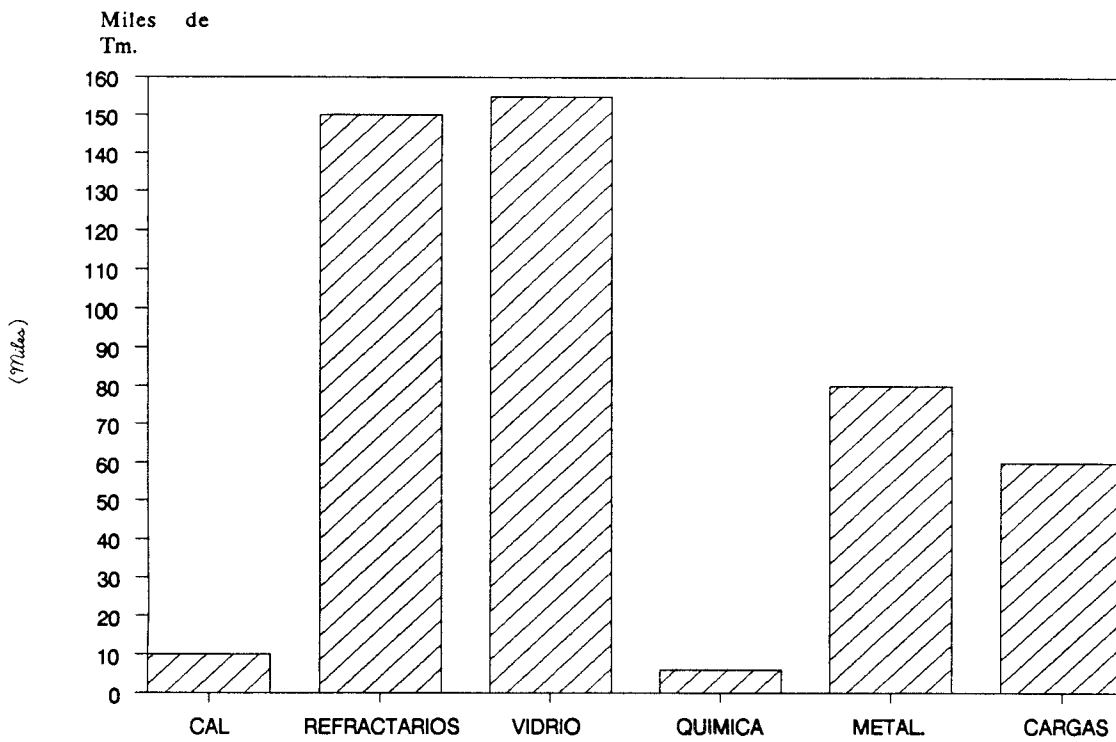


Fig.5. Producción absorbida por algunos sectores respecto del total de dolomía producida en la zona de estudio.

### 3.3. Evolución de la Producción

En el cuadro 7 se recogen los datos de las producciones de calizas, en Toneladas, de las tres Comunidades incluidas en el estudio, desde el año 1.982 a 1.986 , ultimo año publicado por la Estadística Minera de España, de donde se han obtenido estos datos.

Como se refleja en la fig. 6 en las comunidades de Asturias y País Vasco, se ha producido un descenso paulatino, que ha representado globalmente en ambos casos un total de un millón de Toneladas, mientras que en Cantabria se ha mantenido la producción en torno a los tres millones de Toneladas, con ligeras fluctuaciones.

Del mismo modo los datos de producción de Dolomías, en las mismas condiciones expuestas se reflejan en el cuadro 8.

Según se muestra en la fig.7, en Asturias la producción ha sufrido un descenso espectacular en estos cinco años, que ha significado una disminución desde 250.000 Tm en el año 1.982 hasta las menos de 40.000 en el año 1.986.

En el mismo gráfico se puede observar como la producción en Cantabria se ha mantenido en torno a las 270.000 Tm , con un máximo en el año 1.983 en torno a las 350.000 Tm.

	1.982	1.983	1.984	1.985	1.986
Asturias	5.092.362	5.113.237	4.883.240	4.565.709	3.893.420
Cantabria	2.897.040	2.673.663	2.959.159	2.752.811	3.153.397
País Vasco	8.972.895	8.880.945	8.535.281	8.316.927	8.054.154
Nacional	83.831.500	84.080.371	77.467.924	74.173.405	77.050.761

Cuadro 7.- Evolución de la producción de **Calizas** en Toneladas, en la región de estudio.



	1.982	1.983	1.984	1.985	1.986
Asturias	240.511	203.182	152.082	65.788	38.890
Cantabria	264.584	344.004	299.366	273.886	282.988
Nacional	1.967.720	2.028.815	2.111.855	2.196.331	2.191.866

Cuadro 8.- Evolución de la producción de Dolomías en Toneladas, en la región de estudio.

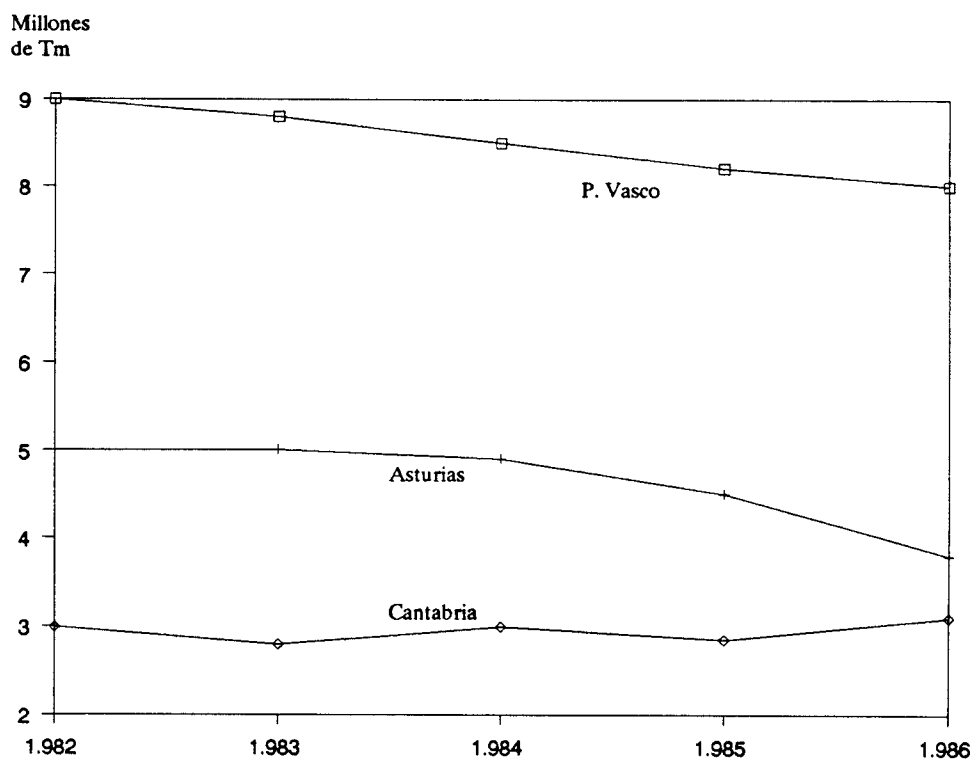


Fig. 6 Evolución de la producción de caliza

Tm. x (10.000)

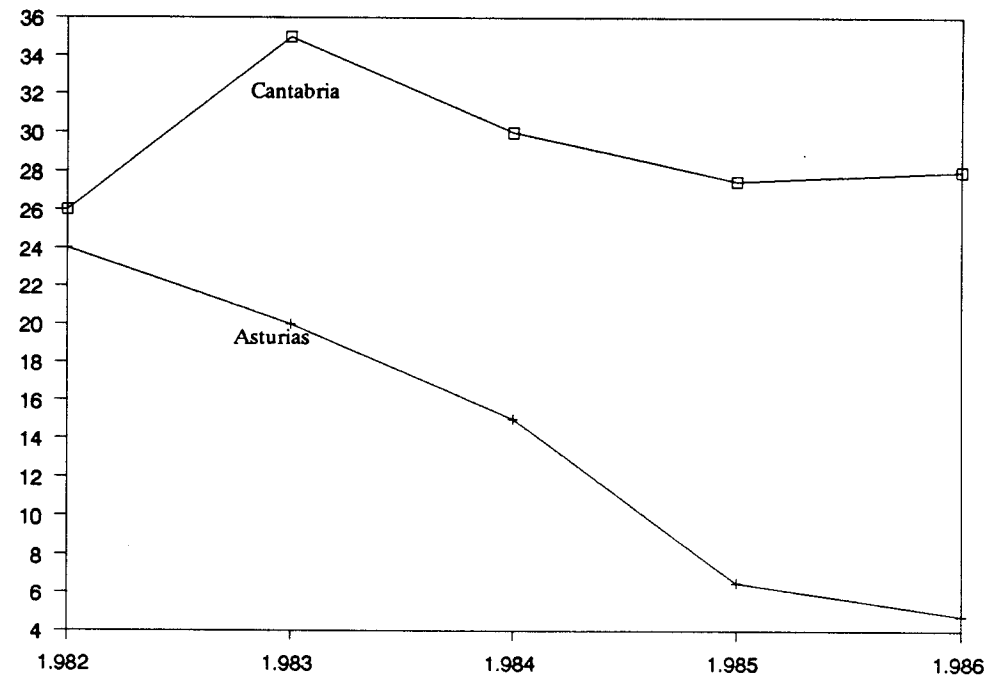


Fig. 7. Evolución de la producción de dolomía

#### **4. LOS MATERIALES CALCAREOS EN LA ZONA ESTUDIADA.**

## **4. LOS MATERIALES CALCAREOS EN LA ZONA DE ESTUDIO**

### **4.1. Introducción**

En la región Cantábrica existe una gran abundancia de materiales carbonatados, con niveles que abarcan desde el Cámbrico hasta el Terciario, si bien el mayor porcentaje corresponde a los períodos Carbonífero y Cretácico.

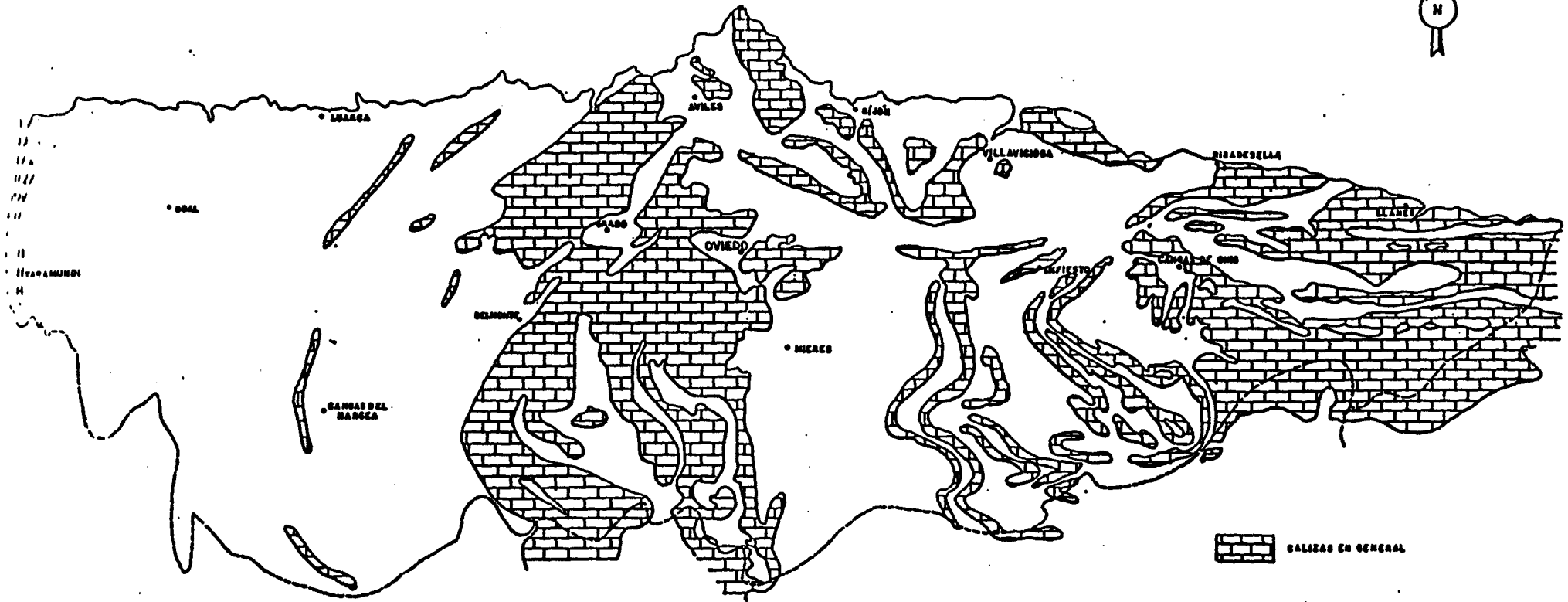
Debido a esta gran abundancia, la diversidad en los tipos litológicos es también muy importante, con términos muy variados, desde los prácticamente puros, pasando por toda una gama de mezclas de los minerales que constituyen estos materiales.

A grandes rasgos en cada una de las comunidades que integran la zona de estudio, los materiales que aparecen son los a continuación se exponen.

### **4.2. Asturias**

Los tramos carbonatados en esta Comunidad abarcan desde el Cámbrico hasta el Terciario, correspondiendo el mayor porcentaje de materiales carbonatados a los períodos Devónico y Carbonífero.

En la fig.8, se recoge esquemáticamente la extensión superficial de estos materiales.



- 1 ANTICLINORIO DEL MARCEA
- 2 D. PLIEGUES Y MANTOS
- 3 COBERTERA MESOZOICA
- 4 CUENCA CARBONIFERA CENTRAL
- 5 D. DE MANTOS
- 6 PICOS DE EUROPA

Figura 8. Extensión de materiales calcáreos en Asturias.

## **Paleozóico**

Al **Cámbrico** pertenece el nivel carbonatado denominado formación Vegadeo-Lancara, que aparece en dos estrechas bandas, con una dirección aproximada N-S, en la parte Oeste de la comunidad denominada zona del anticlinorio del Narcea.

Esta constituido por calizas, frecuentemente dolomitizadas, en ocasiones con recristalizaciones intensas, que llegan a constituir mármoles en algunas áreas como en la del puerto del Rañadoiro.

Unicamente en este área presenta algunas perspectivas de utilización debido al escaso espesor general y a la difícil posición estratigráfica y topográfica que dificultaría enormemente su explotación.

El siguiente nivel carbonatado pertenece al **Devónico**, período que presenta una gran complejidad estratigráfica, encontrándose representado fundamentalmente en la parte central, en la llamada zona de Pliegues y Mantos.

Se diferencian las siguientes formaciones:

- Complejo de Rañeces, constituido por tres miembros
  - \* Caliza de Nieva, formado mayoritariamente por calizas y dolomías escasas, con intercalaciones irregulares de margas y pizarras.
  - \* Calizas y pizarras de Ferroñes, tramo en el que se intercalan niveles de escaso espesor, dolomías, calizas, margas y pizarras.
  - \* Caliza de Arnao, alternancia irregular de calizas masivas, margas y pizarras.
- Caliza de Moniello, constituida por calizas masivas con intercalaciones margosas en la parte central.
- Caliza de Candas, formada por una alternancia irregular de caliza masiva y margas fosilíferas.

El interés de estos materiales es escaso, debido a la complejidad estratigráfica de todos los tramos, y al pequeño espesor de los niveles más puros teóricamente aprovechables.

Al **Carbonífero** pertenece la mayor parte de los materiales carbonatados de esta región. Aparecen bien representados en la parte central y oriental, en donde corresponden respectivamente a las zonas de Pliegues y Mantos, Picos de Europa y algunas intercalaciones en la Cuenca Carbonífera Central.

Las mayores acumulaciones corresponden a la formación denominada “Caliza de Montaña”, que está constituida por una potente y monótona sucesión de calizas grisáceas fétidas, que esporádicamente presentan dolomitizaciones.

Estratigráficamente por encima de esta formación, en algunas de las zonas mencionadas, fundamentalmente en la de Mantos, aparece otra gran acumulación monótona de calizas grisáceas o cremas, conocida como formación “Caliza de la Escalada”.

Tanto una como otra alcanzan enormes espesores, y dan lugar a grandes resaltes topográficos.

El mayor interés de estos materiales se centra en sus enormes reservas, su presencia en zonas próximas a áreas industriales y a la posible existencia de zonas muy concretas de dolomitizaciones y calcita recristalizada .

### **Mesozóico**

El siguiente nivel carbonatado es el **Jurásico** inferior, que se presenta en la parte central, fundamentalmente en el área comprendida entre Villaviciosa y Gijón.

Esta constituido por intercalaciones irregularmente distribuidas de calizas, calizas dolomíticas y arcillas.

El escaso interés de estos materiales se debe a la poca pureza y homogeneidad que presentan ya que las intercalaciones son de poco espesor, además del abundante recubrimiento con que generalmente aparecen.

El **Cretácico** aparece en una franja de dirección aproximada E-O en la zona centro-oriental.

Esta formado por una sucesión irregular de conglomerados, arenas, margas y calizas que puntualmente pueden presentar dolomitizaciones aunque de escasa entidad.

El interés de este tramo es muy escaso debido a la mezcla de los materiales y a la abundante cobertera que soportan.

## **Cenozoico**

El **Terciario** aparece en dos pequeños afloramientos en la zona central, en las cuencas de Oviedo y Grado. Esta constituido por una alternancia irregular de arcillas, calizas margosas, areniscas y conglomerados.

Su interés es prácticamente nulo debido al escaso espesor general y a la inexistencia de un material homogéneo susceptible de utilización.

La extensión global aproximada de todos estos tramos es aproximadamente de unos 2500 Km<sup>2</sup>.

Existen en toda la comunidad un gran número de explotaciones, que benefician este tipo de materiales utilizados para consumo local, fundamentalmente en construcción como áridos, y escolleras. La mayor parte son de escasa entidad, y un buen número han sido abandonadas.

En el caso concreto de las dolomías, al ser su aparición esporádica y en general en pequeñas acumulaciones, su explotación es escasa. Destaca sin embargo la gran explotación de Ensidesa, al norte de Oviedo.

### **4.3. País Vasco**

Las formaciones carbonatadas aparecen en una gran parte de la extensión de esta comunidad, aunque en general son escasos los términos puros ya que es muy frecuente la presencia de intercalaciones de margas, arcillas y arenas.

Estratigráficamente los niveles calcáreos aparecen desde el período Paleozóico hasta el Terciario, aunque la mayor representación pertenece al Cretácico.

En la fig.9, se recoge la representación superficial de todos los niveles mayoritariamente calcáreos existentes en la Comunidad.

## **Paleozóico**

El Paleozóico esta representado por el **Carbonífero** y aparece en la parte NE de la región. Se trata del extremo Oeste del macizo de Cinco Villas, y esta formado por una alternancia de calizas y argilitas.

Su interés es escaso por la poca homogeneidad del material, la disposición topográfica y el abundante recubrimiento existente.



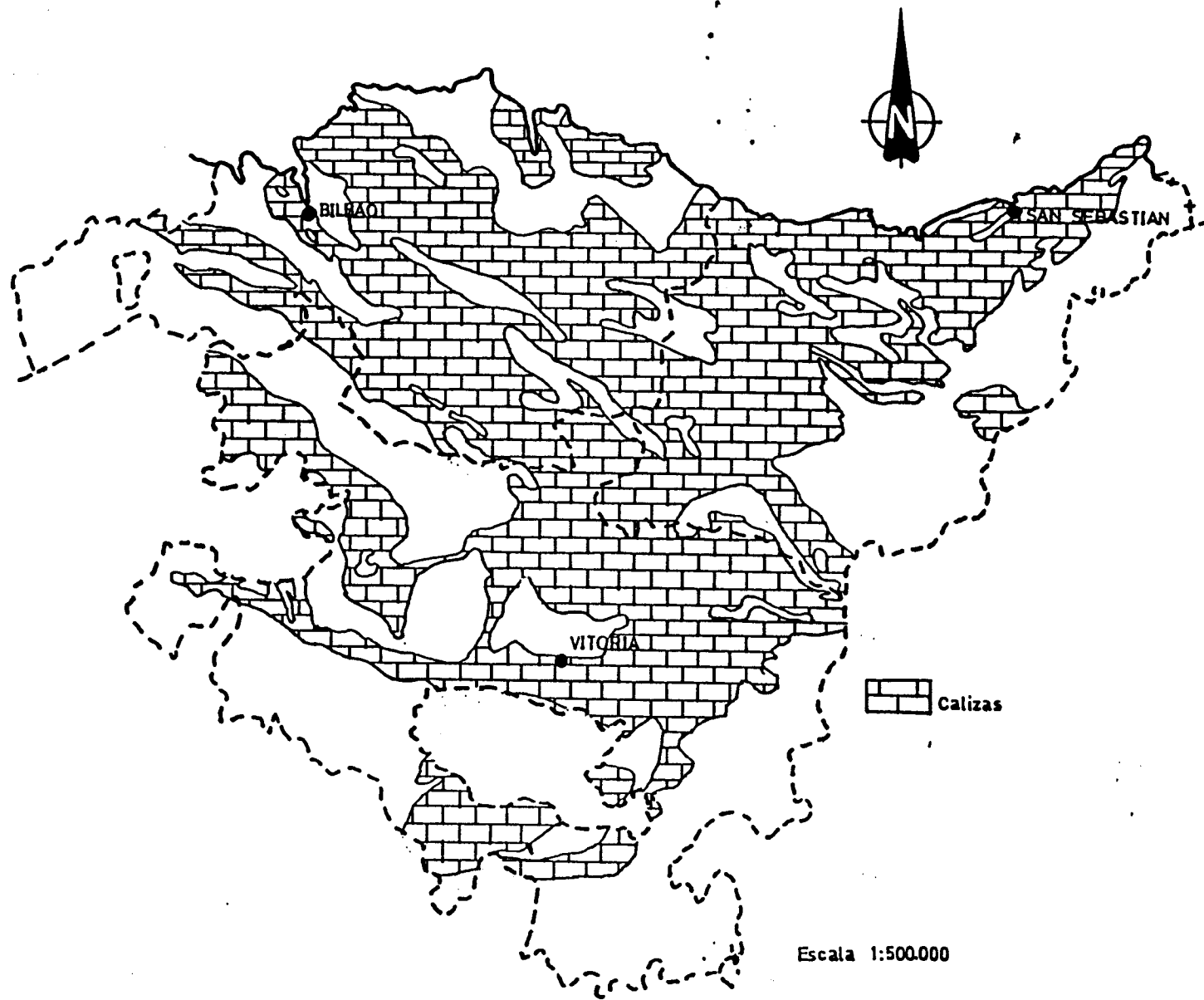


Figura 9. Extensión de materiales calcáreos en el País Vasco.

## **Mesozóico**

El **Triásico** se presenta en varios asomos irregularmente distribuidos, generalmente de carácter diapírico, con acompañamiento de rocas ígneas. En ocasiones, intercaladas entre las arcillas típicas y arenas, existen algunos niveles de escasa entidad de calizas y dolomías.

Su interés es prácticamente nulo debido a la escasa entidad de los afloramientos y a la mezcla de materiales.

El **Jurásico**, también con escasa representación, aparece en la parte NE, y tiene un carácter general carbonatado, aunque con intercalaciones margosas y detríticas. Destaca la formación correspondiente al Lias, en la cual aparece un nivel dolomítico, de escasa entidad intercalado con calizas.

Debido a su posición estratigráfica y al abundante recubrimiento que soporta, en principio, su interés es bastante escaso.

El **Cretácico** representa un porcentaje muy elevado de todos los materiales de la región. Esta constituido en general, por sólo dos tipos de facies, aunque tiene una gran complejidad debido a las frecuentes intercalaciones de naturaleza detrítica.

El primer tipo de facies es predominantemente terrígena, con gran representación de arcillas en facies Weald. Presenta intercalados algunos niveles de calizas y dolomías, irregularmente distribuidos y en general de escasa entidad.

El segundo tipo de facies es predominantemente carbonatado, de carácter arrecifal (complejo Urganiano) y pararecifal (complejo Supraurgoniano), con grandes masas irregularmente distribuidas de calizas, con algunas intercalaciones arenosas o arcillosas, que puntualmente se presentan dolomitizadas.

Es en este último tipo de formación en donde se centran las mayores expectativas, debido a las enormes reservas, su explotación relativamente fácil al tener un escaso recubrimiento, por la posible existencia de áreas con enriquecimiento en calcita, (fundamentalmente en las proximidades de fallas) y bolsas de dolomías, que parece menos probable.

## **Cenozoico**

El **Terciario** se presenta en dos zonas fundamentalmente, una al Norte y al Sur de la región.

La primera zona situada al Norte, entre Guipúzcoa y Vizcaya esta constituida por intercalaciones de escaso espesor de calizas, margas y arenas.

La segunda zona situada al Este de Alava, presenta un carácter mas detrítico, con niveles de calizas y dolomías y algunas masas arrecifales de calizas.

El interés se centra en esta última formación, por la presencia de un nivel dolomítico en el área de la Sierra de Urbasa, que debido a la escasez de este tipo de material en la región, ofrece ciertas perspectivas.

Las formaciones mayoritariamente calcáreas representan una extensión superficial aproximada de 1300 Km<sup>2</sup> que si se tiene en cuenta el resto de intercalaciones asciende a los 4000 Km<sup>2</sup>.

Al ser un material de canterabilidad relativamente sencilla, se ha explotado en la comunidad de manera intensa, con un gran número de canteras, que en su mayor parte aparecen abandonadas.

Los usos mas comunes a que se destinan, son los de áridos para vias públicas, en la fabricación de cementos y en la construcción en general, destacando en este aspecto las rocas ornamentales.

Respecto a las dolomías a pesar de tener un mercado potencialmente grande por la fuerte industria de la región, no se ha realizado ningún tipo de extracción, aunque se ha de tener en cuenta la escasa representación de este material en la zona.

#### **4.4. Cantabria**

En esta comunidad la mayor representación de materiales carbonatados pertenecen al período Cretácico, aunque existen además tramos con calizas y dolomías en los períodos Carbonífero, Jurásico y pequeños afloramientos de Terciario.

En la fig.10, se recoge la extensión general de estos materiales.

##### **Paleozóico**

El **Carbonífero** aparece en la zona Oeste, en la parte de los Picos de Europa y en dos áreas correspondientes a dos escamas de la franja cabalgante del escudo de Cabuérniga.

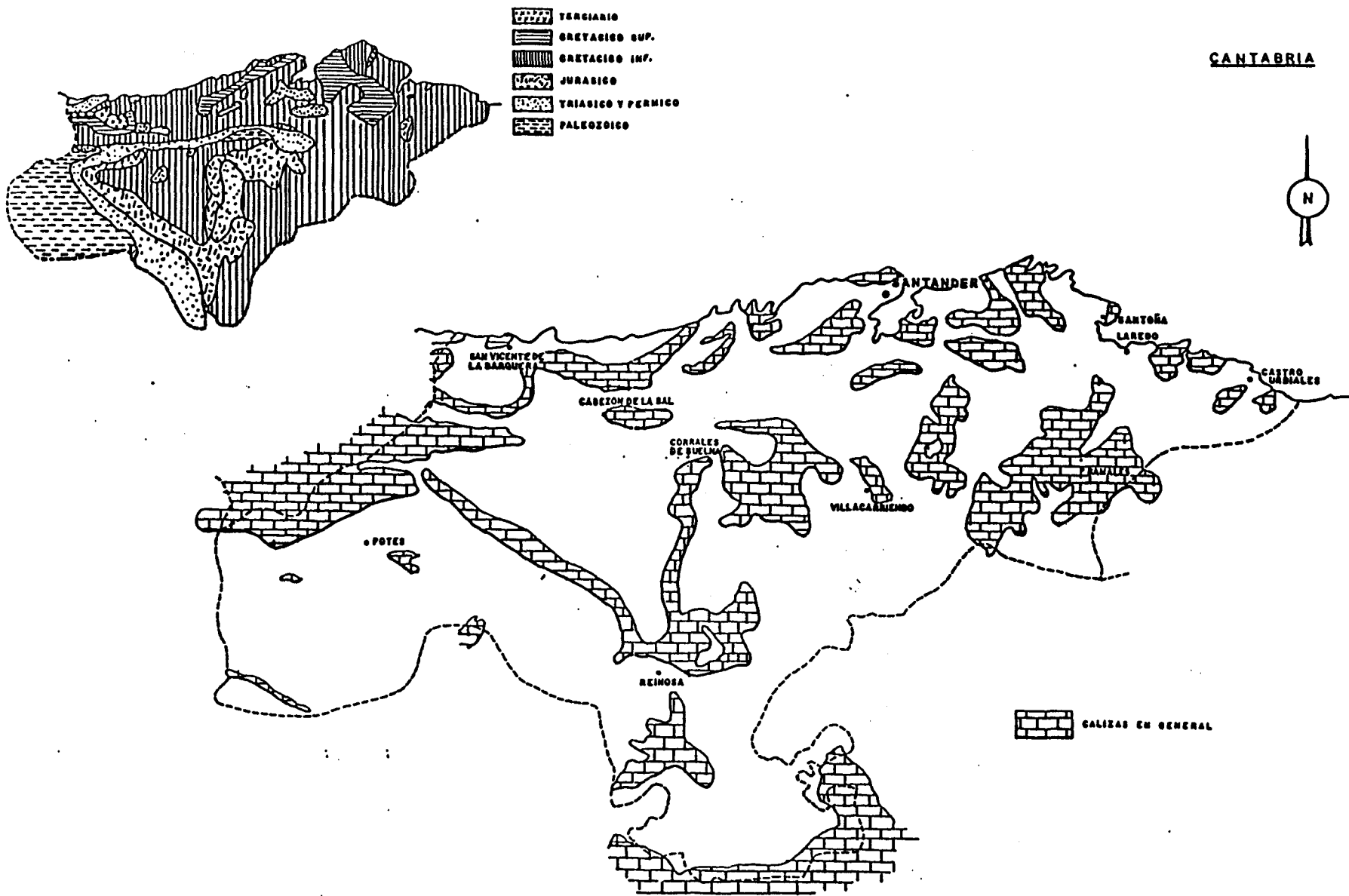


Figura 10. Extensión de materiales calcáreos en Cantabria.

En todos los casos, la mayor proporción de materiales corresponden a la formación “Caliza de Montaña”, potente y monótona sucesión de calizas grises fértidas que puntualmente presenta dolomitizaciones, y que en algunas áreas aparece en facies Valdeteja, que presenta unas características distintas, con un colorido gris crema claro y con abundantes recristalizaciones de calcita.

El posible interés de esta formación se centra, más que en las dolomitizaciones, en general de escasa entidad, en la existencia en algunas áreas de recristalizaciones de calcita, lo cual junto a sus grandes reservas y explotación relativamente fácil, determina que se haya tenido en consideración.

### **Mesozóico**

Los materiales **Jurásicos** aparecen en dos zonas fundamentalmente: una franja de dirección NO-SE al Este del macizo de los Picos de Europa y otra franja N-S en la parte central de la región, entre Reinosa y los Corrales de Buelna. Existen además otra serie de afloramientos restringidos, generalmente a favor de accidentes tectónicos.

Esta constituido por tres tramos, más o menos bien diferenciados y que litológicamente están formados por interestratificaciones de dolomías, calizas dolomíticas y calizas.

En el tramo inferior las calizas son margosas; en el medio son arcillosas; en el superior, las calizas se presentan en bancos delgados con intercalaciones de arcillas.

El posible interés de esta formación se centra en el nivel dolomítico, a pesar de su complicada posición estratigráfica, las calizas ofrecen pocas perspectivas debido a su escasa pureza.

El **Cretácico** ocupa una gran extensión superficial, con una gran complejidad estratigráfica, siendo los tramos carbonatados, en general de carácter arrecifal o pararecifal.

El Cretácico inferior, se le puede considerar en general,

constituido por dos facies, la facies Weald mayoritariamente arenosa, con niveles calcáreos de escasa entidad, y otra facies mayoritariamente carbonatada, con importantes acumulaciones de calizas de carácter arrecifal, localmente dolomitizadas, que forman parte de los complejos Urganiano y Supraurgoniano, apareciendo fundamentalmente en la parte Este de la región.

El Cretácico superior, aparece en la parte Norte, y se pueden diferenciar dos tramos, el inferior mayoritariamente detrítico con algunas intercalaciones calcáreas, y otro superior mayoritariamente carbonatado, con algunas dolomitizaciones locales.

Las grandes acumulaciones arrecifales ofrecen buenas perspectivas. Se presentan con dolomitizaciones importantes en algunas áreas, y en general con grandes reservas y fáciles acceso y explotación.

### **Cenozoico**

El Terciario aparece en la parte Norte, en pequeños afloramientos, con una fuerte tectonización. Esta constituido por intercalaciones de calizas, arenas y calizas arenosas.

Su interés es escaso debido a la poca entidad de los afloramientos, al recubrimiento abundante y a la poca calidad de los materiales.

Debido a la abundancia de estos materiales, se han venido utilizando profusamente en toda la región en construcción, fundamentalmente, así como en la fabricación de cementos, en la que destaca el área de Mataporquera al Sur de la región.

Las dolomías se han venido explotando en la zona de Santoña-Laredo y recientemente, en el valle de Camargo.

## **5. CRITERIOS DE EXPLORACION Y DE SELECCION DE ZONAS**

## **5. CRITERIOS DE EXPLORACION Y DE SELECCION DE ZONAS**

### **5.1. Criterios Utilizados**

En un buen número de sectores de utilización de este tipo de materiales, el principal factor a tener en cuenta, es la **distancia entre el área de consumo y el de extracción**.

Esta distancia puede encarecer excesivamente el producto y hacer antieconómica su explotación, para sectores tales como la construcción, fabricación de cementos, en los cuales se pueden utilizar productos sustitutivos con ventaja, si se encuentran a distancias menores de las áreas de consumo.

En otros casos la distancia que puede soportar el producto es mucho mayor, debido a su uso específico y a la escasez o ausencia de productos sustitutivos. Este puede ser el caso del sector del vidrio o el de cargas blancas.

De este modo, y de acuerdo a las características previas conocidas del material, se han tenido especialmente en cuenta las distancias a los centros transformadores y de consumo, habiéndose incidido en los usos mas específicos del material, que pueden soportar distancias a nivel regional y nacional.

Otro aspecto importante es el del **tamaño del afloramiento**, el cual incide en la rentabilidad de una posible explotación.



Por ello y, aunque al nivel que se realiza el estudio no es posible cuantificar, se han intentado seleccionar áreas en las cuales las reservas apreciadas sean suficientes, para que si el resto de las características son favorables, se pueda llegar a una fase de cuantificación de reservas.

La **accesibilidad** del afloramiento tiene especial importancia en la zona de estudio, dada la complicada orografía de la región, y puede determinar la explotabilidad de un determinado yacimiento. Se ha tenido pues en cuenta, en la selección de las zonas, la problemática referida al acceso y las condiciones de trabajo.

Igualmente importante resulta la **homogeneidad** dentro de un gran volumen de material. Este aspecto incide directamente en la continuidad de una explotación, debido a que en general se requiere una cierta, en algunos usos muy estricta, homogeneidad de las propiedades del material. De este modo se ha intentado conjugar este aspecto con las reservas apreciadas,

para determinar una posible explotación continuada.

## **5.2. Factibilidad de un Yacimiento**

Las condiciones de factibilidad de un determinado yacimiento, viene dado por la concurrencia de una serie de factores y circunstancias, siendo las más destacadas las siguientes:

- Condiciones del Yacimiento, entre las que se puede mencionar:

- \* Características geológicas
- \* Calidad y homogeneidad del material
- \* Reservas
- \* Entorno ambiental

- Condiciones de explotación, destacándose los siguientes puntos:

- \* Situación geográfica y accesos
- \* Condiciones y usos del terreno
- \* Procesos de tratamiento
- \* Situación administrativa
- \* Viabilidad económica

- Posibilidades de mercado del producto:

- \* Industria regional
- \* Tendencias del consumo

La calidad exigida a calizas y dolomías varía en función de una serie de factores y circunstancias entre las que se puede destacar:

- Necesidades tecnológicas del proceso en que participan.
- Grado de calidad del producto terminado.
- Posibilidad de variación en las condiciones del proceso.
- Disponibilidad del material de calidad adecuada.
- Disponibilidad de materiales sustitutos.

## **6. ZONAS SELECCIONADAS.**

## **6. ZONAS SELECCIONADAS**

### **6.1. Introducción**

Teniendo en cuenta todas las circunstancias expuestas y de acuerdo con la información recopilada disponible, se han seleccionado una serie de zonas, que se han considerado las más idóneas con el fin de cumplir los objetivos marcados para el trabajo.

Las características de cada una de las zonas y las razones por las cuales se han seleccionado se exponen a continuación.

### **6.2. Asturias**

Como se ha puesto de manifiesto en los apartados anteriores, los materiales calcáreos que aparecen en esta Comunidad son enormemente abundantes y aptos en su mayor parte para las aplicaciones más usuales, para las que no se requieren especificaciones muy estrictas.

Los sectores que consumen mayor volumen, como es el caso de la construcción, no presentan problemas de abastecimiento en la zona.

Por ello se han dirigido los esfuerzos, a la localización de materiales aptos para usos especiales, en los que se requieren características muy definidas.

La ubicación de las zonas seleccionadas en esta Comunidad se recoge esquemáticamente en la fig. 11.

### **6.2.1. Dolomía**

#### **- Zona de Soto de los Infantes**

Se halla situada en la hoja del MTN nº 51, Belmonte, en su parte centro norte, en los alrededores del embalse de Soto de la Barca (fig.12).

Geológicamente se trata de la formación Vegadeo-Lancara, de edad Cámbrico inferior-medio, que esta constituida por dos miembros no siempre apreciables. El inferior esta integrado por dolomías laminadas y el superior por calizas con dolomitizaciones irregulares.

Existen afloramientos dispersos en toda la zona y antiguas explotaciones para áridos en El Rodical, pero el área que mejores perspectivas presenta es el corte de la carretera de Soto de los Infantes a Soto de la Barca, en las proximidades de la central térmica y los alrededores de Miralles en la margen opuesta del pantano (fig 13).

Estas áreas aunque no presentan masas importantes, si parecen ofrecer suficiente material para una explotación de tamaño medio, teniendo en cuenta que a pesar de estar algo alejada de centros industriales, las comunicaciones y la accesibilidad son buenas.

#### **- Zona de Grado-Fuejo**

Se trata de una amplia zona, ubicada en la parte central de la hoja 28 (Grado) (fig. 14).

Las dolomías se encuentran en bolsadas irregulares, incluidas en la formación “caliza de montaña” del Carbonífero, cuya disposición aproximada en la zona se puede apreciar en los cortes litológicos de las figs. 15 y 16.

Debido a esta esporádica aparición, las masas de dolomías son muy irregulares y heterométricas, además de la consiguiente falta de homogeneidad como consecuencia de los distintos grados de enriquecimiento en Magnesio.

Existen varios puntos en los cuales se ha llevado a cabo su extracción en peque-

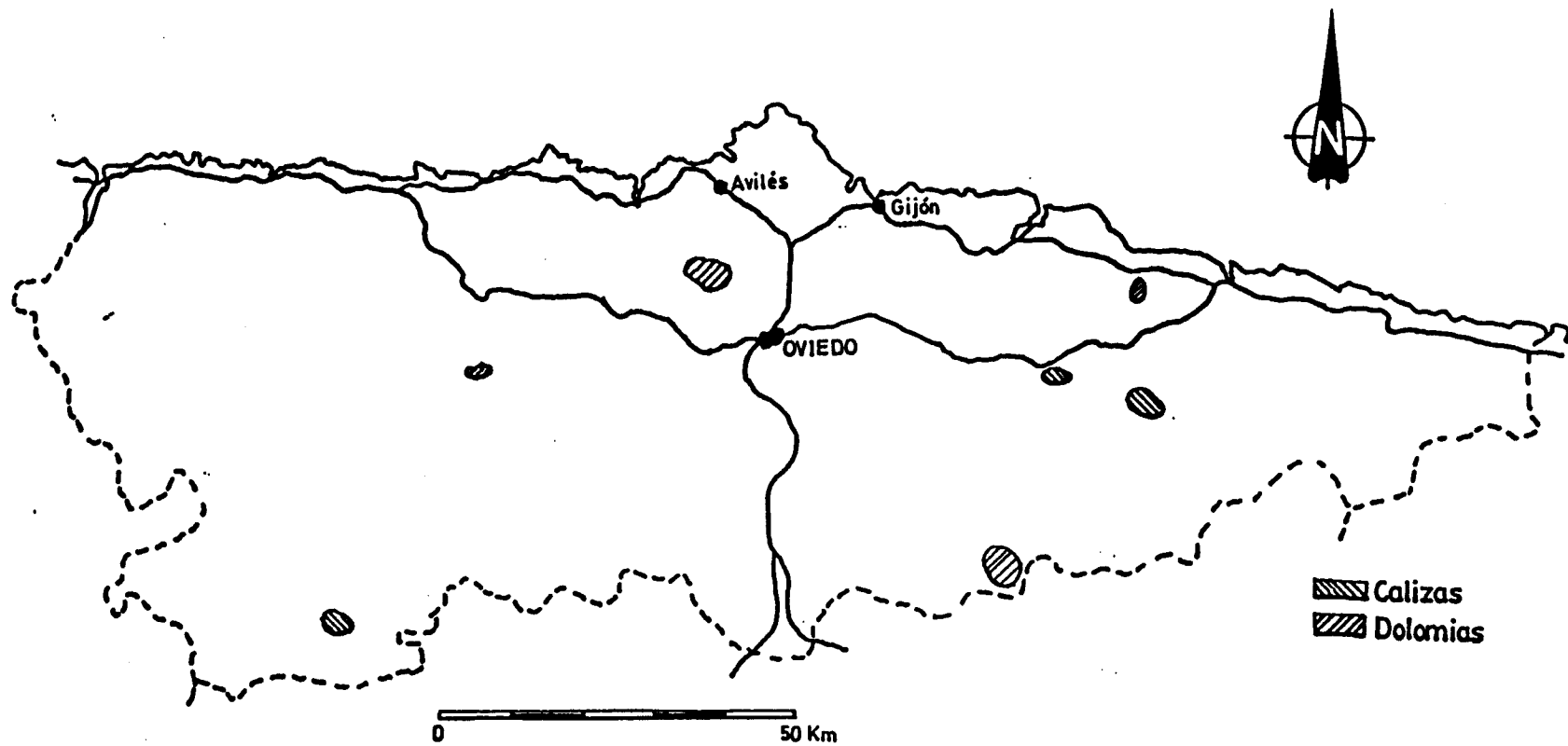


Figura 11. Ubicación de las zonas seleccionadas en Asturias.

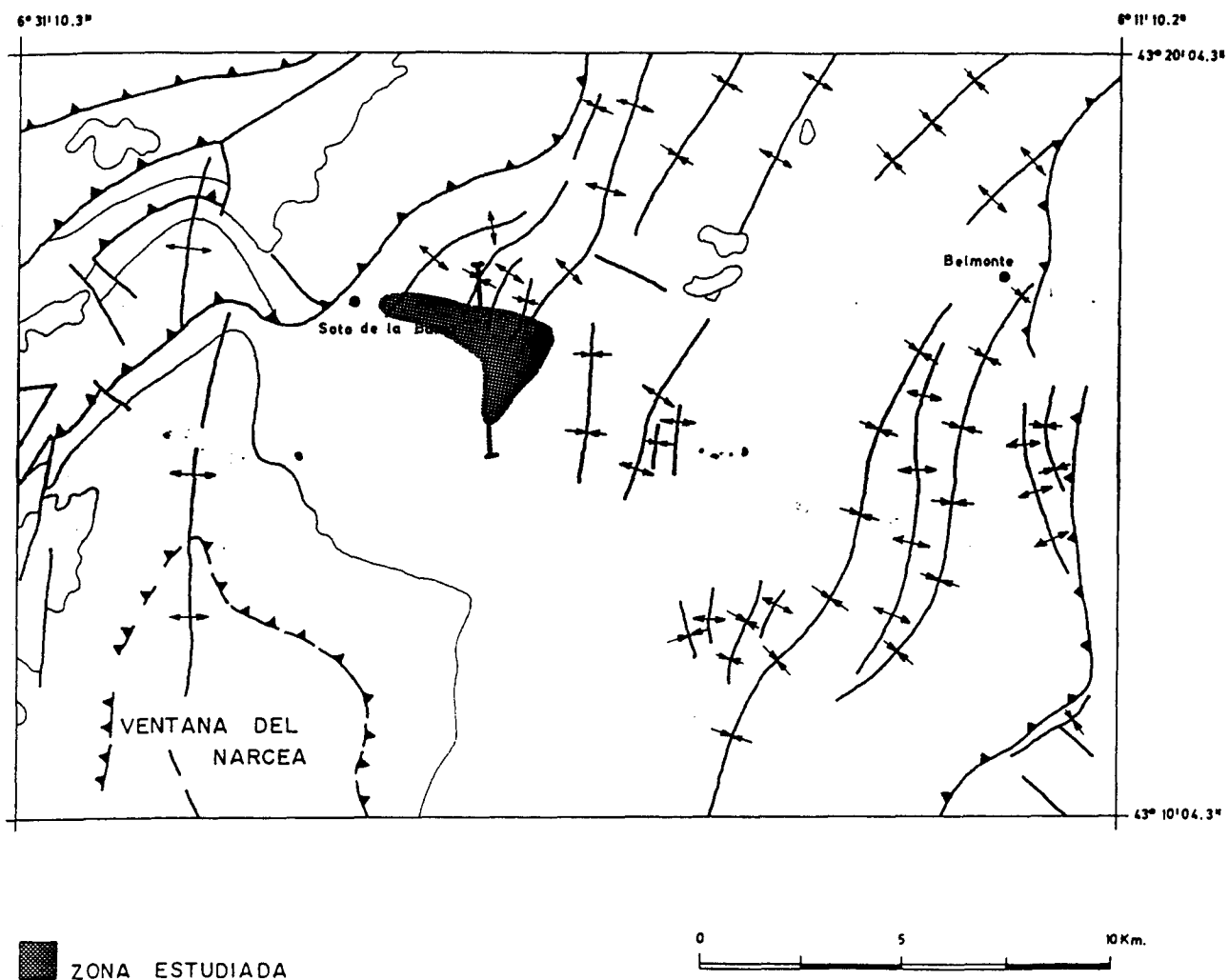


Fig. 12 Situación de la zona Soto de la Barca y ubicación del corte litológico.

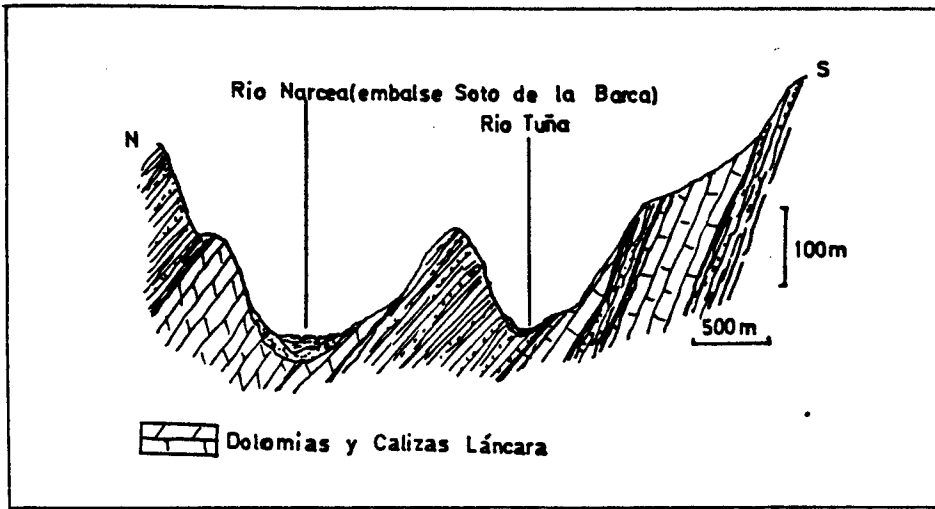
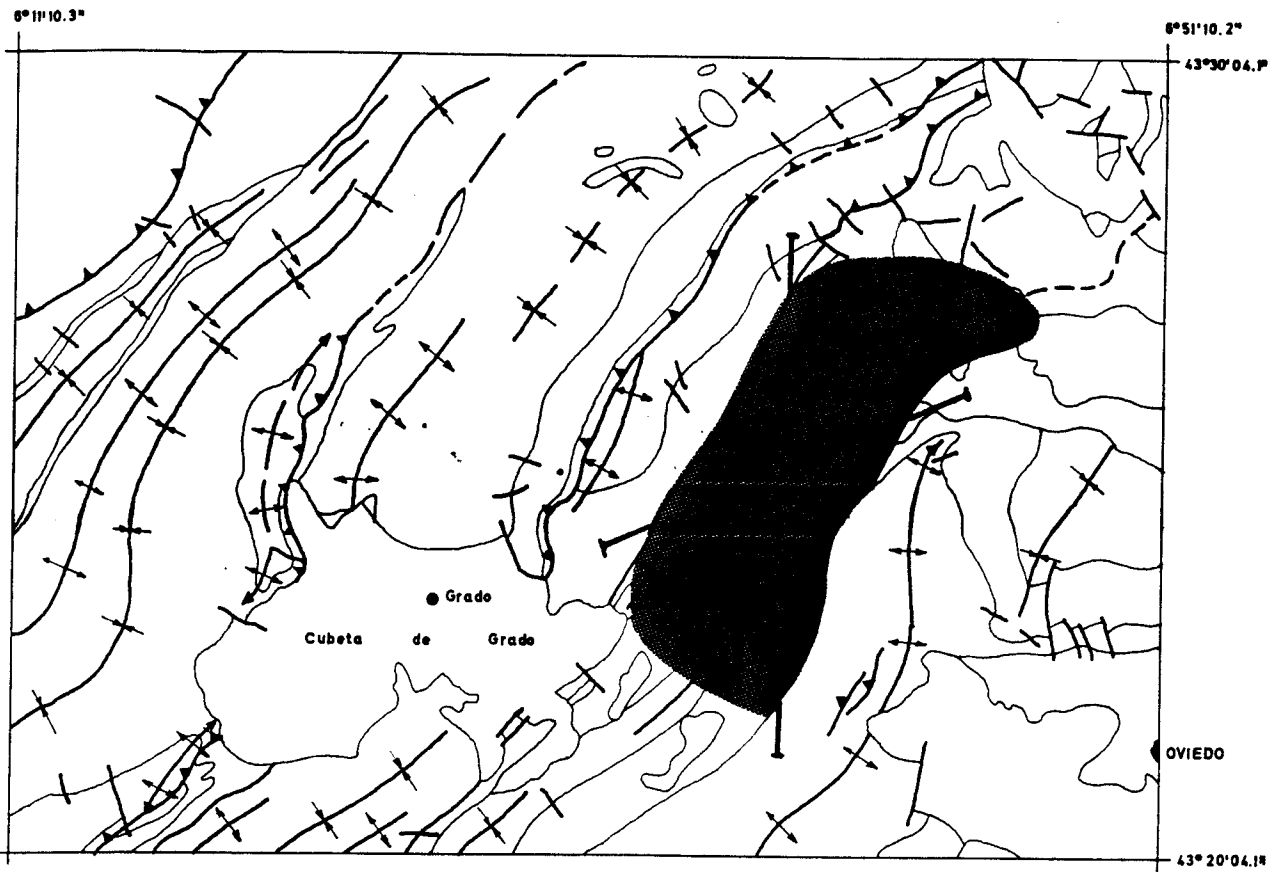


Figura 13. Corte litológico N-S de la zona.






**ZONA ESTUDIADA**

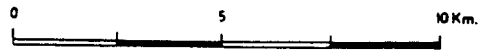


Fig. 14 Situación de la zona de Grado Fuego y ubicación de los cortes.

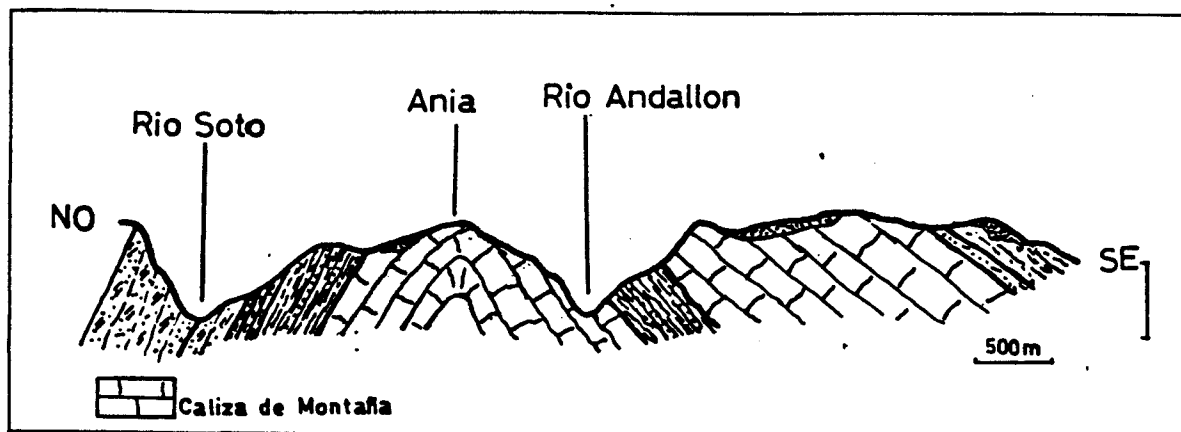


Figura 15. Corte litológico NO-SE de la zona

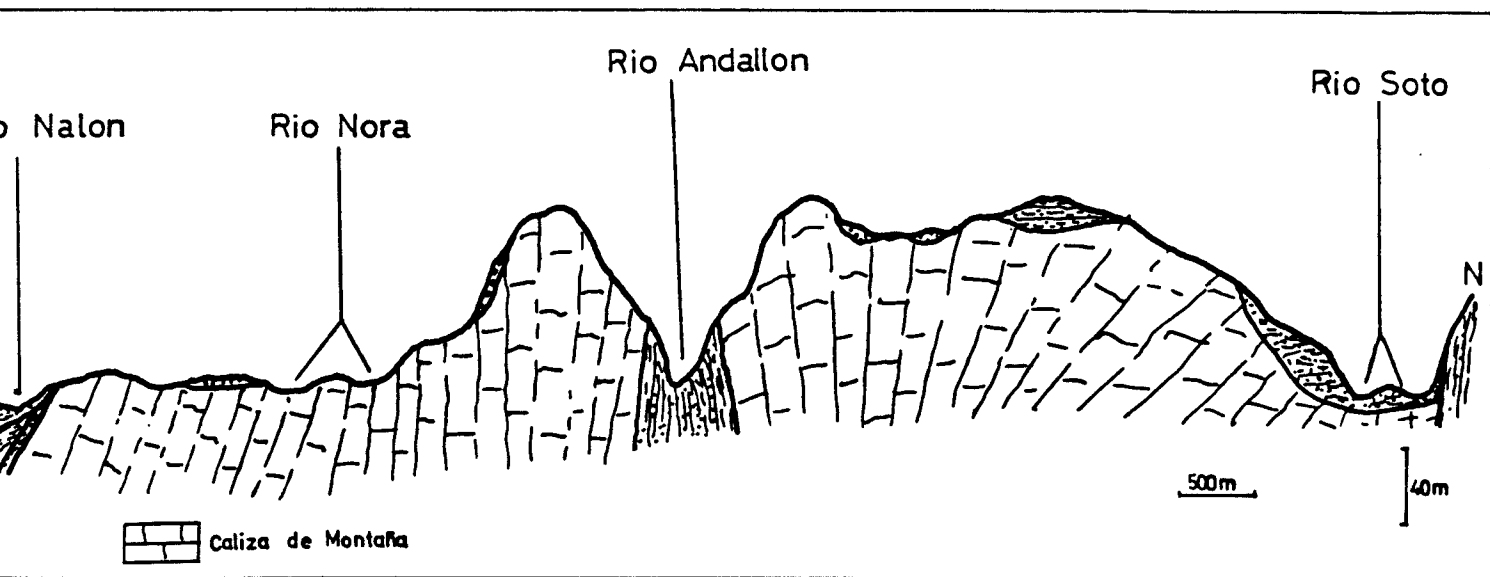


Figura 16. Corte litológico N-S de la zona

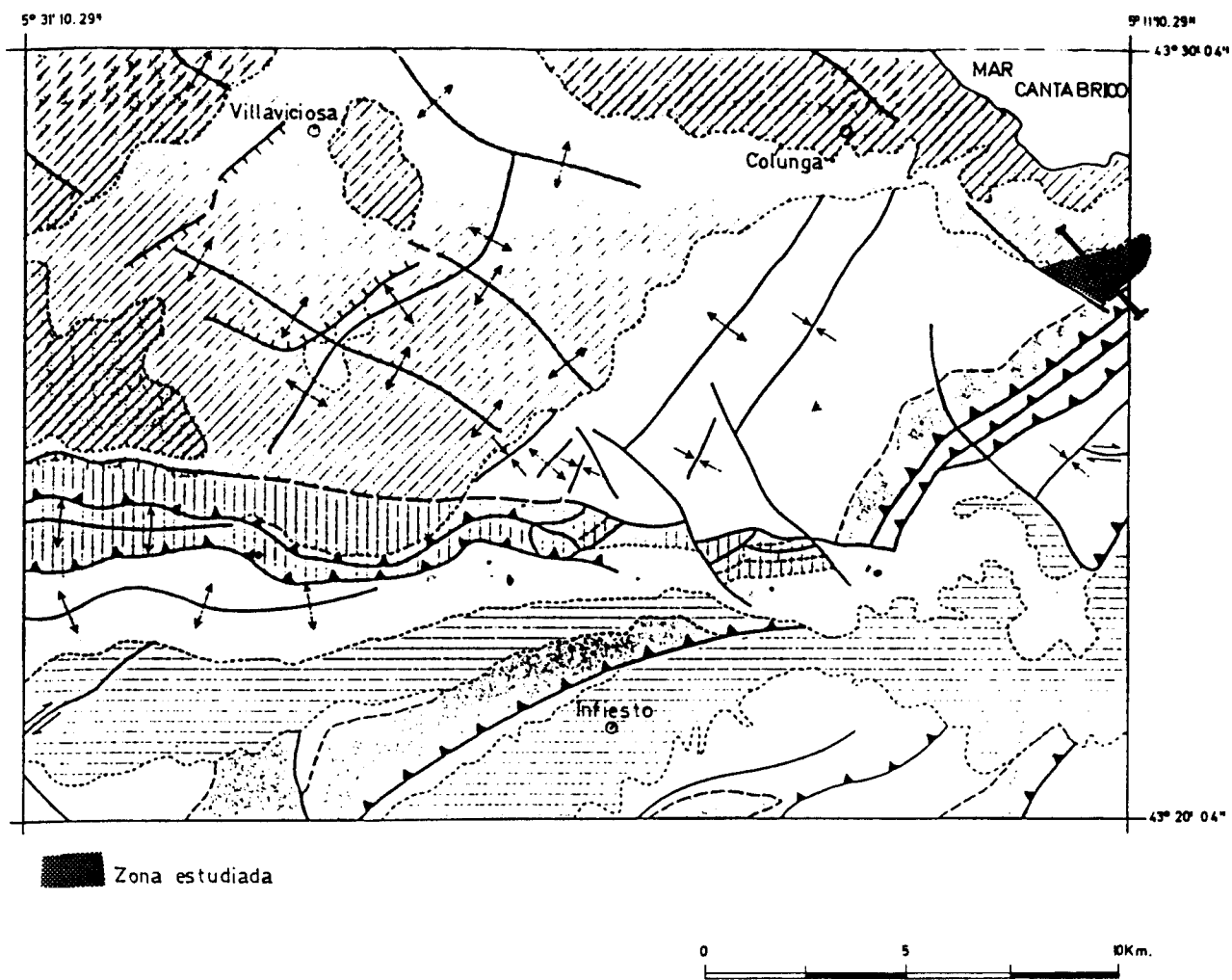


Fig. 17 Situación de la zona de Caravia y ubicación del corte.

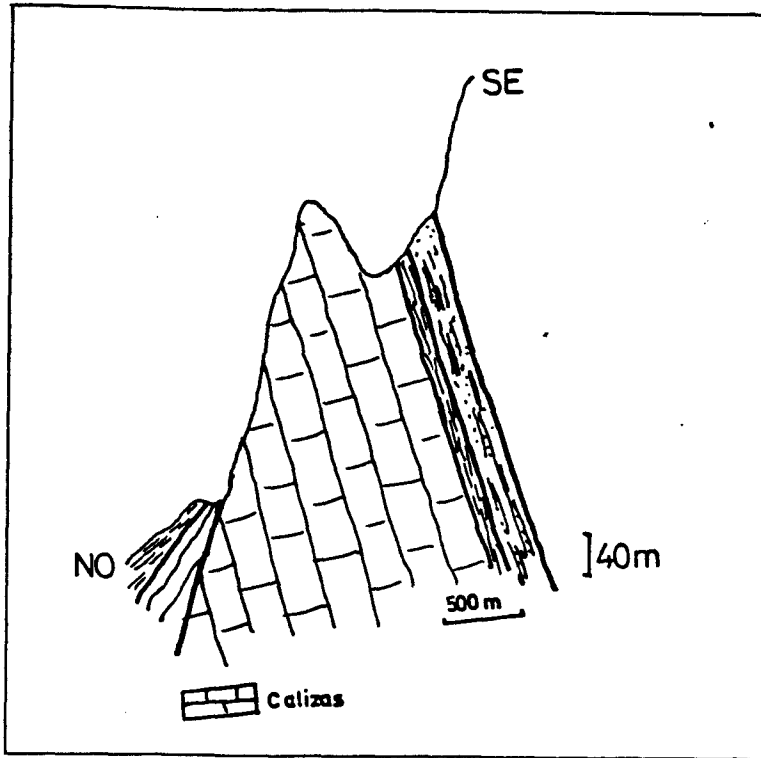


Figura 18. Corte litológico NO-SE de la zona

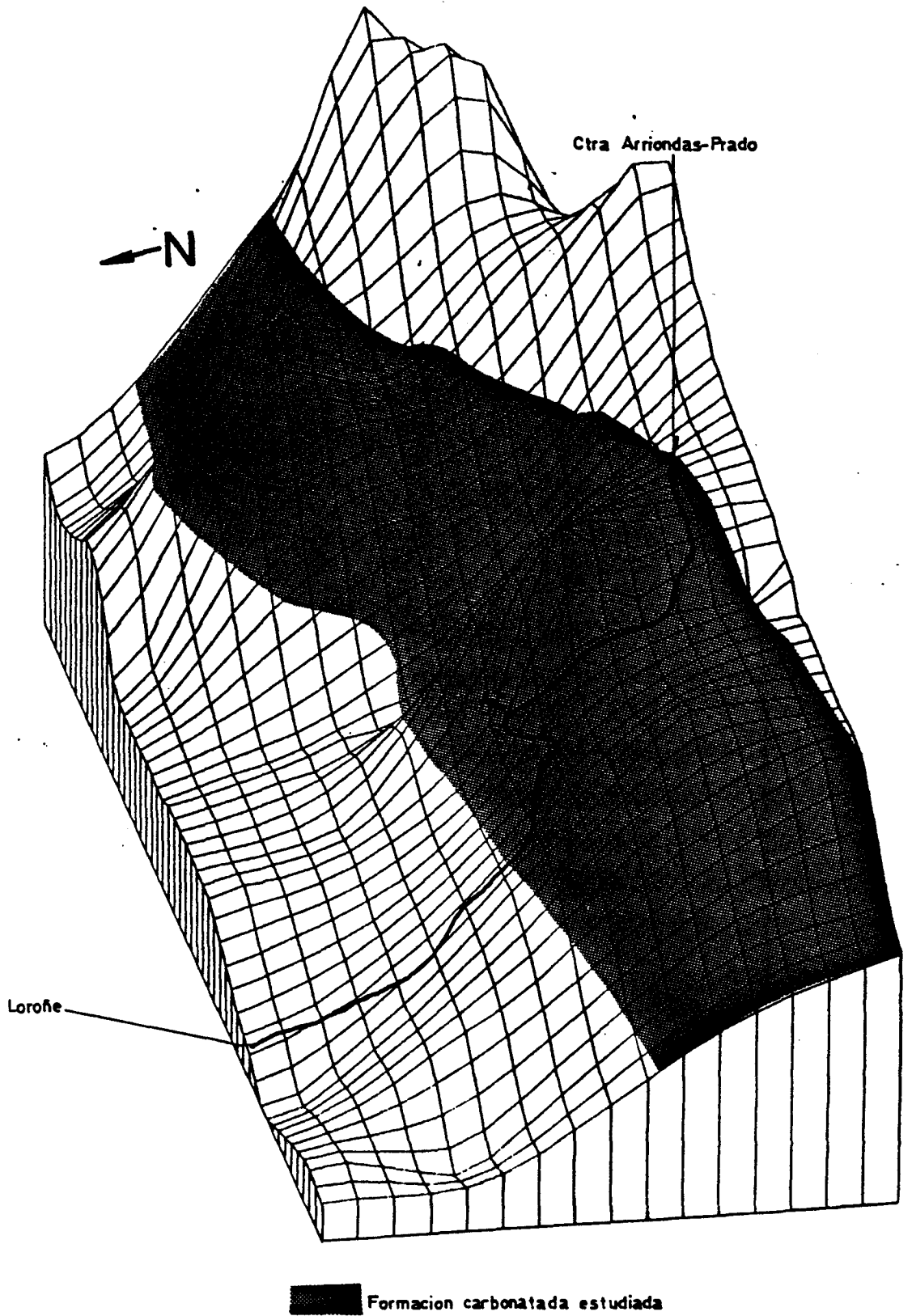


Figura 19. Bloque diagrama de la zona.

ñas cantidades, aunque actualmente se encuentran todos ellos abandonados.

Esta zona se ha seleccionada debido a su cercanía a centros industriales importantes, aunque por las características que presenta, no se muestra demasiado favorable, ya que al ser la aparición de dolomía muy irregular, el material carece de la necesaria homogeneidad, teniendo en cuenta también que las reservas no parecen ser importantes.

#### **- Otras Zonas**

Además de estas dos zonas, se han visitado otros indicios, de los cuales no se contaba con información previa, como son el de la zona situada al sur de Caravia en la subida al puerto del Fito y en el área del puerto de San Isidro.

En ambos casos se trata de dolomías secundarias, en forma de bolsadas incluidas en la caliza de montaña carbonífera.

La zona del puerto de S. Isidro, se ha descartado debido a la lejanía de zonas industriales y por las dificultades de acceso, teniendo en cuenta también las características de la dolomitización, que haría problemática una explotación continuada.

En la zona del puerto del Fito (fig. 17) existe una pequeña cantera dedicada a la obtención de áridos de trituración, en la cual se aprecia la irregularidad de la dolomitización.

La disposición de la formación estudiada se puede apreciar en las figs. 18 y 19.

A pesar de la irregular presencia de la dolomía se ha tenido en cuenta por su cercanía a áreas industriales, por su fácil acceso y fundamentalmente porque a pesar del heterogéneo enriquecimiento en Magnesio, si los resultados analíticos del material son favorables podría utilizarse adecuadamente en algún sector de consumo.

### **6.2.2. Caliza**

#### **- Zona del puerto del Rañadoiro**

Se halla situada en la parte SO de la comunidad, próxima al límite con la provincia de León, y se encuentra enclavada en la hoja 100 (Degaña) (fig.20).

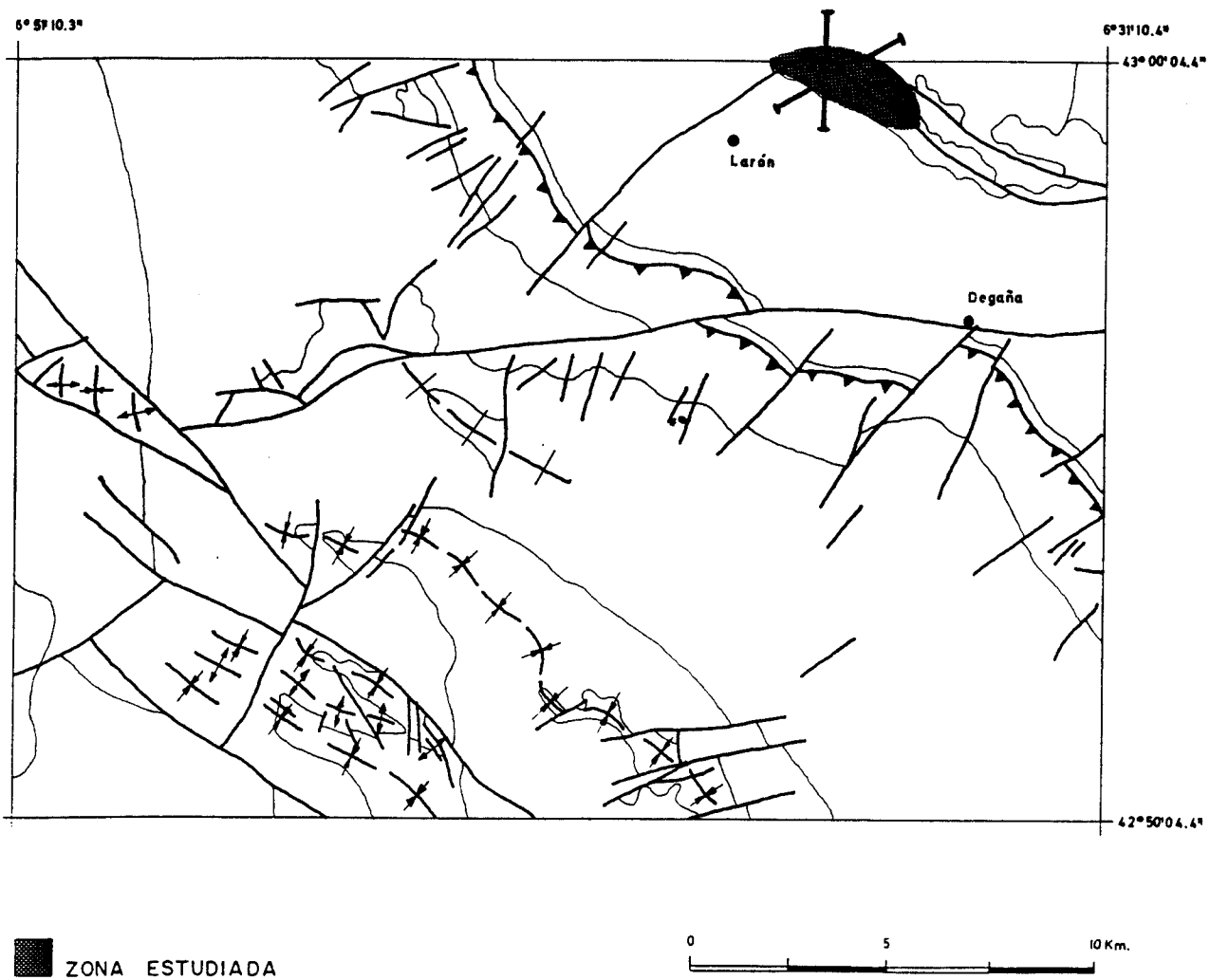


Fig. 20 Situación de la zona del Alto del Rañadoiro y ubicación de cortes.

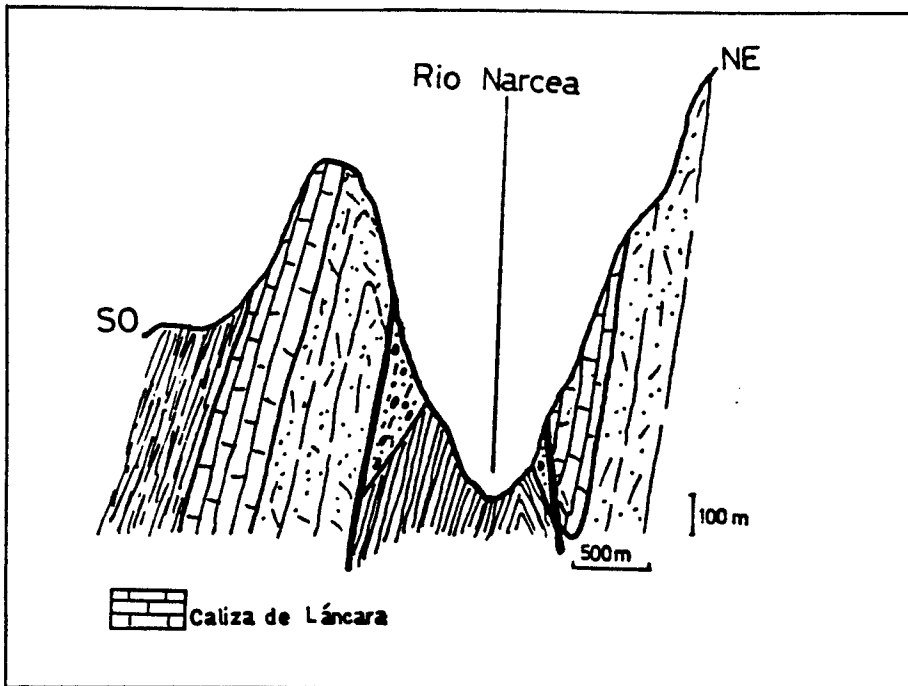


Figura 21. Corte litológico NE-SO de la zona estudiada

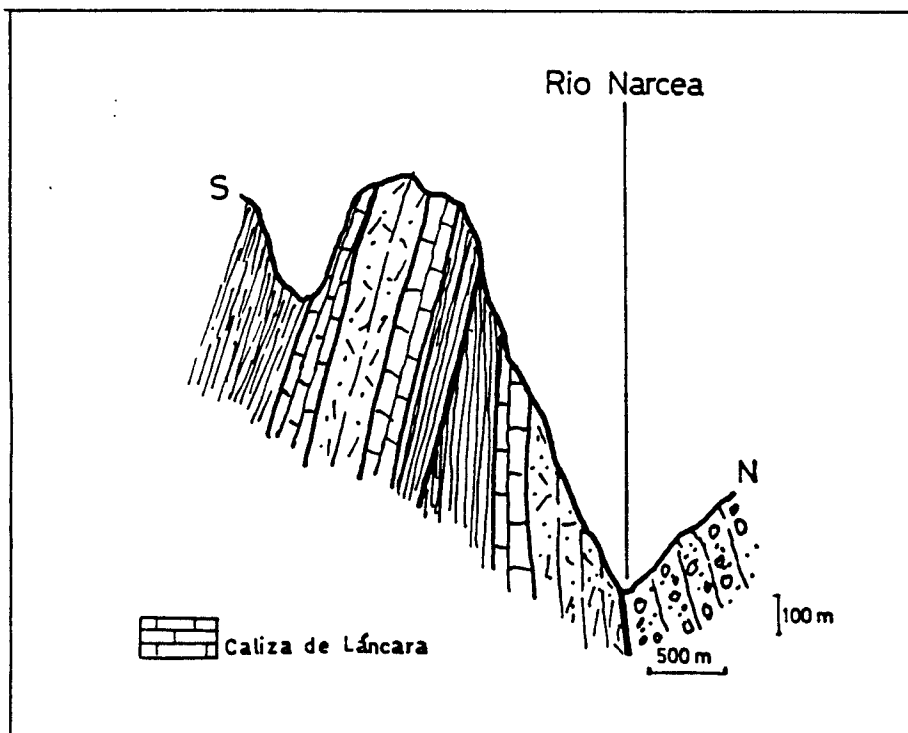


Figura 22. Corte litológico N-S de la zona.



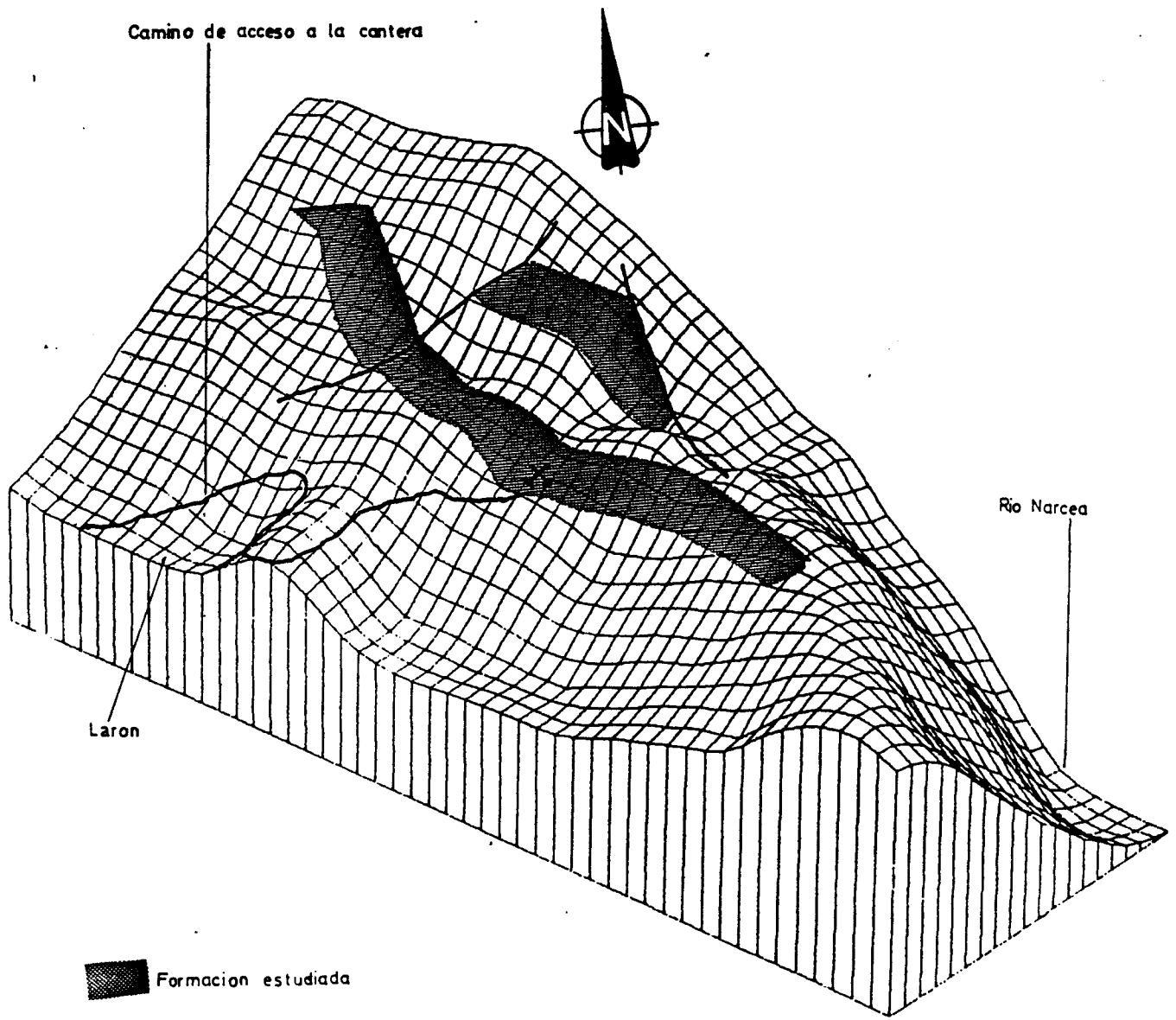


Figura 23. Bloque diagrama general de la zona.

Geológicamente se trata de la formación Vegadeo-Lancara, de edad Cámbrico, que en esta zona presenta la particularidad de aparecer metamorfizada, estando constituida por niveles de mármoles, tanto calcáreos como dolomíticos.

En general la estructura con que se presenta, no es demasiado favorable para una posible explotación, ya que los niveles son de escaso espesor y aproximadamente subverticales.

Sin embargo en algunos puntos la estructura da lugar a una mayor acumulación de materiales, lo que determina que existan importantes masas (figs. 21 y 22) fácilmente explotables.

Destaca a este respecto la vertiente Sur del puerto del Rañadoiro, (fig. 23) en la cual existe una antigua explotación de mármoles para ornamentación, abandonada debido a la fuerte tectonización que sufre el material.

A pesar de la lejanía a centros industriales y al acceso un tanto complicado, las características que se aprecian, hacen pensar en su posible utilización en sectores que requieran calidades especiales del material.

#### **- Zona de Cardes**

Se encuentra situada en la parte Sur de la hoja 30 (Villaviciosa), al SE de la localidad de Infiesto (fig. 24).

Se trata de una pequeña bolsada o dique de Calcita blanca recristalizada, que ha sido explotada como mármol, obteniéndose pequeños bloques para la elaboración de manufacturados, pero abandonada hace tiempo debido a la escasa dureza del material y a la dificultad de extracción de bloques de tamaños adecuados.

Aparece incluido en la caliza de montaña, pudiendo apreciarse la estructura y disposición del material en las figs. 25 y 26, habiendo sido seleccionada a pesar de que el recubrimiento es muy abundante y no es posible definir la continuidad ni el tamaño de la masa, por las características especiales del material, que podría ser utilizado en algún sector que requiera una calidad específica.

#### **- Zona de Cazo**

Se halla situada entre las hojas 54 (Rioseco) y 55 (Beleño), al SO de la localidad de Cangas de Onis, en un área de orografía complicada, aunque con accesos mas o menos adecuados (fig. 27).

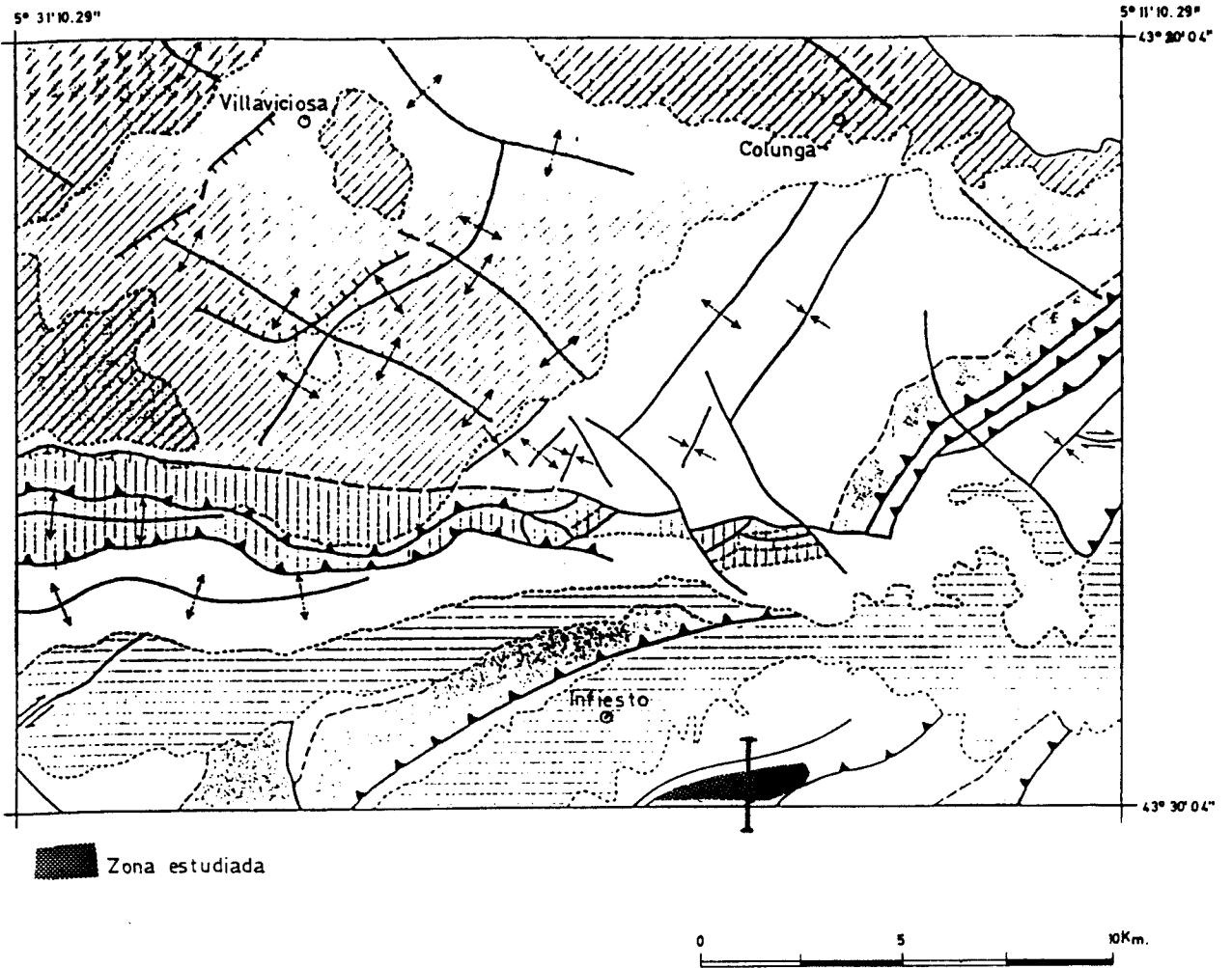


Fig. 24 Situación zona de Cardes y ubicación del corte litológico.

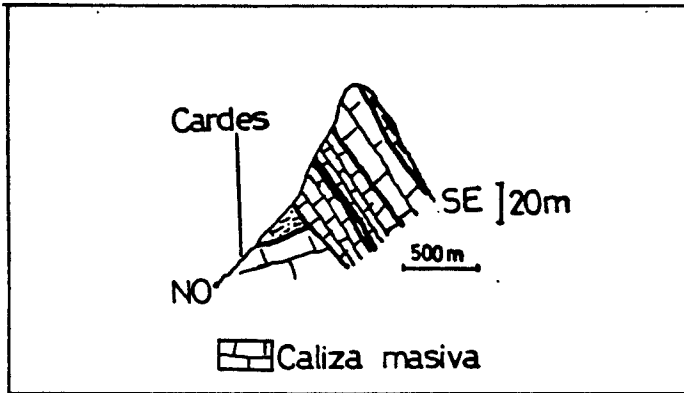


Figura 25. Corte esquemático NO-SE de la zona.

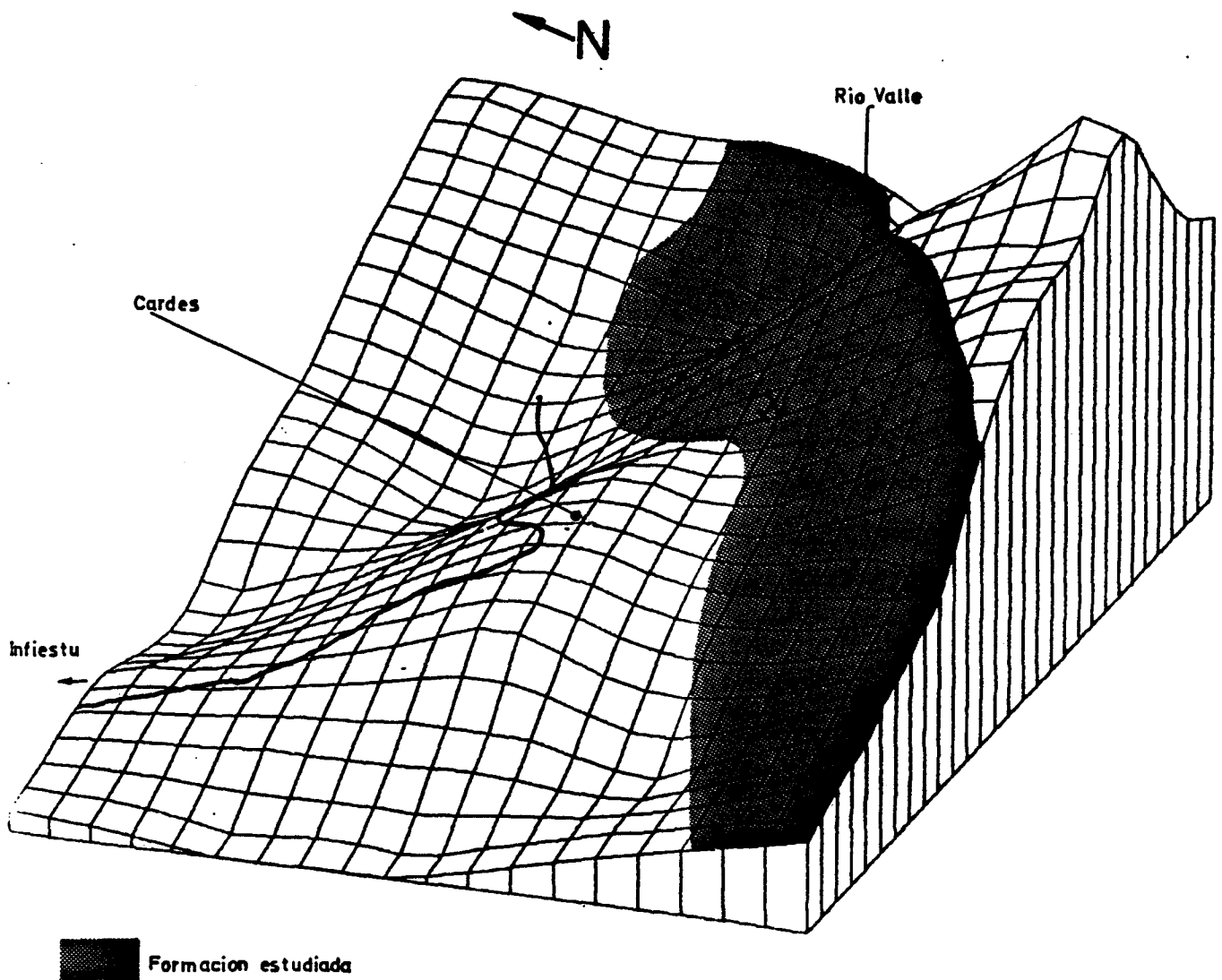


Figura 26. Bloque diagrama general de la zona estudiada.

Se trata de la formación caliza de la Escalada, de edad Carbonífero, que aparece en grandes acumulaciones y por tanto sin problemas de reservas y previsiblemente de homogeneidad del material, ya que se trata de una formación monótona de calizas grises a crema, con algunas intercalaciones margosas sin relevancia. La disposición y estructura de los materiales de esta zona se recogen en la figs. 28 y 29.

Se ha seleccionado teniendo en cuenta una serie de circunstancias, como son las enormes reservas, accesos admisibles, facilidad de extracción y el no existir núcleos urbanos importantes cercano con lo cual el impacto ambiental es mínimo y además por la previsible homogeneidad del material que permitiría probablemente su utilización en varios sectores de consumo.

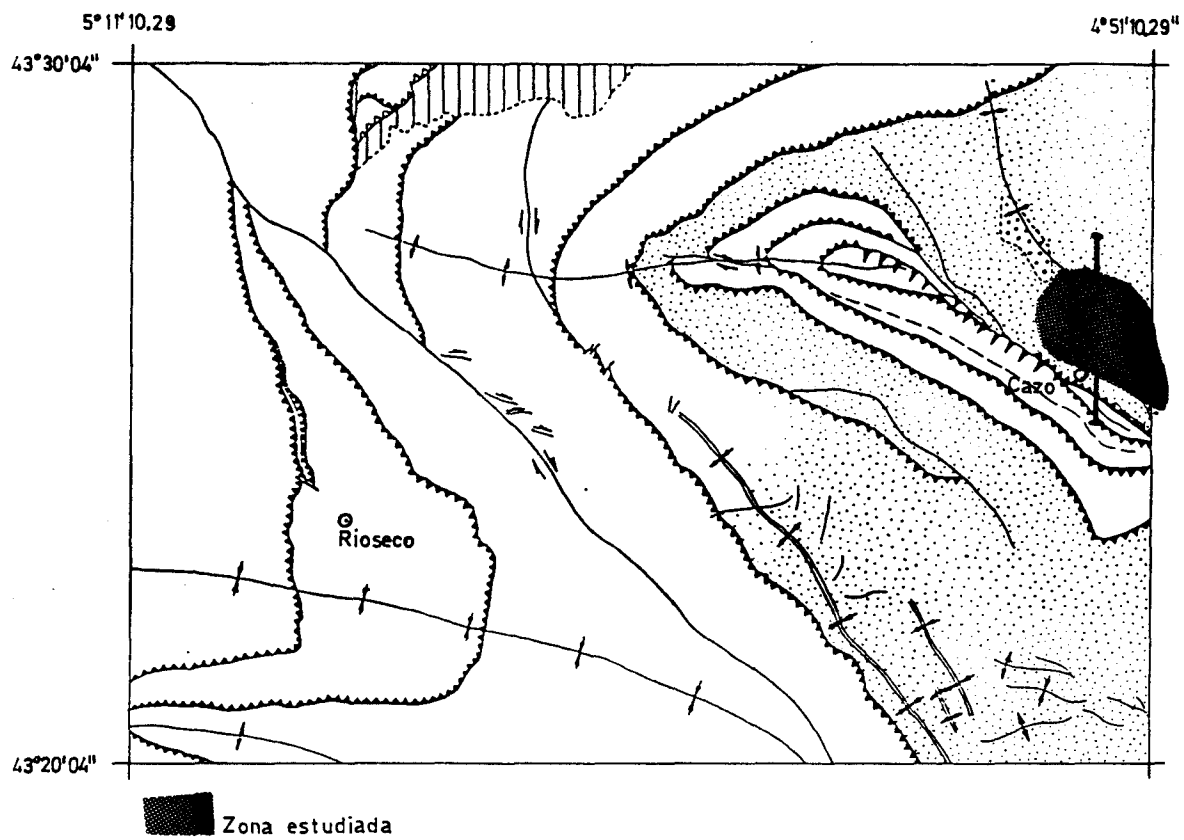


Fig. 27 Situación zona de Cazo y ubicación del corte litológico.

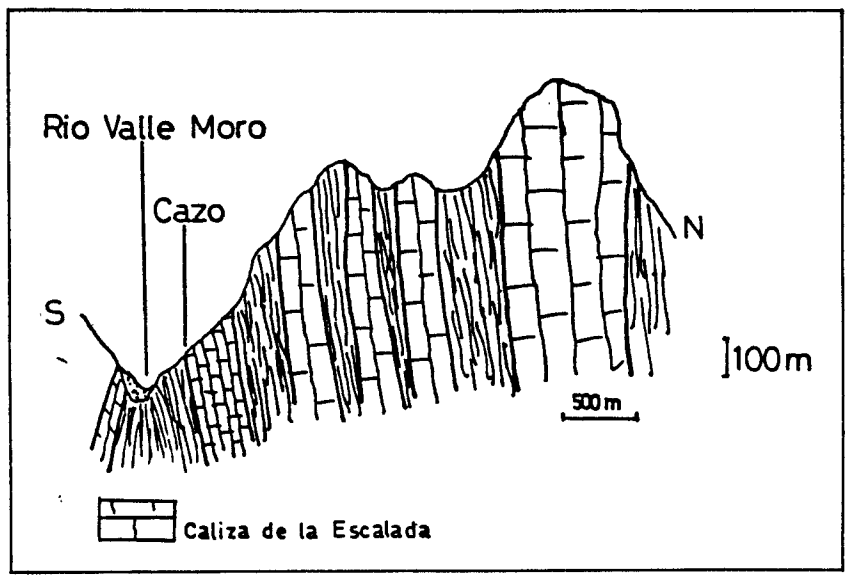


Figura 28. Corte litológico N-S de la zona.



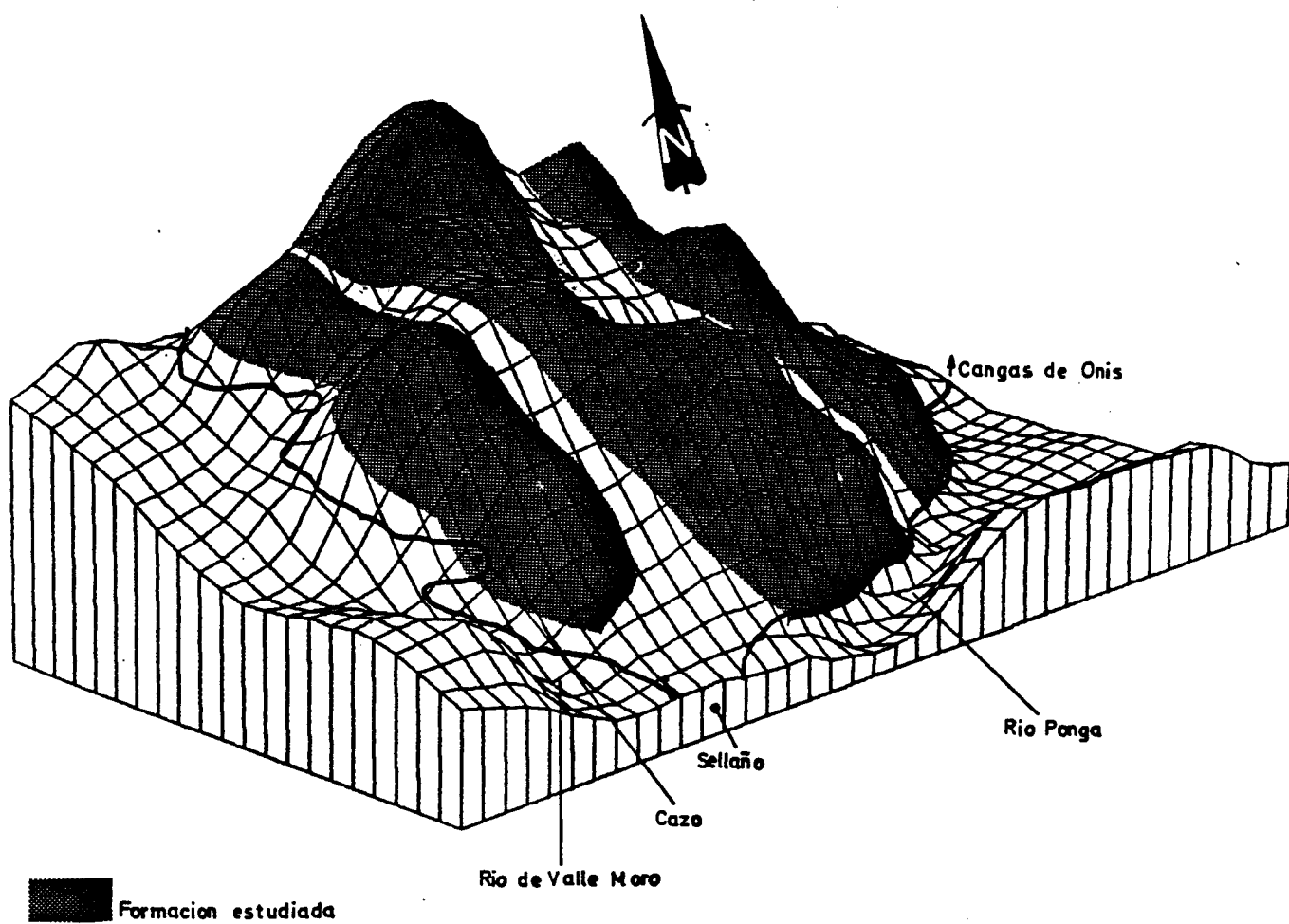


Figura 29. Bloque diagrama general.

### **6.3. Cantabria**

Para las zonas seleccionadas en esta Comunidad se han seguido los mismos criterios que en los otros casos, teniendo en cuenta que la enorme abundancia de calizas ha determinado la búsqueda de calidades específicas y de masas con condiciones adecuadas en cuanto a reservas y cercanía a centros industriales.

Respecto a las dolomías, en este caso han sido prospectadas y explotadas exhaustivamente, fundamentalmente en la parte Este de la Comunidad, en donde actualmente existen varias explotaciones.

Las zonas seleccionadas se encuentran representadas en la fig. 30 y son las siguientes:

#### **6.3.1. Dolomía**

##### **- Zona de Comillas-Oreña**

Se encuentra situada entre las hojas 33 (Comillas) y 34 (Torrelavega) (fig. 31).

Es una formación calcárea del Cretácico Inferior, mas concretamente del Gargariense, en la cual se han producido dolomitizaciones irregulares, fundamentalmente asociadas a fallas (figs. 32 y 33).

Es la misma formación en la cual arman las menas metálicas de la explotación de Reocín. También en esta zona existen mineralizaciones dispersas asociadas a las dolomías, que se han extraído en varios puntos de forma artesanal.

Como consecuencia de esta característica de estar asociadas a mineralizaciones metálicas, las perspectivas no se presentan muy favorables, ya que la existencia de óxidos y sulfuros dispersos en la dolomía es muy patente y por tanto imposibilitaría su utilización en sectores con especificaciones estrictas.

Otro inconveniente es la irregularidad de la dolomitización, con lo cual las masas potencialmente explotables, presentan la problemática de la continuidad y homogeneidad.

##### **- Zona de Solares**

Se sitúa en la hoja 35 (Santander), y se trata de una pequeña zona ubicada al Este de la localidad de Solares (fig. 34).

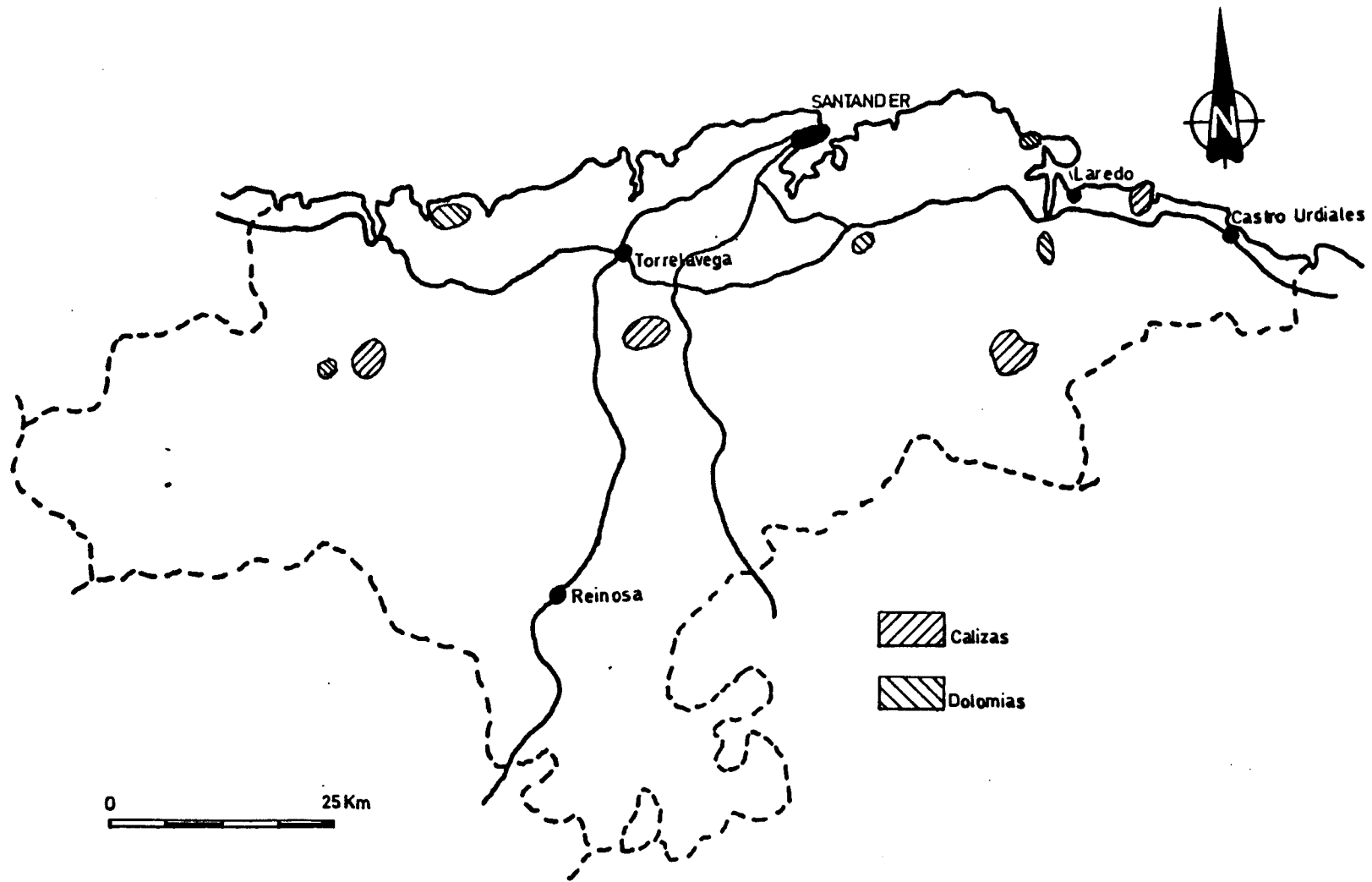


Figura 30. Ubicación de las zonas seleccionadas en Cantabria.

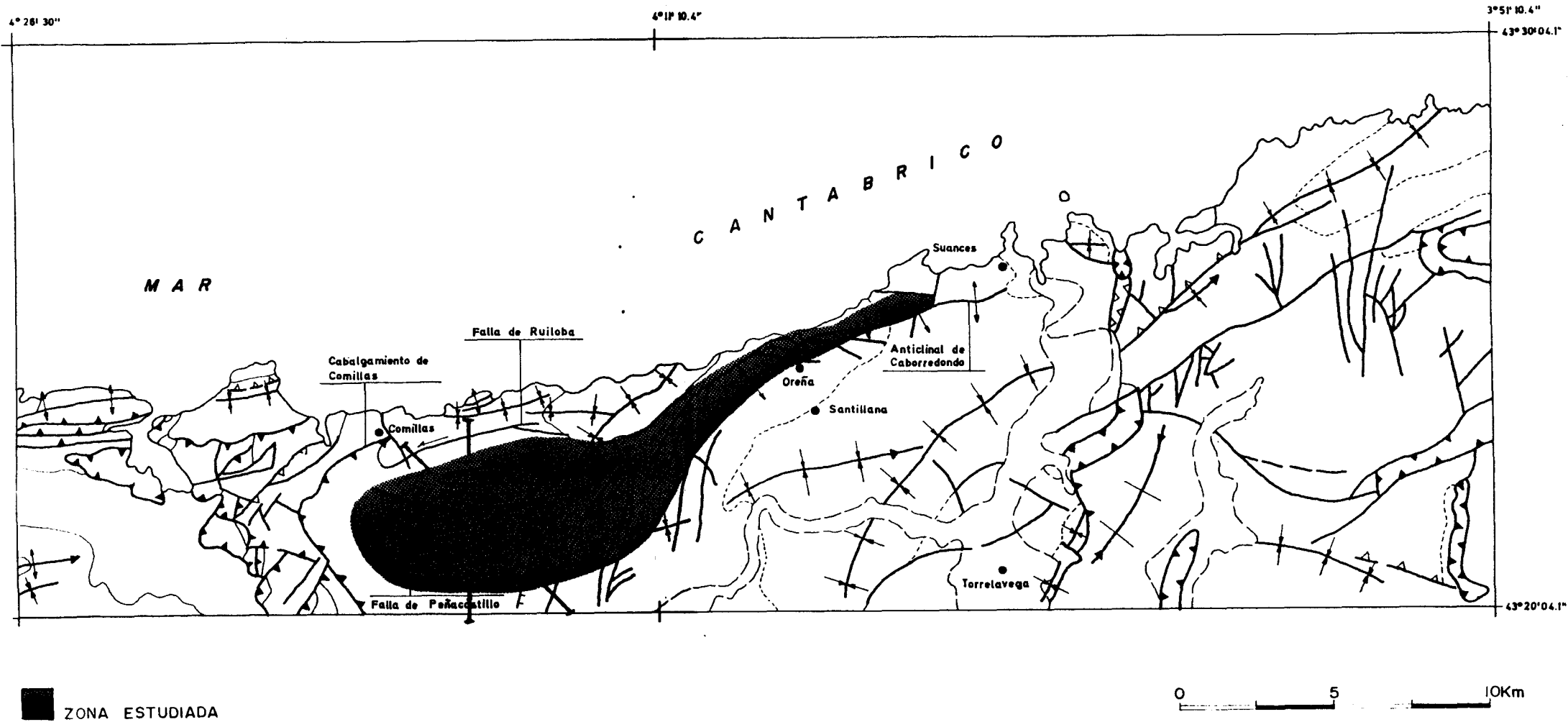


Fig. 31 Situación de la zona de Comillas-Oreña y ubicación de cortes.

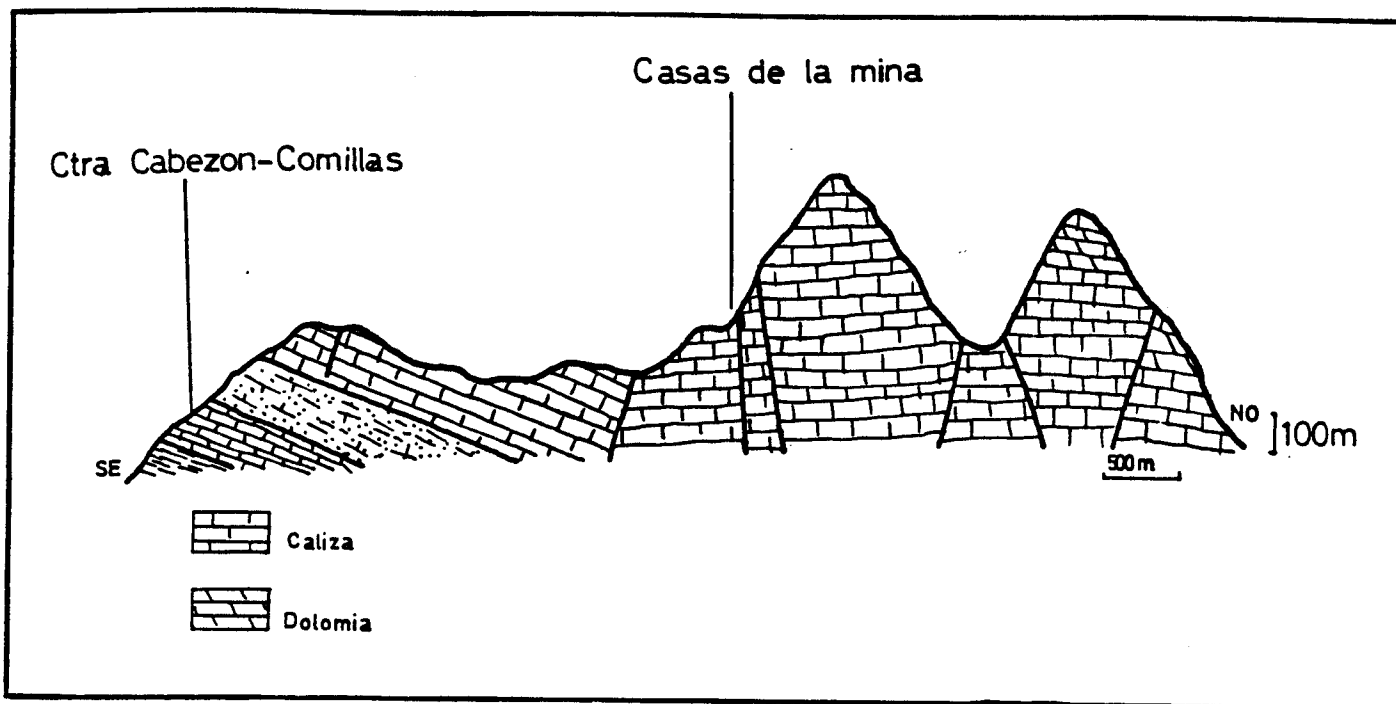


Figura 32. Corte litológico NO-SE de la zona.

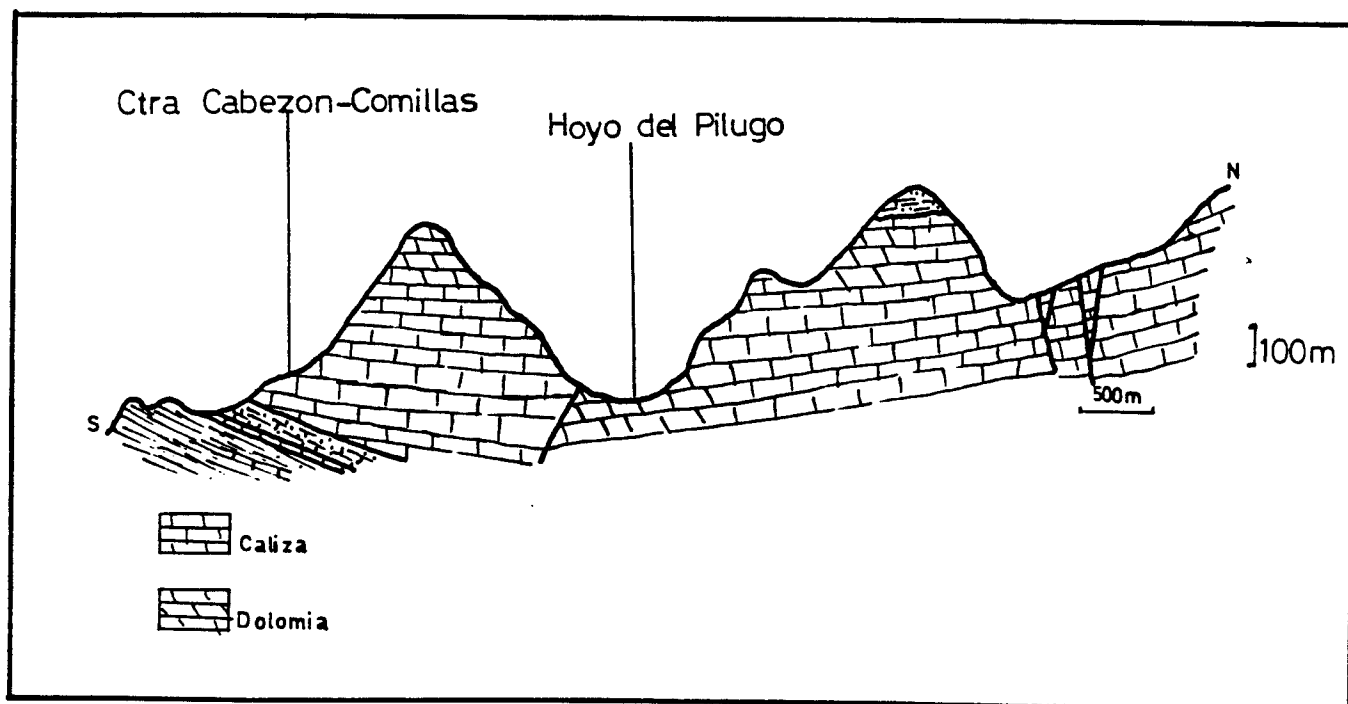


Figura 33. Corte litológico N-S.

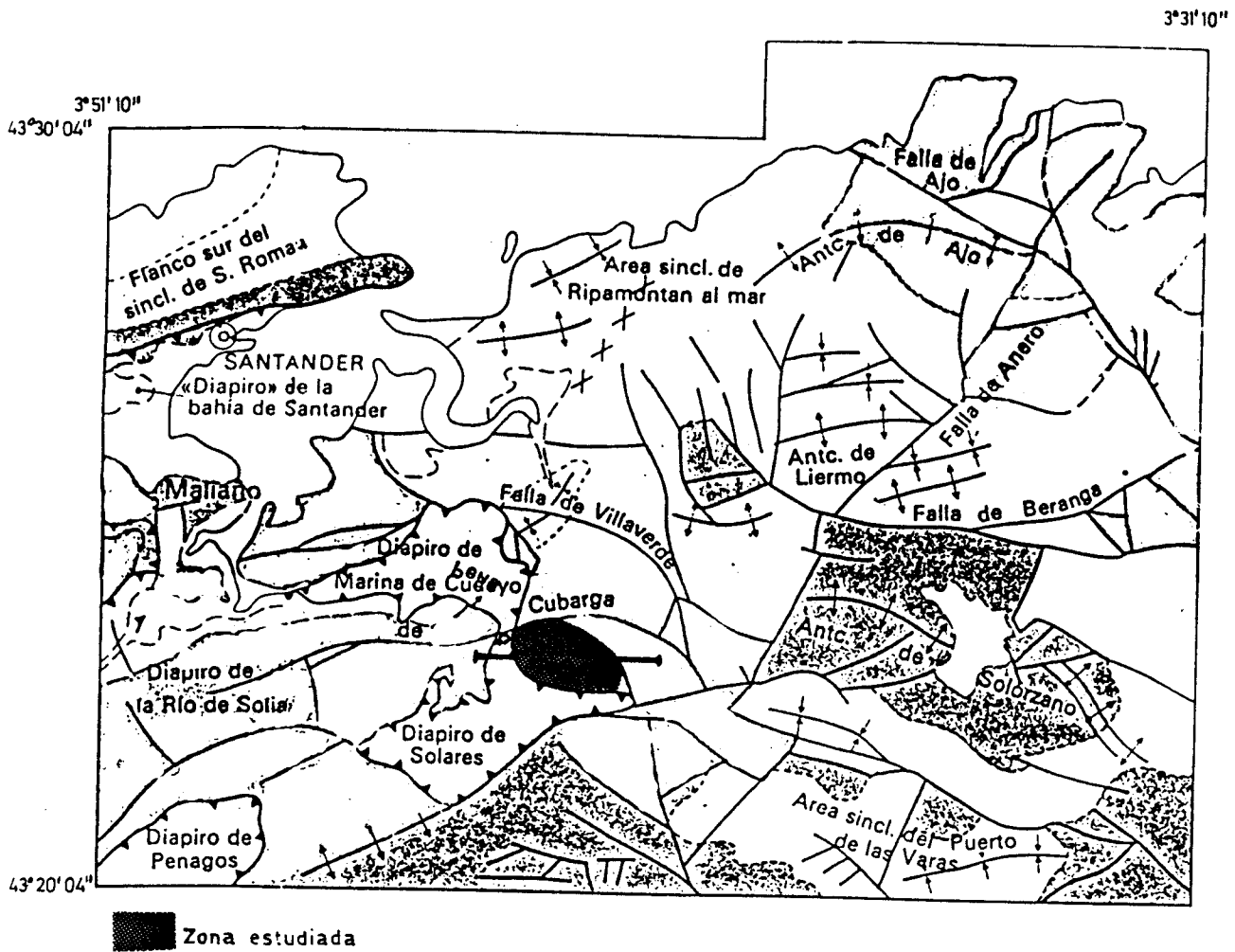


Fig. 34 Situación de la zona de Solares y ubicación del corte.

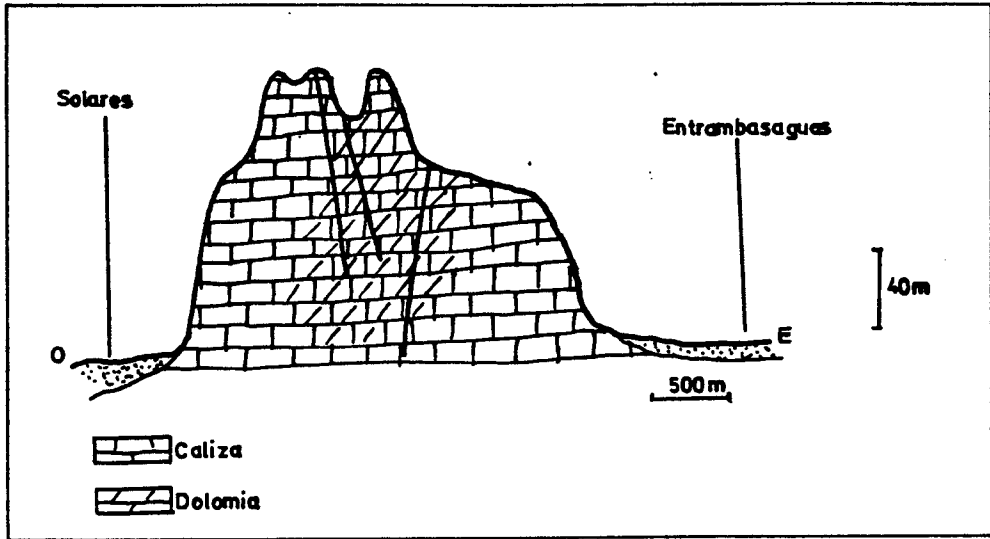


Figura 35. Corte litológico E-O de la zona.

Geológicamente es la misma formación, de edad Gargariense, que la zona anterior, aunque en este caso no se han apreciado mineralizaciones asociadas a la dolomía. Esta constituida por calizas fosilíferas de color crema, en las que se han producido dolomitizaciones irregulares, fundamentalmente asociadas a fracturas (fig. 35).

A pesar de la irregular aparición de la dolomía, se podría intentar una explotación simultánea o conjunta de ambos tipos de materiales, caliza y dolomía, con lo que se podrían obtener diversas calidades de material.

Otra característica muy favorable de esta zona es su estratégica situación, muy próxima a centros industriales y prácticamente ubicada en la carretera N-634 Oviedo-Bilbao, junto a unas reservas visibles importantes.

#### **- Zona de Monte Brusco**

Se encuentra situada en la hoja 36 (Castro-Urdiales), en las proximidades de la playa de Berria (fig. 36).

Es una pequeña zona que abarca la extensión del monte Brusco, cuya morfología general se puede observar en la fig. 38, siendo los materiales que en él aparecen de edad Cretácico medio-superior.

Pertenece a la formación arrecifal denominada “complejo Urgoniano” constituido por calizas de naturaleza arrecifal, que han sufrido dolomitizaciones secundarias, por percolación de aguas a favor de fracturas. Se localizan estas dolomitizaciones en la parte Este del monte (fig. 37).

Esta zona, así como la situada más al Sur, en Bueras, han sido profusamente investigadas por la compañía que explota la cantera de Monte Hano, en la bahía de Santoña, por lo que se ha contado con un buen número de datos y análisis amablemente cedidos por la citada empresa.

#### **- Zona de Puentenansa**

Esta zona se sitúa en la hoja 57 (Cabezón de la Sal), al Oeste de la localidad de Puentenansa (fig. 39).

Se trata de una formación del Jurásico, constituida por una serie estratigráfica en la que se encuentran interestratificadas calizas margosas, calizas y dolomías en pequeños niveles (fig. 40).



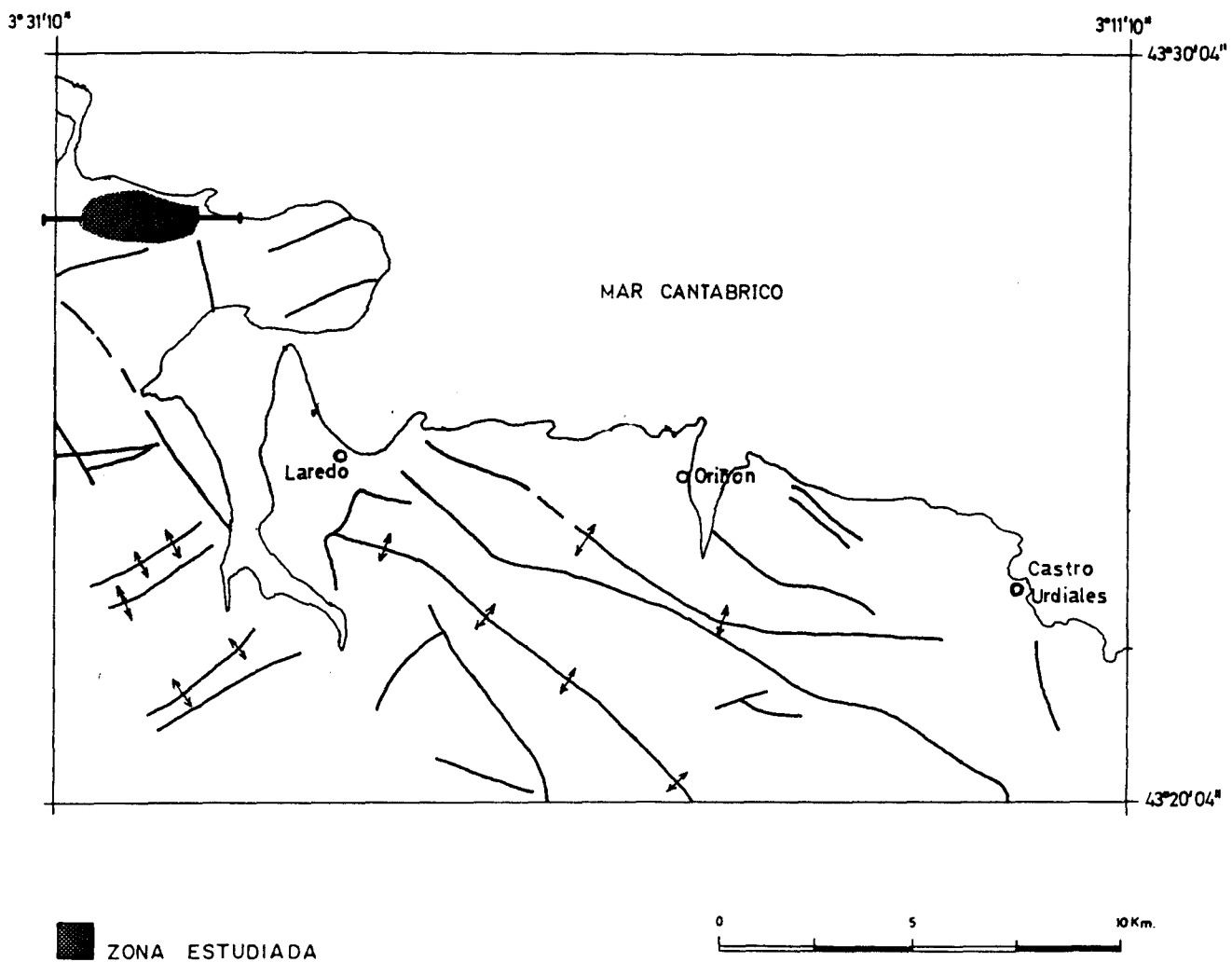


Fig. 36 Situación de Monte Brusco y ubicación del corte.

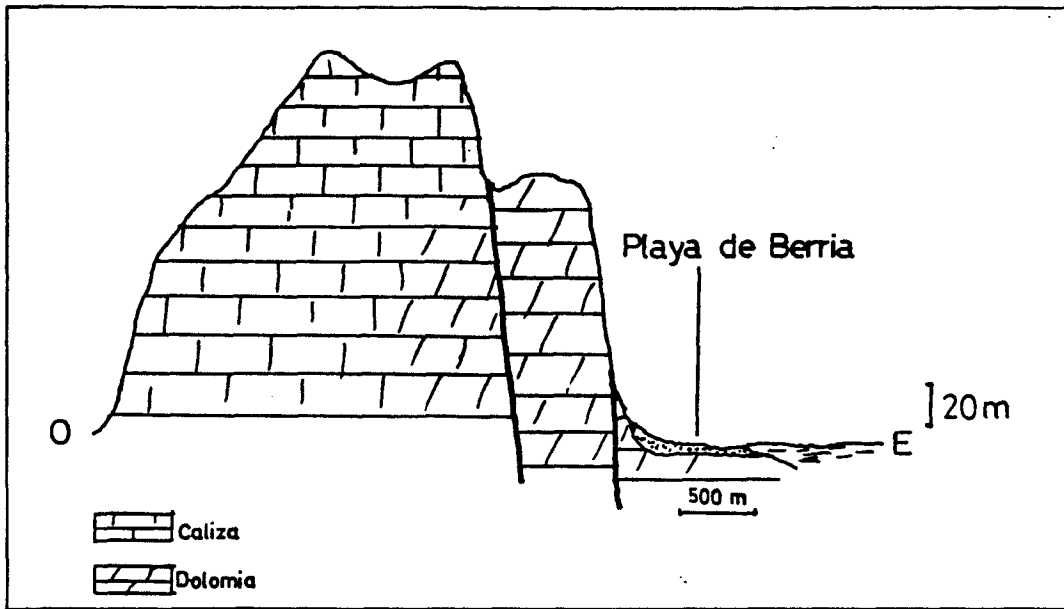


Figura 37. Corte litológico E-O de la zona.

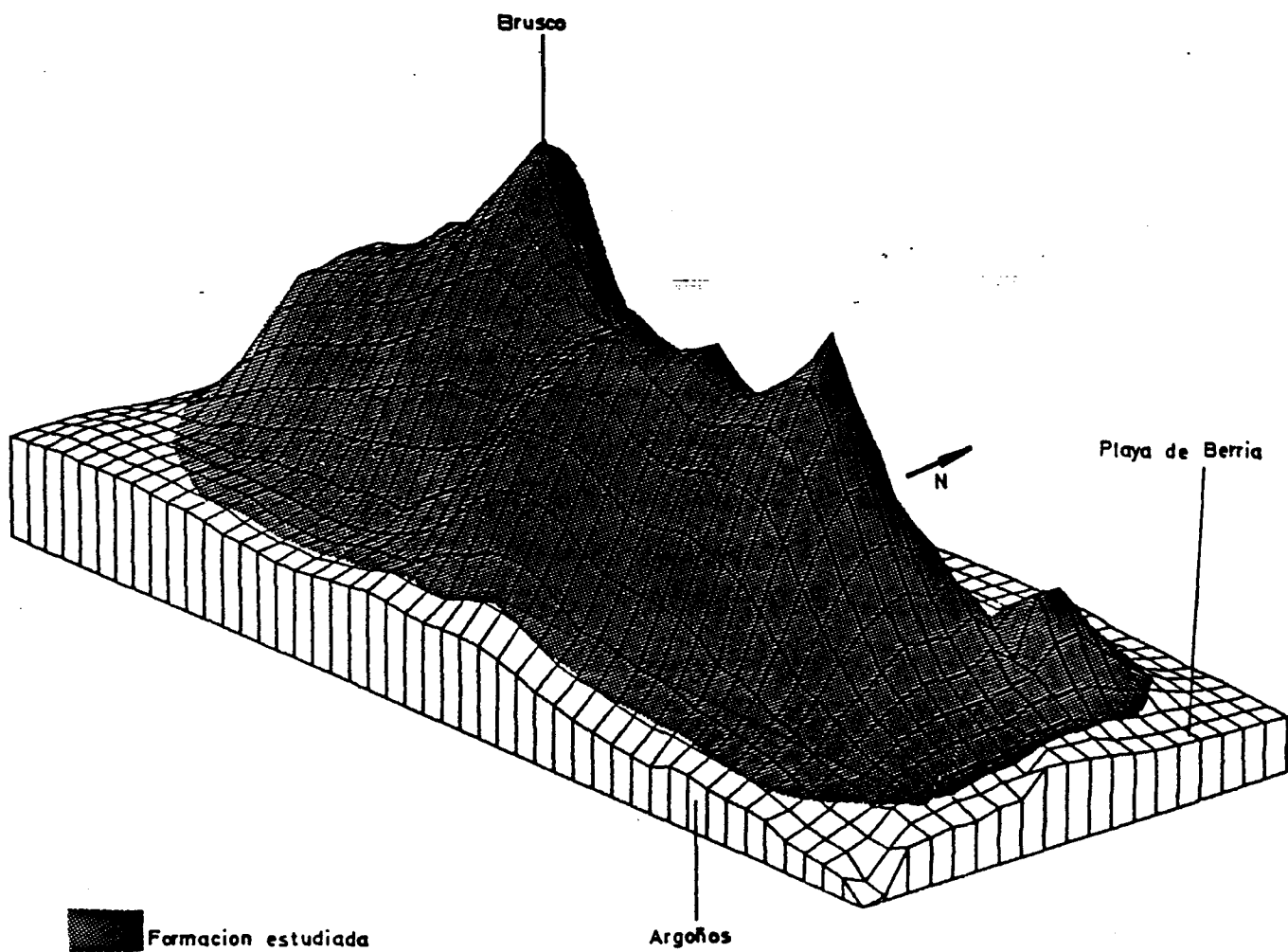
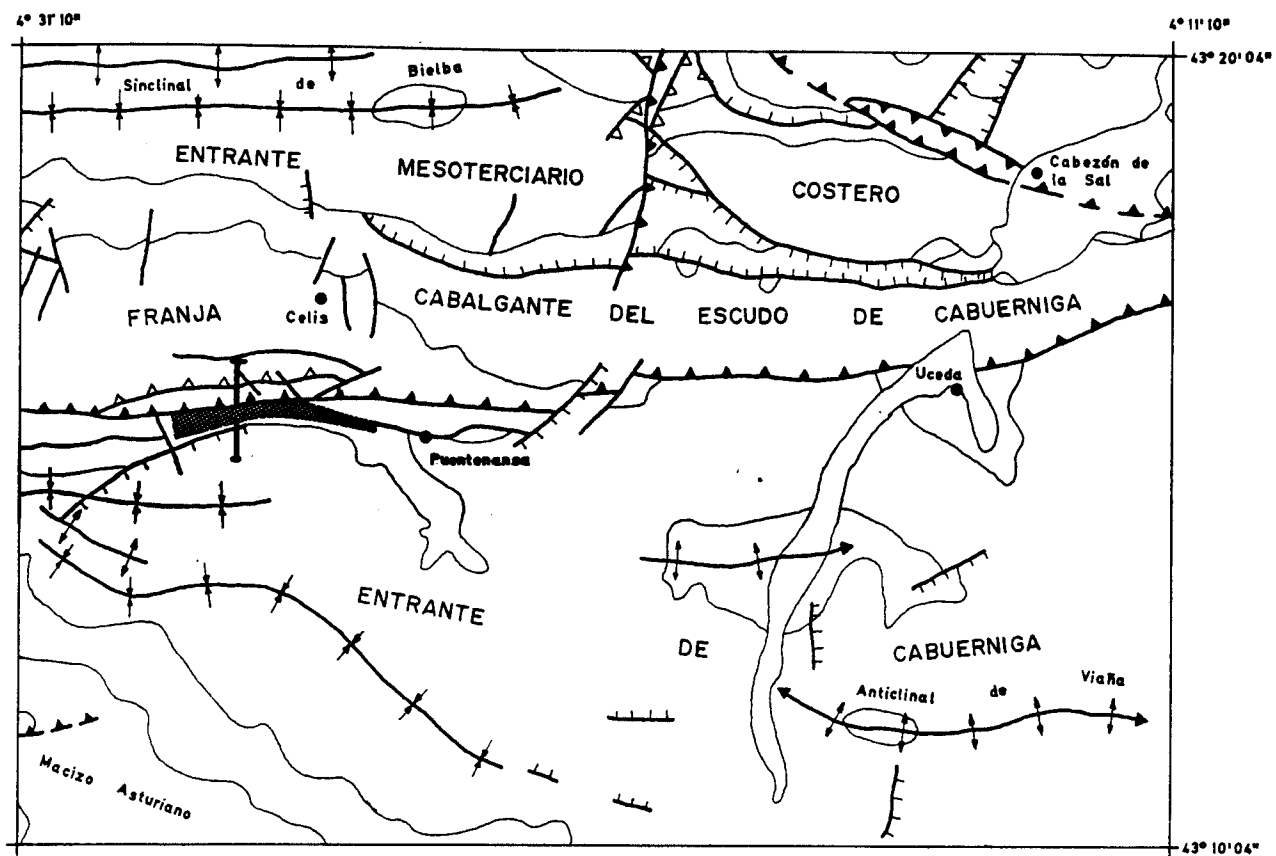


Figura 38. Bloque diagrama general de la zona.



■ ZONA ESTUDIADA

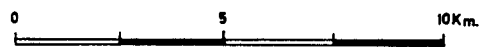


Fig. 39 Situación de la zona de Puentemansa y ubicación del corte.

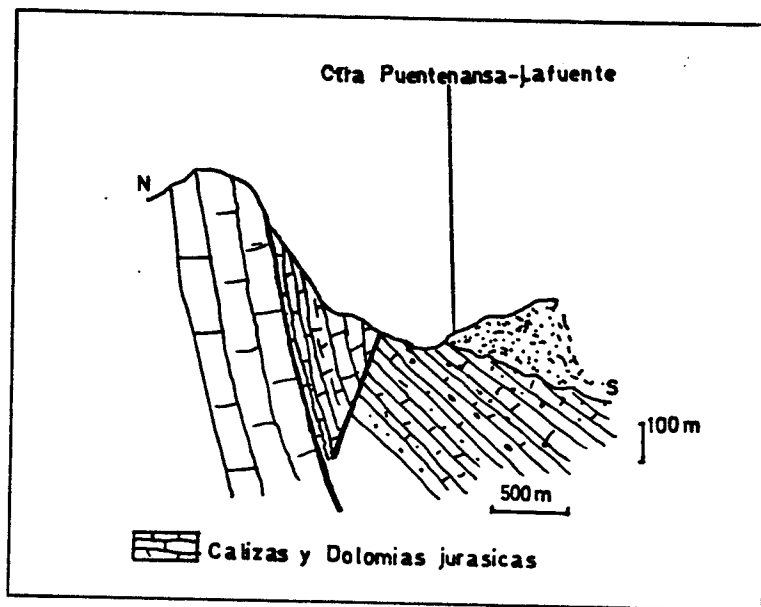


Figura 40. Corte general N-S de la zona.

Las perspectivas no son demasiado favorables, debido a las escasas reservas que se aprecian y a la complicada situación estratigráfica y orográfica que presenta, lo que unido a la cobertera abundante haría difícil una posible explotación.

#### **- Zona de Bueras**

Se halla enclavada en la hoja 36 (Castro Urdiales), en su parte centro-sur y engloba la Sierra de Breñas, localizándose la aldea de Bueras en su parte Oeste (fig. 41).

Los materiales que la constituyen son calizas de naturaleza arrecifal, correspondientes al complejo "Urgoniano" y de edad Aptense-Albense. Estas masas calcáreas han sufrido una dolomitización por circulación de aguas cargadas de Magnesio, fundamentalmente aprovechando la red de fracturas y diaclasas (fig. 42).

Sobre esta zona se ha desarrollado una intensa investigación para minerales metálicos, que ha dado lugar a la localización de una importante masa de dolomías, que son ya explotadas por la empresa Monte Hano S.A., y que amablemente ha cedido los datos analíticos que se recogen en el apartado correspondiente.

#### **6.3.2. Calizas**

##### **- Zona de Celis**

Se encuentra situada en la hoja 57 (Cabezón de la Sal), en los alrededores de la cerrada del pantano de la Palomera y próxima a la localidad de Celis (fig.43).

Se trata de la formación del Carbonífero "caliza de Montaña" que en esta zona se presenta en facies Valdeteja, constituida por calizas masivas de color crema a blanco y de grano fino (0.1 a 0.8 mm), aunque con recristalizaciones frecuentes.

La estructura de la que forma parte esta formación es la de la franja cabalgante del escudo de Cabuérniga, pudiendo observarse la disposición de los materiales en las figs. 44 y 45, mientras que la morfología general de la zona se refleja en la fig. 46.

A pesar de encontrarse un tanto alejada de centros industriales, la selección se ha realizado teniendo en cuenta las características de la roca, que podría emplearse en sectores que requieren calidades específicas, teniendo en cuenta además las enormes reservas y la monotonía de la formación que determinaría continuidad y homogeneidad en la calidad del material, lo que junto a las buenas condiciones para su explotación, hace que ofrezca excelentes perspectivas.

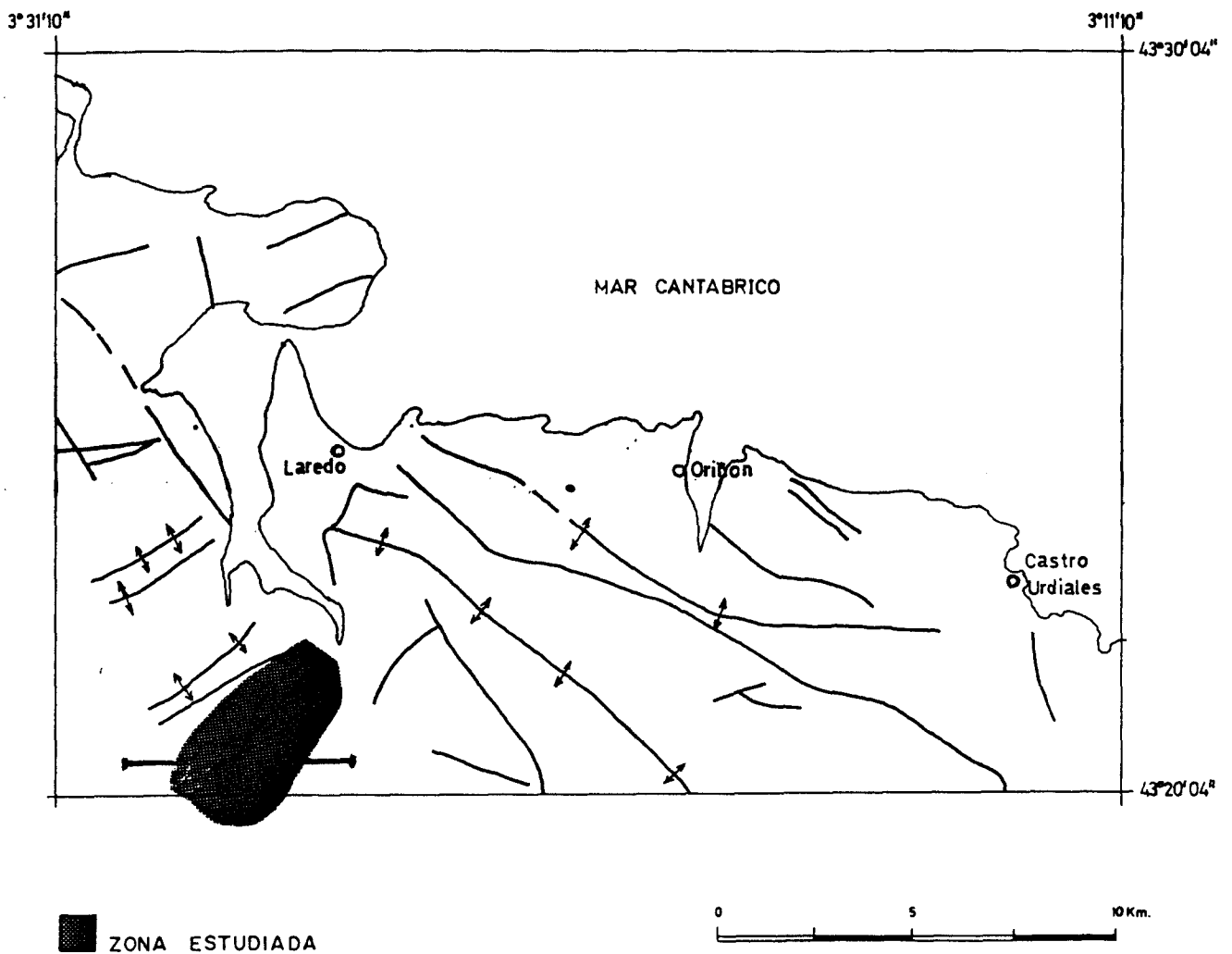


Fig. 41 Situación zona de Bueras y ubicación del corte.

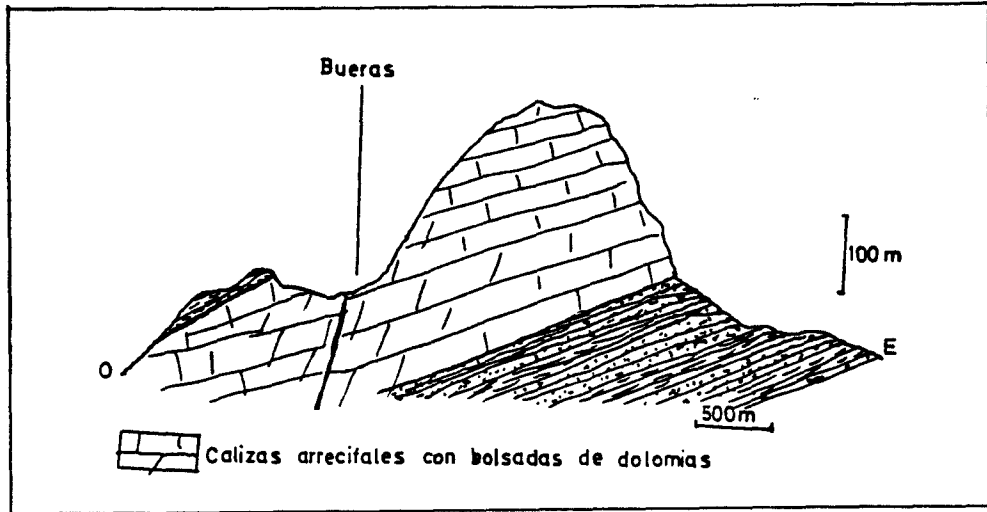


Figura 42. Corte litológico E-O de la zona.



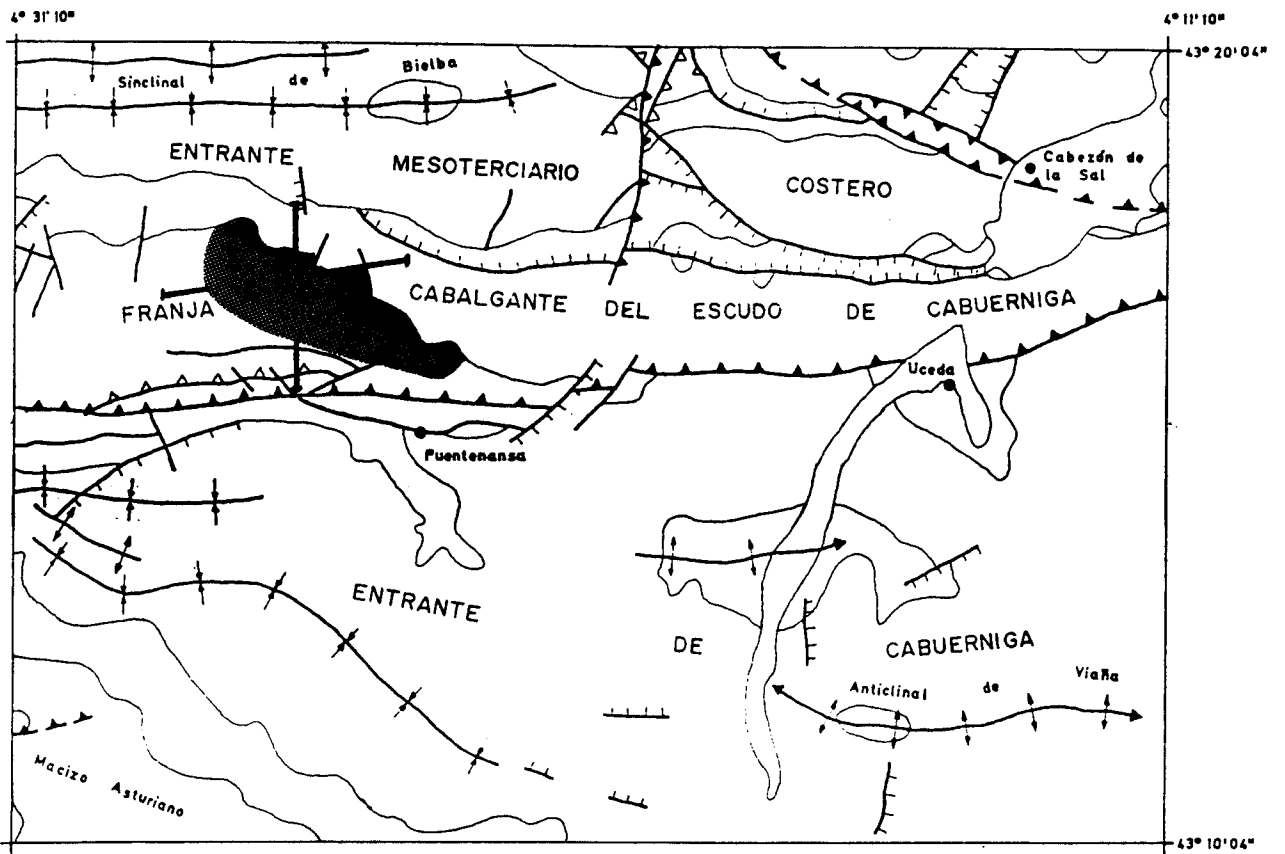


Fig. 43 Situación de la zona de Celis y ubicación de cortes.

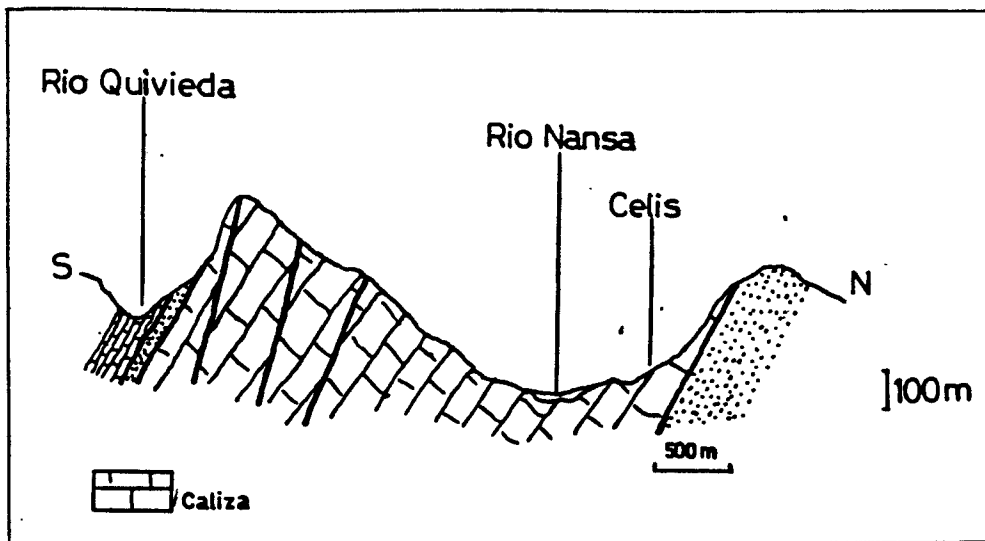


Figura 44. Corte litológico N-S de la zona.

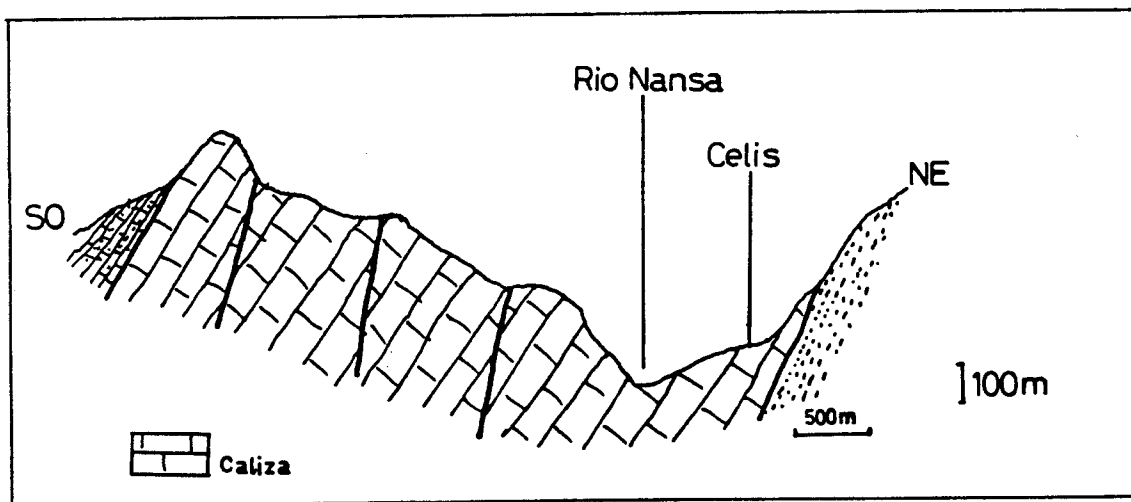
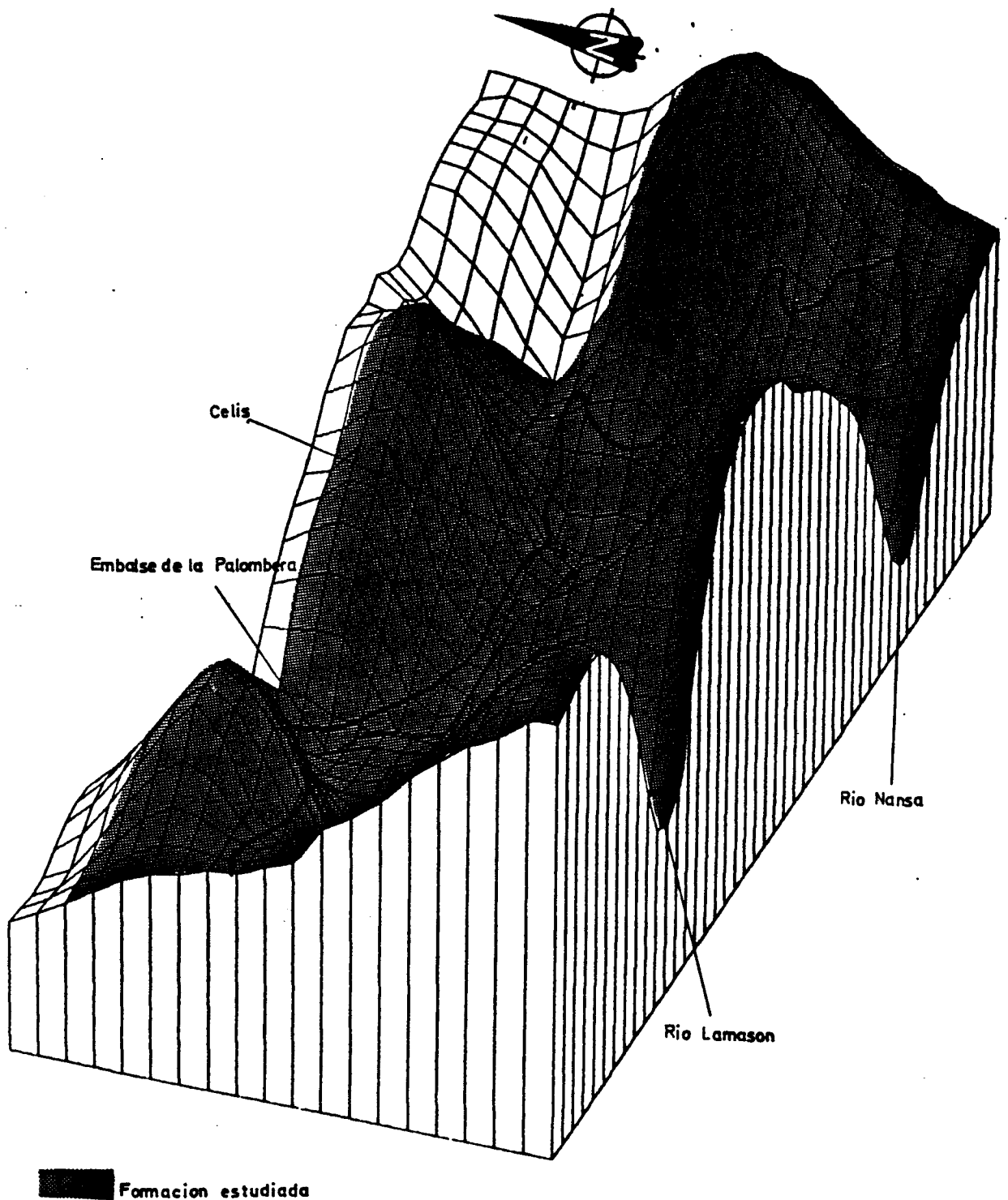


Figura 45. Corte litológico NE-SO de la zona.



■ Formacion estudiada

Figura 46. Bloque diagrama general.

### **- Zona de Oriñón (Monte Candina)**

Se sitúa en la hoja 36 (Castro-Urdiales), en la margen Oeste de la ría de Oriñón (fig. 47).

Se trata de una formación perteneciente al Cretácico Aptense-Albense, que forma parte del complejo Urganiano, y esta constituida por una gran acumulación, (estratigráficamente en torno a los 700 m.), de calizas de naturaleza arrecifal.

La caliza es de grano fino, con algunas recristalizaciones en áreas puntuales, de color crema a gris y con frecuente presencia de restos fósiles (Orbitolinidos, Coralarios...).

La estructura es muy simple, por la monótona acumulación de calizas, en las que existen indicios de carstificación. Esta estructura se puede apreciar en las figs. 48 y 49, así como la morfología general de la zona en la fig. 50.

Aunque es previsible la existencia en la composición de la roca de elementos detríticos, lo cual rebajaría su calidad y restringiría su uso, sin embargo la situación estratégica de la zona, bien comunicada (en su parte Sur la cruza la

CN-634) y próxima a centros industriales, las enormes reservas y la explotación no demasiado complicada, han determinado su selección.

### **- Zona de Arredondo**

Está situada en la hoja 59 (Villacarriedo), entre las localidades de Ramales de la Victoria y Arredondo, y comprende parte de la sierra del Hornijo (fig. 51).

Sus características son muy similares a las descritas para la anterior zona, ya que esta constituida por una gran acumulación de calizas arrecifales masivas, de edad Aptense-Albense.

La roca es de un color grisáceo, presentando grano fino y con abundancia de restos fósiles, apreciándose también la existencia de elementos detríticos.

La estructura es también una acumulación monótona de calizas (fig. 52), en la que se aprecian importantes manifestaciones cársticas.

Las razones por las que se ha seleccionado son similares a las expuestas para la zona anterior, aunque en este caso las distancias hasta centros industriales son

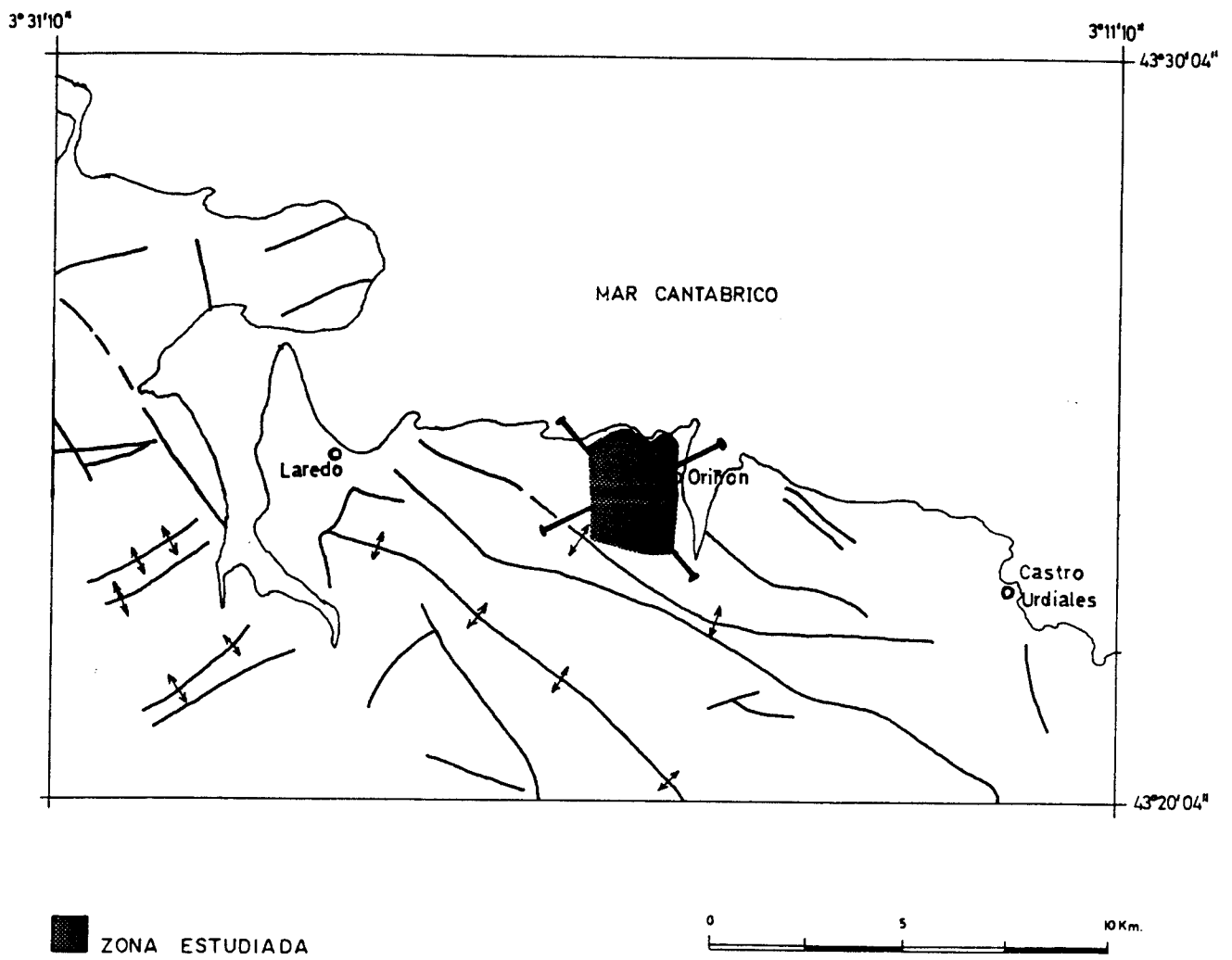


Fig. 47 Situación de la zona de Candina y ubicación de cortes.

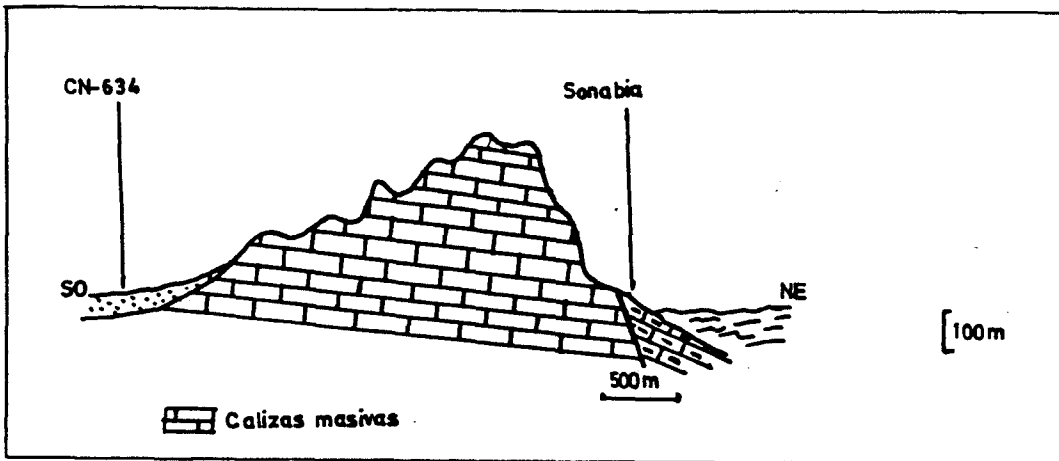


Figura 48. Corte litológico NE-SO.

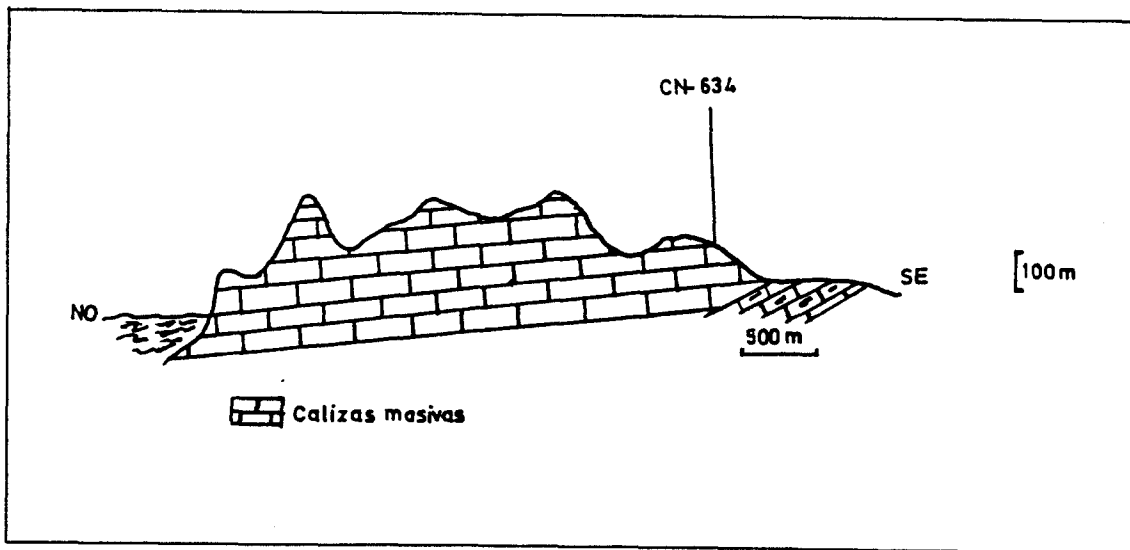
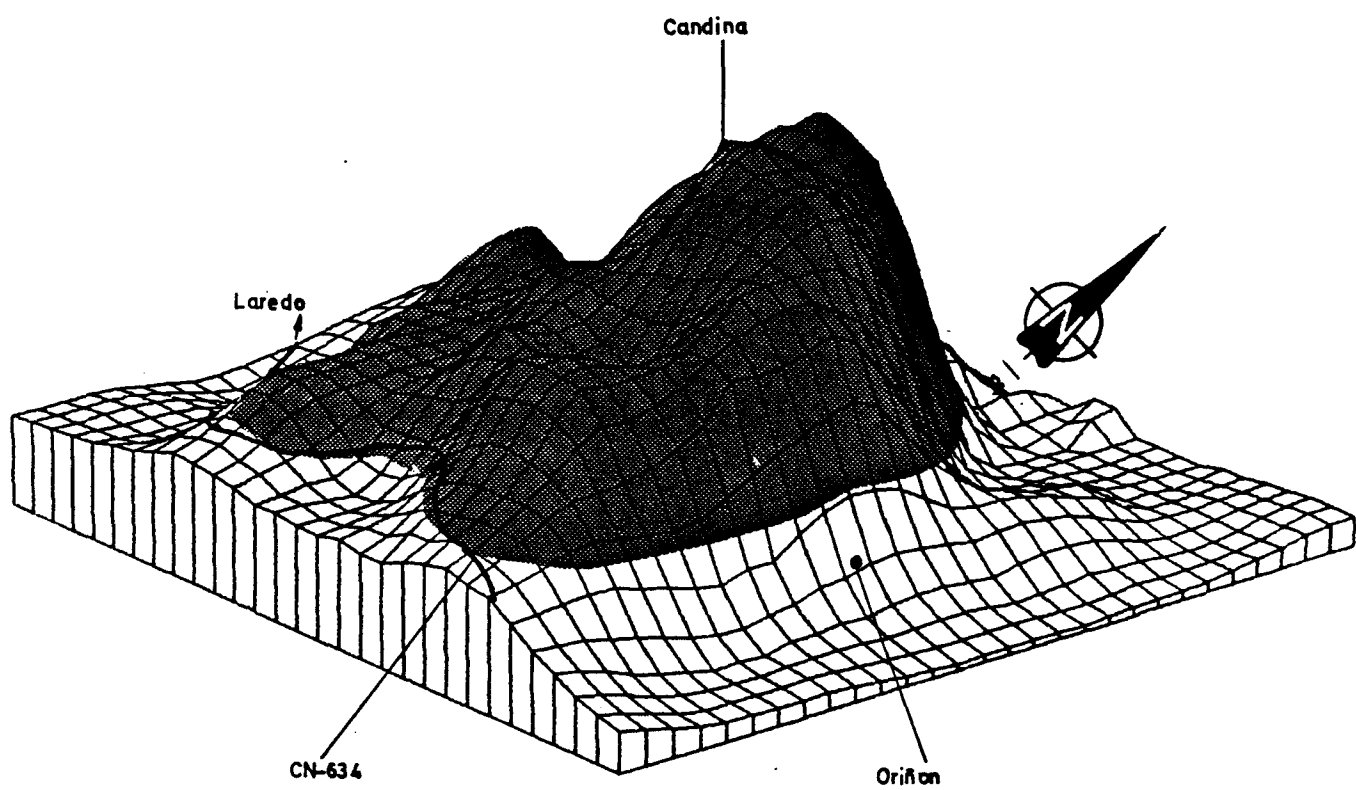


Figura 49. Corte litológico NO-SE.



 Formacion estudiada

Figura 50. Bloque diagrama general de la zona.

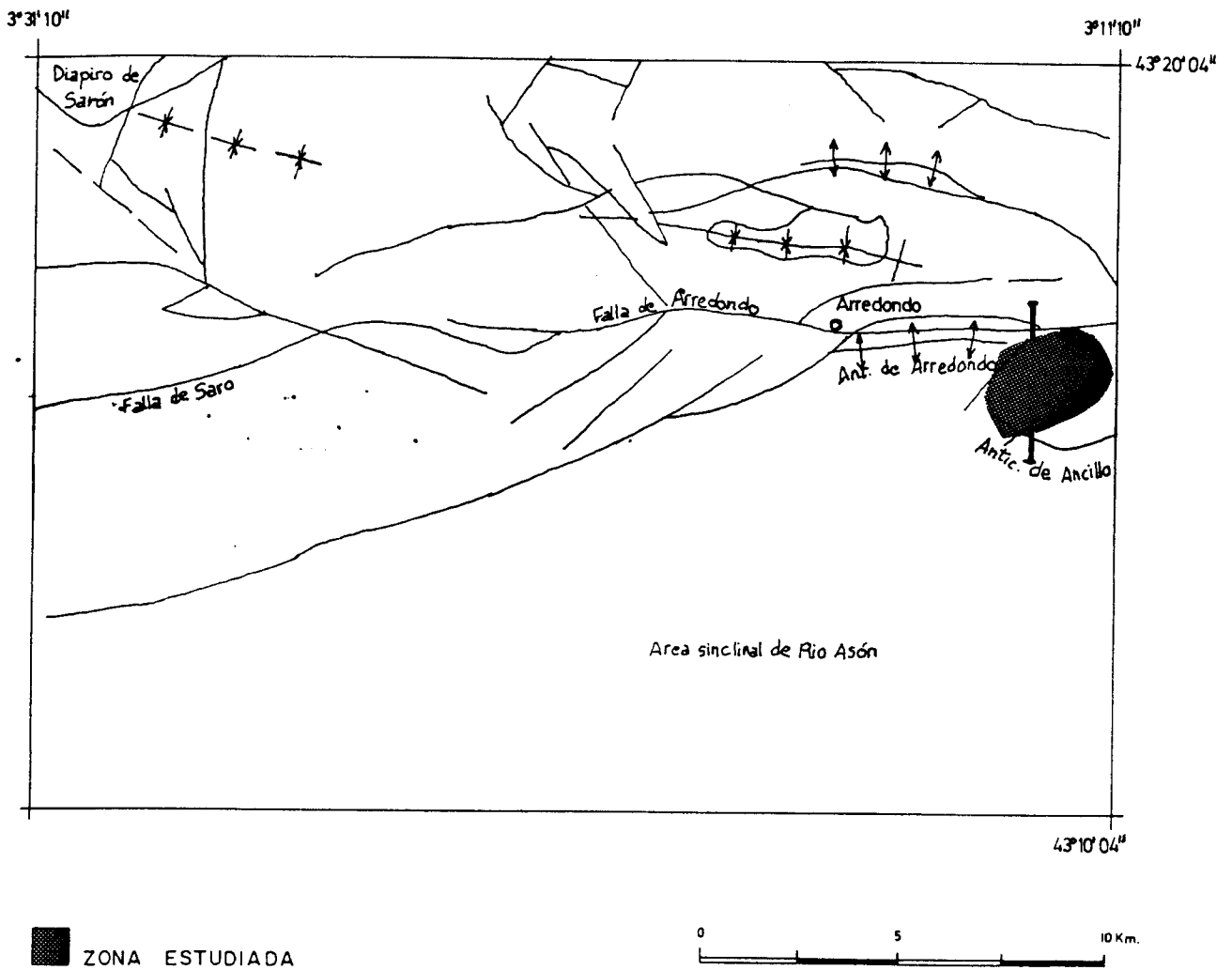


Fig. 51 Ubicación de la zona de Arredondo y situación del corte litológico.



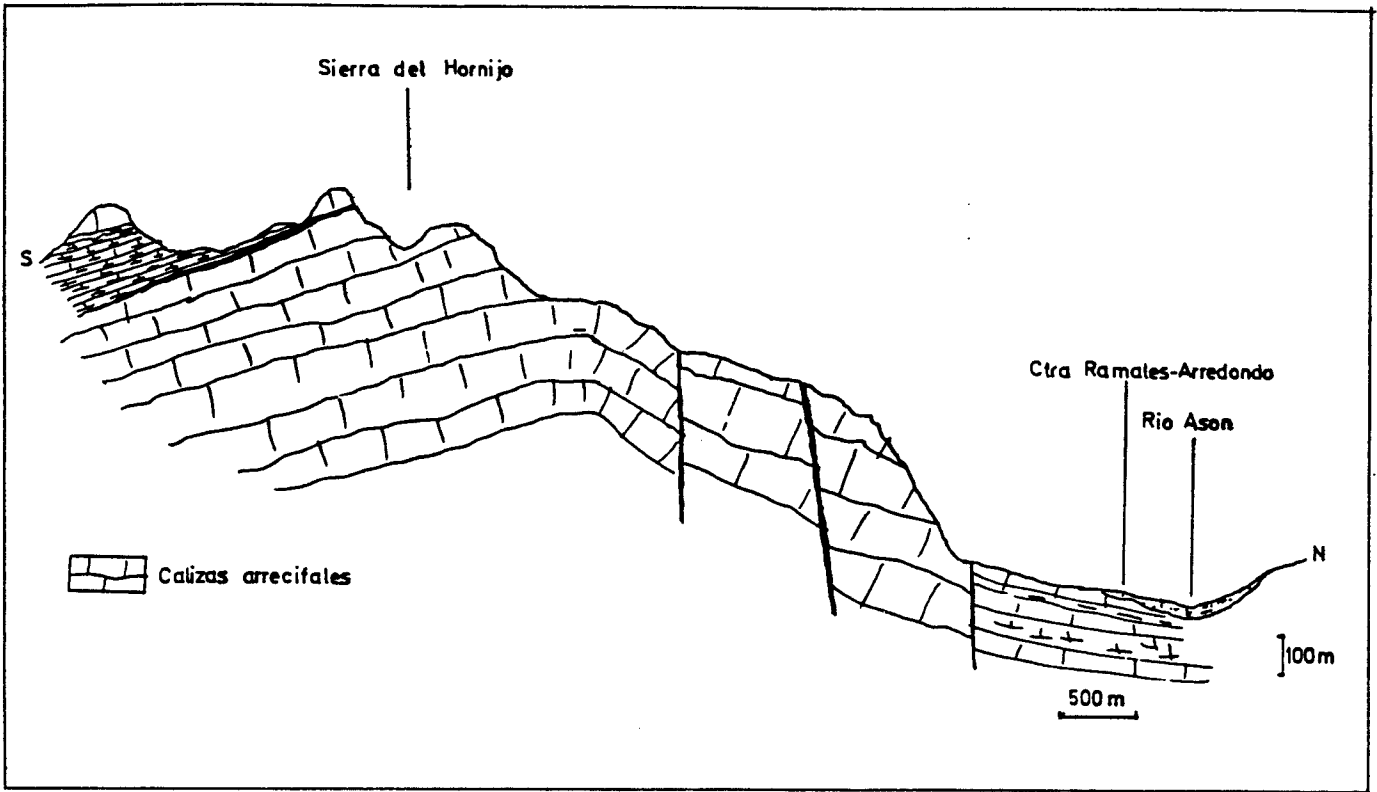


Figura 52. Corte litológico N-S de la zona.

mayores, presentando así mismo grandes reservas, homogeneidad y continuidad del material.

**- Otras zonas**

Ante la posibilidad de que alguna de estas zonas no ofrezca calidades adecuadas, se ha tenido también en cuenta la zona situada al Oeste de Puente Viesgo, constituida por caliza de montaña Carbonífera, que en algunos puntos presenta abundantes recristalizaciones de calcita y dolomitizaciones de escasa entidad.

Esta zona se explota actualmente al Este de Puente Viesgo y en el área de Caldas de Besaya, para la obtención de áridos de trituración.

## **6.4. País Vasco**

Para la selección de zonas en esta Comunidad se ha contado con un menor volumen de información, habiéndose seguido los mismos criterios que en los otros casos, por lo que se ha tratado de seleccionar zonas en las que la calidad de la roca determine su utilización en sectores específicos, debido a la monotonía de las formaciones calcáreas de esta región y a su profusa explotación, fundamentalmente en el sector de la construcción.

En lo que respecta a las dolomías, su aparición parece ser muy restringida, por lo cual siguiendo el estudio realizado por el IGME, solamente se ha seleccionado una zona.

La totalidad de las zonas seleccionadas se recogen en la

fig. 53.

### **6.4.1. Dolomía**

#### **- Zona de Laminoria**

Se sitúa en la hoja 139 (Eulate), en las proximidades de la localidad de Roitegui, (fig. 54), formando parte de la Sierra de Urbasa.

Se trata de una formación calcárea del Terciario, mas concretamente Paleoceno, que esta constituida por dolomías de color blanco, interesatratificadas con calizas grises.

El espesor es muy variable, apareciendo prácticamente horizontales, pero por su posición estratigráfica soportan un recubrimiento muy potente, por lo que incluso en los fuertes taludes que presenta la sierra, es complicado definir este nivel. Estas circunstancias se pueden apreciar en las figs. 55 y 56, mientras que la morfología de la zona donde se ha centrado el estudio se refleja en la fig. 57.

La escasez de este tipo de material en la región y por la fuerte industria que en ella existe, se hace especialmente importante la consideración de esta zona, a pesar de los inconvenientes tanto de localización como de explotación de la dolomía.

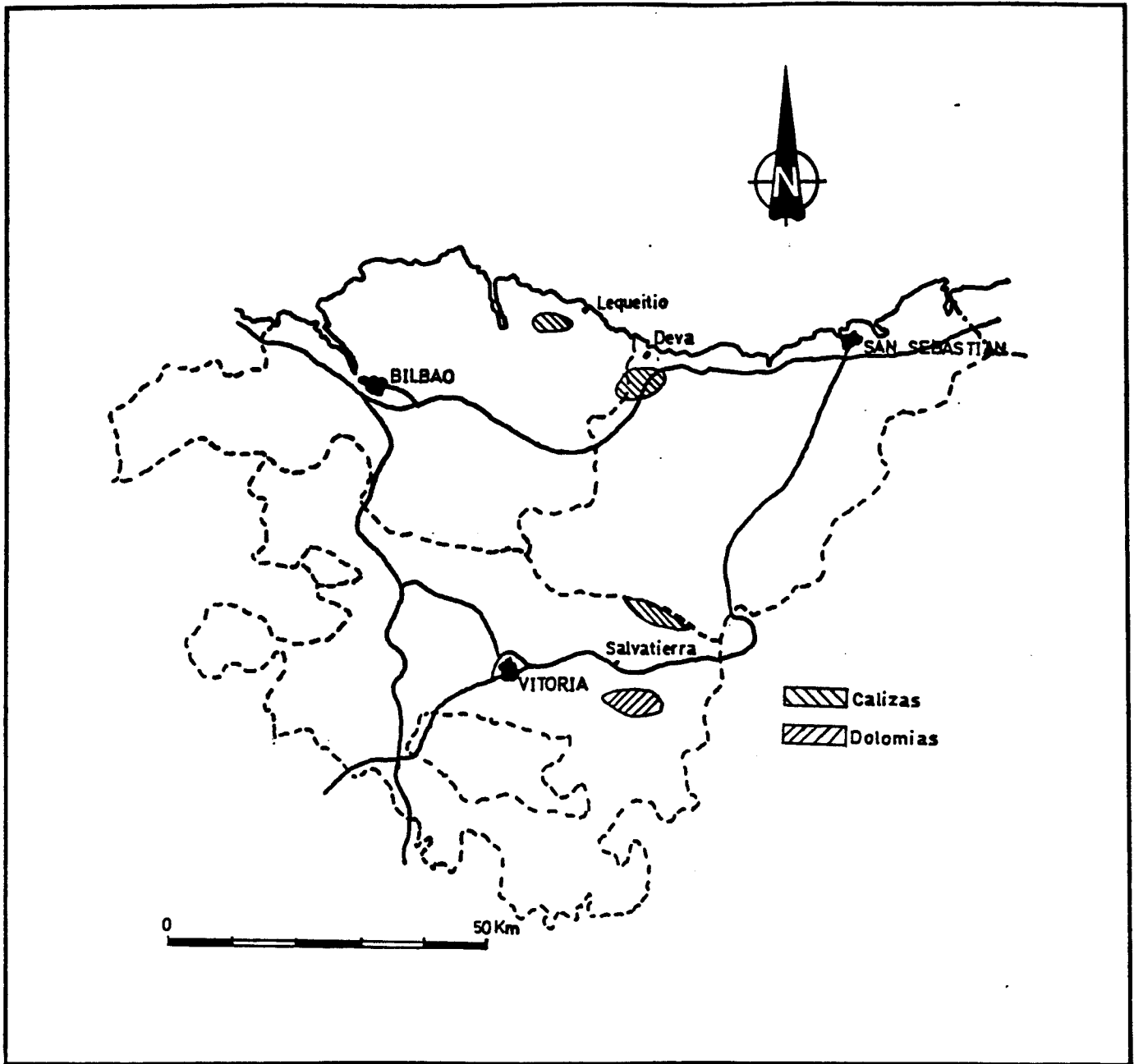


Figura 53. Ubicación de las zonas seleccionadas en el País Vasco

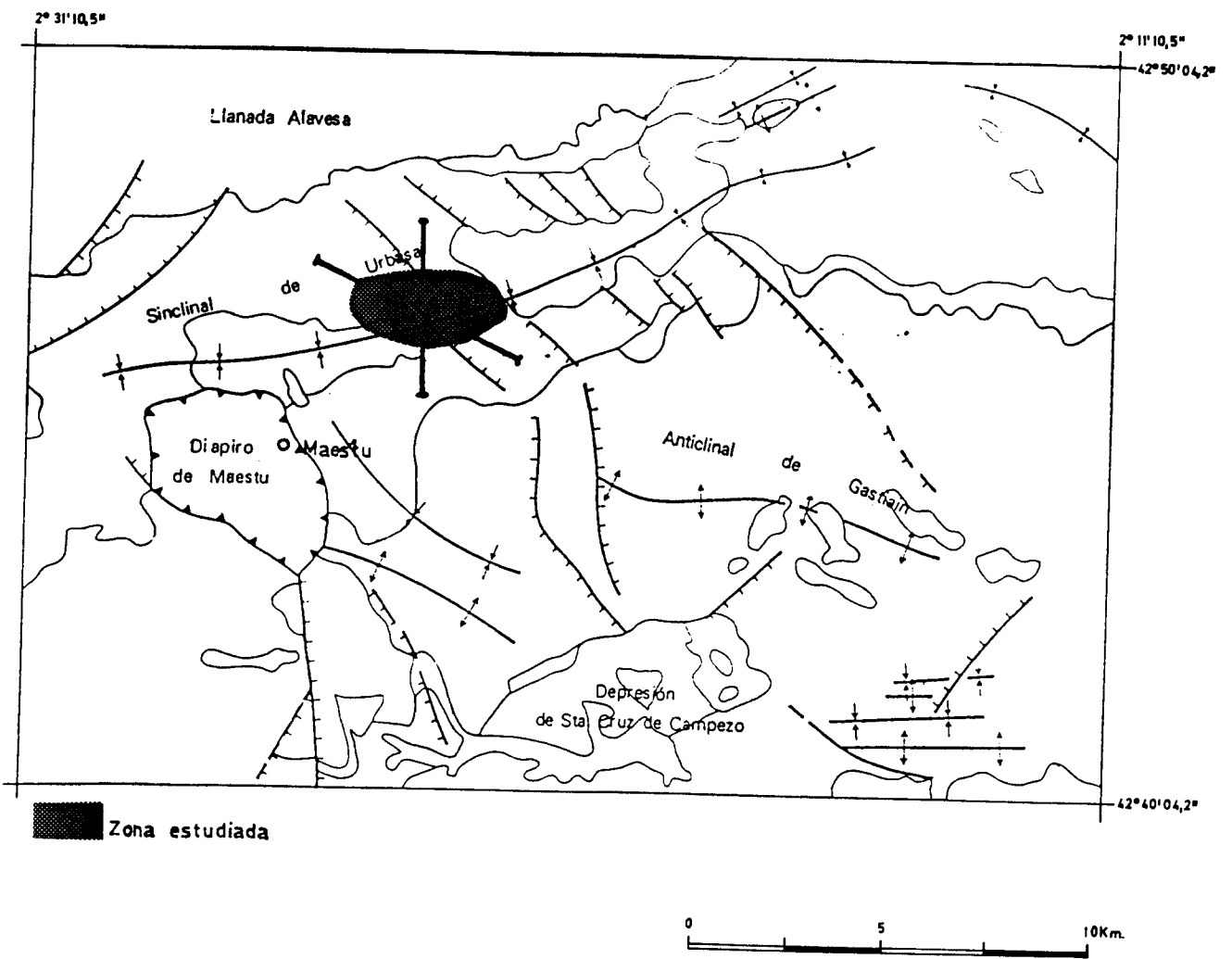


Fig. 54 Situación de la zona de Laminaria y ubicación de cortes.

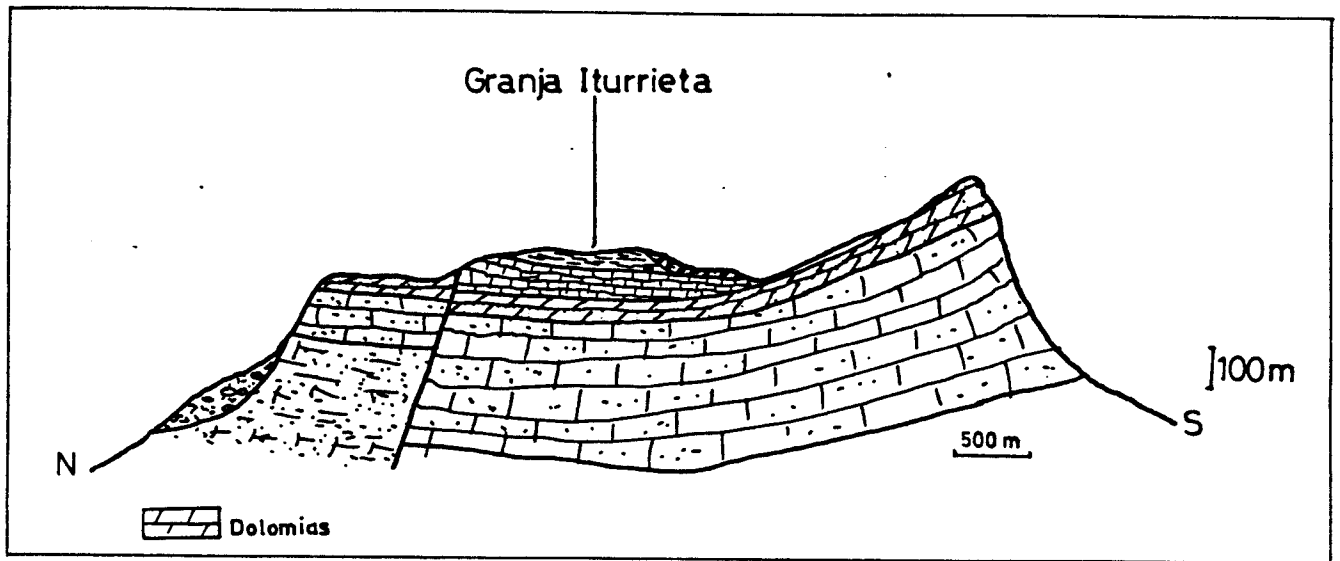


Figura 55. Corte litológico N-S de la zona.

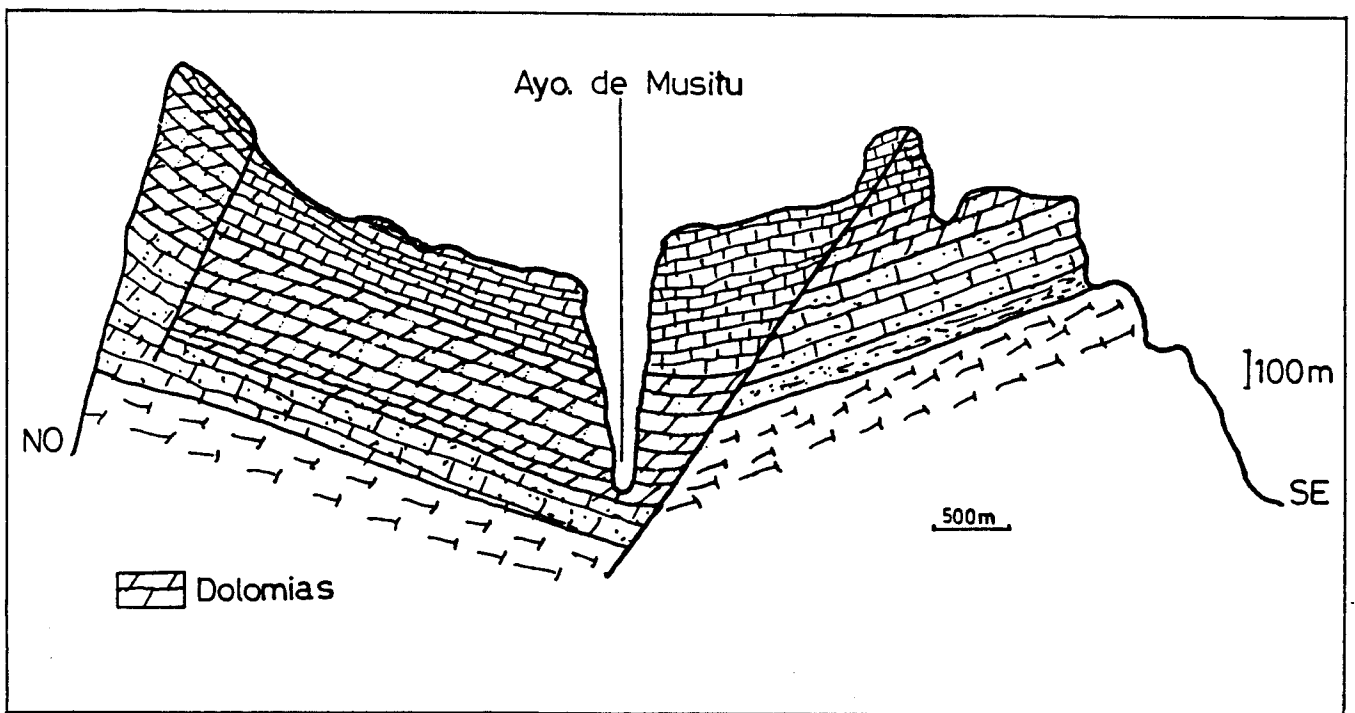


Figura 56. Corte litológico NO-SE-

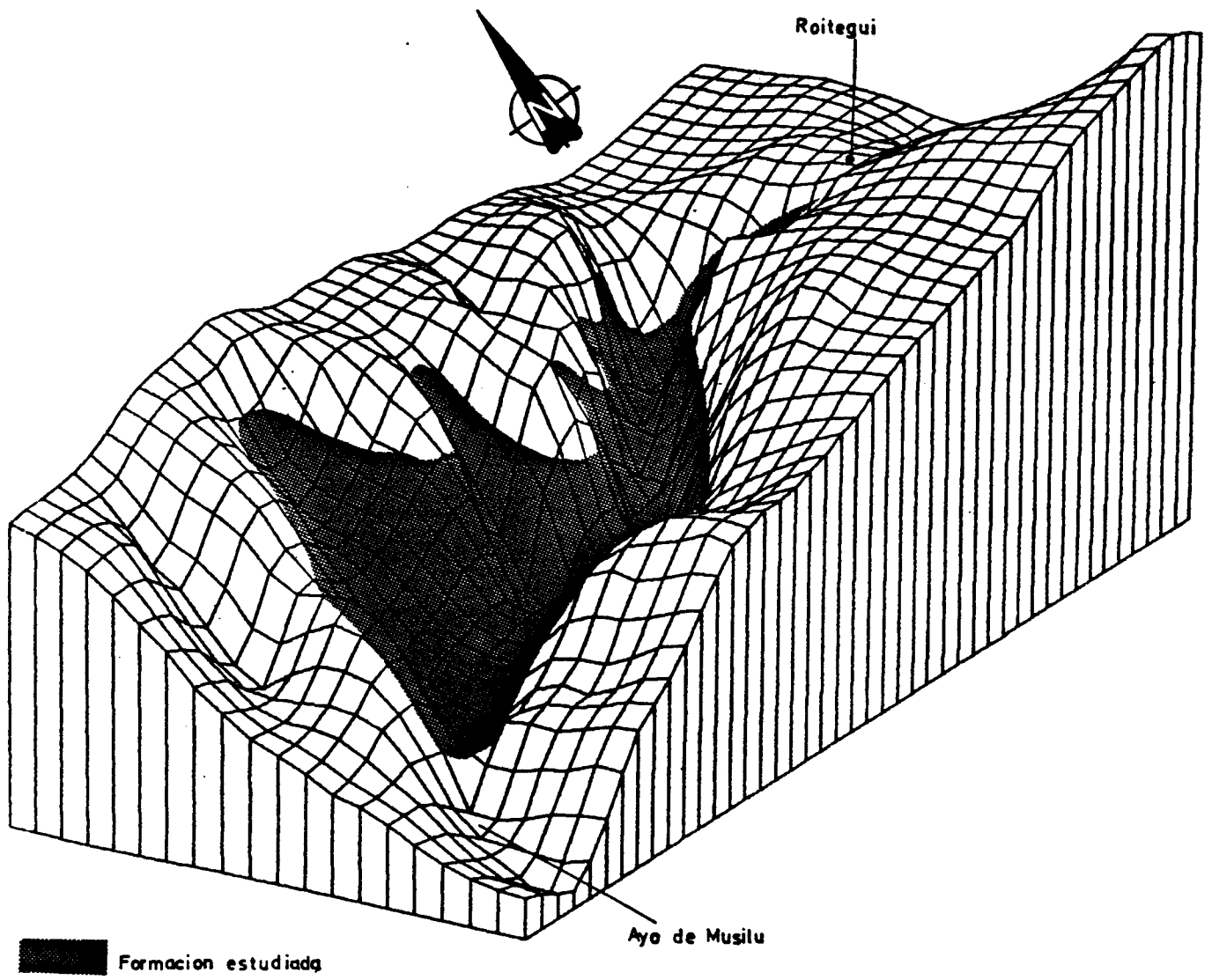


Figura 57. Bloque diagrama general de la zona.

## **6.4.2. Caliza**

### **- Zona de Salvatierra**

Se encuentra en la hoja 113 (Salvatierra) al Este de la localidad de Salvatierra, y al Norte de la aldea de Eguino, que se sitúa al pie mismo de la formación (fig. 58).

Se trata de una formación del Cretácico medio (Albense-Cenomanense), de calizas de origen arrecifal, en la que aparece un dique de Calcita, asociado a una fractura, explotado hace unos años y actualmente abandonado.

La selección de esta zona se ha realizado debido, en primer lugar, a las características especiales del material, teniendo en cuenta además de la calcita, la caliza en que aparece incluida, con abundantes recristalizaciones y por tanto previsiblemente con condiciones adecuadas para usos específicos; y en segundo lugar por las reservas aparentemente grandes y su situación muy próxima a la carretera N-I y a centros industriales.

La estructura de la formación así como la morfología general de la zona se pueden apreciar en las figs. 59 y 60 respectivamente.

### **- Zona de Deva**

Se encuentra situada en la hoja 63 (Eibar), al Sur de la localidad de Deva, (fig. 61), siendo atravesada por la CN-634.

Esta constituida por grandes masas de calizas arrecifales, del Aptense-Albense pertenecientes al complejo "Urgoniano", (figs. 62 y 63), siendo la roca de color grisáceo con abundancia de restos fósiles y en algún punto elementos detríticos.

Se ha seleccionado por su situación cercana a zonas industriales y por sus enormes reservas.

Sin embargo la calidad del material no parece ser, muy adecuada para sectores específicos, norma prácticamente común para un porcentaje muy elevado de las calizas existentes en la región, por la presencia de abundante material detrítico.

### **- Zona de Lequeitio**

Se sitúa en la hoja 38 (Bermeo), al Oeste de la localidad de Lequeitio y en los alrededores de Ispaster (fig. 64).



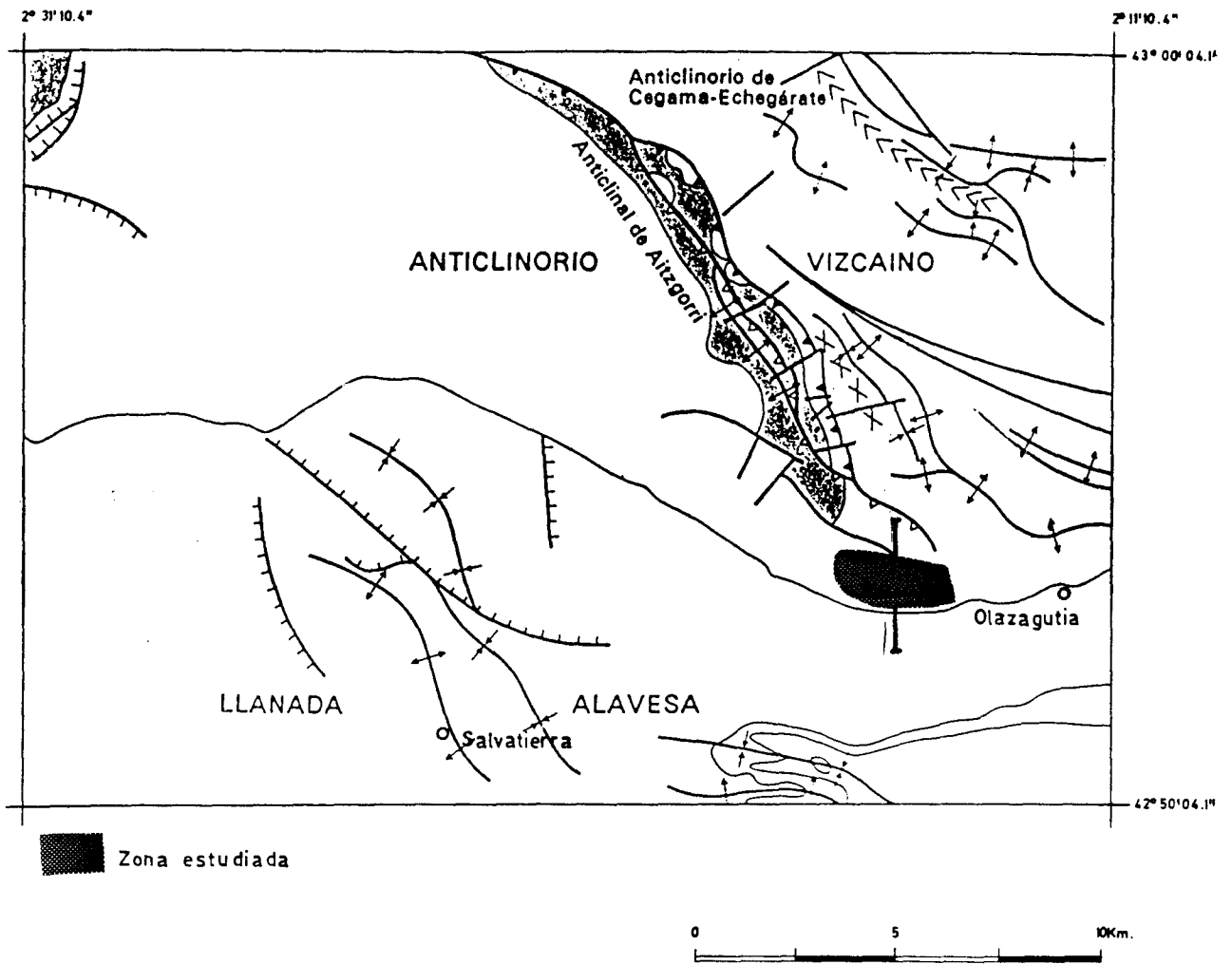


Figura 58 Situación de la zona de Salvatierra y ubicación del corte litológico.

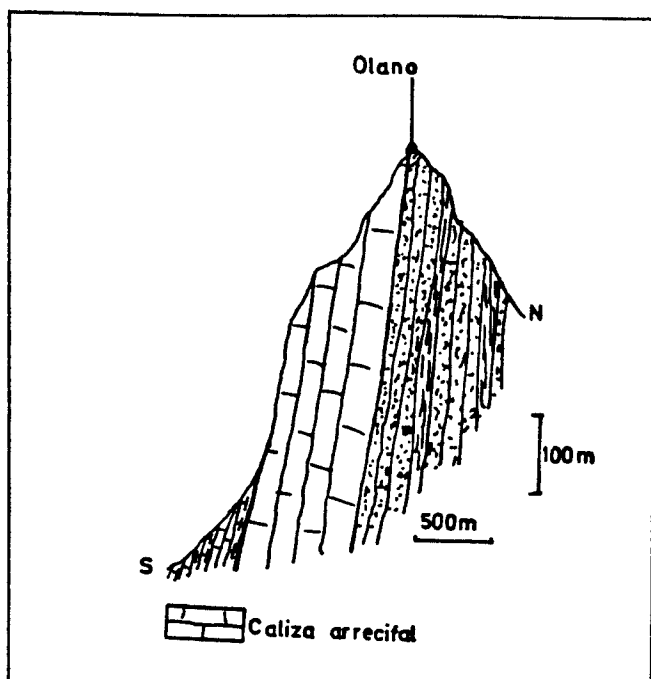


Figura 59. Corte litológico N-S de la zona.

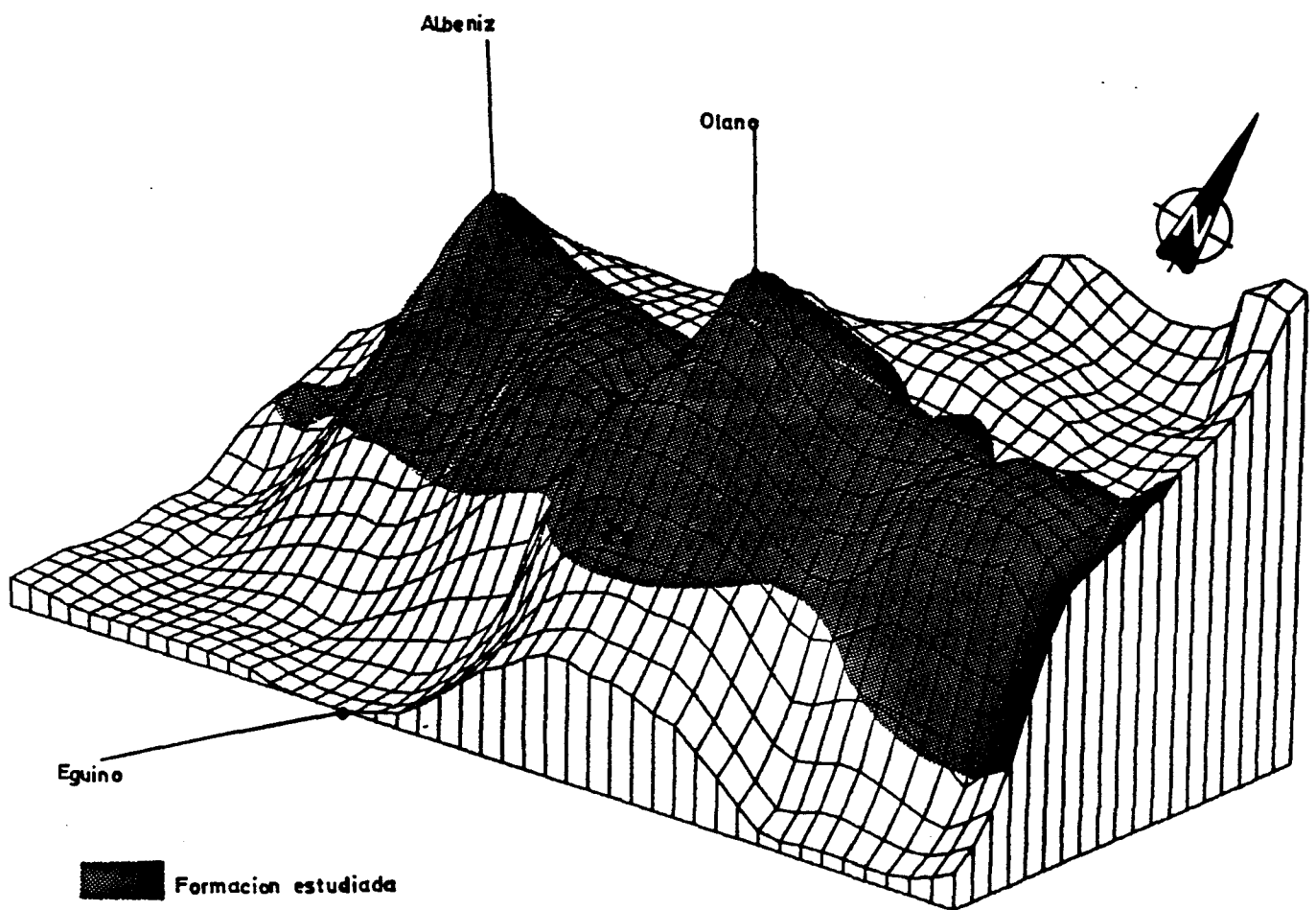


Figura 60. Bloque diagrama general de la zona.

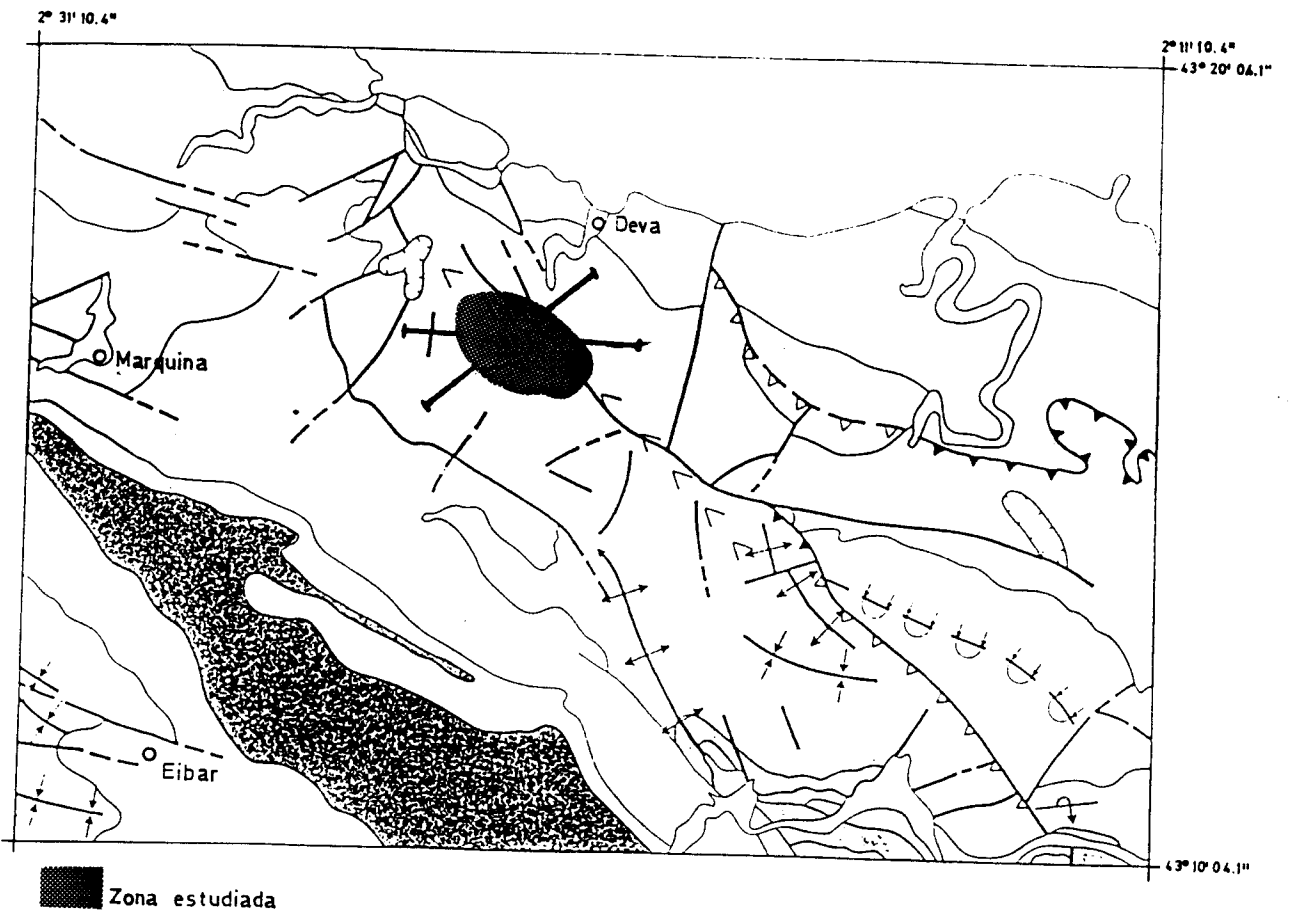


Fig.61 Situación zona de Deva y ubicación de los cortes.

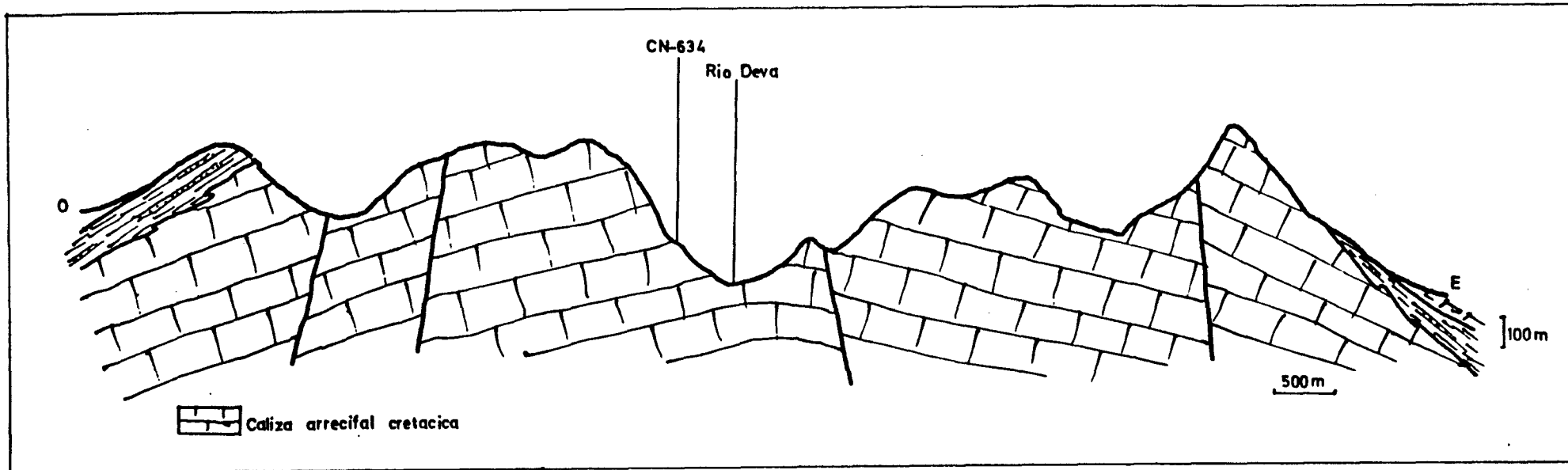


Figura 62. Corte litológico E-O.

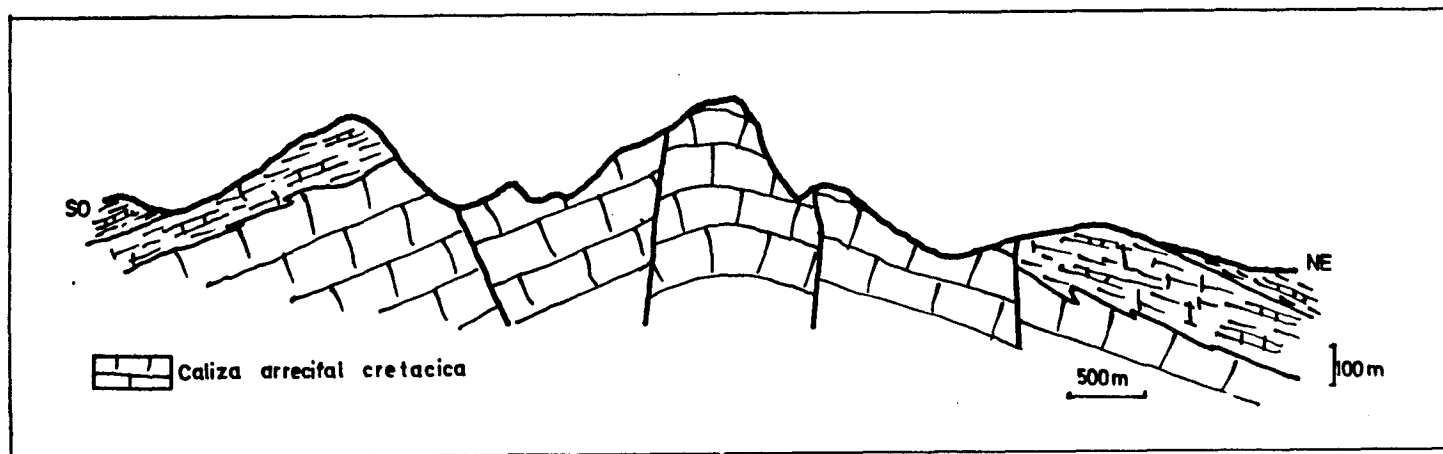


Figura 63. Corte litológico NE-SO de la zona.

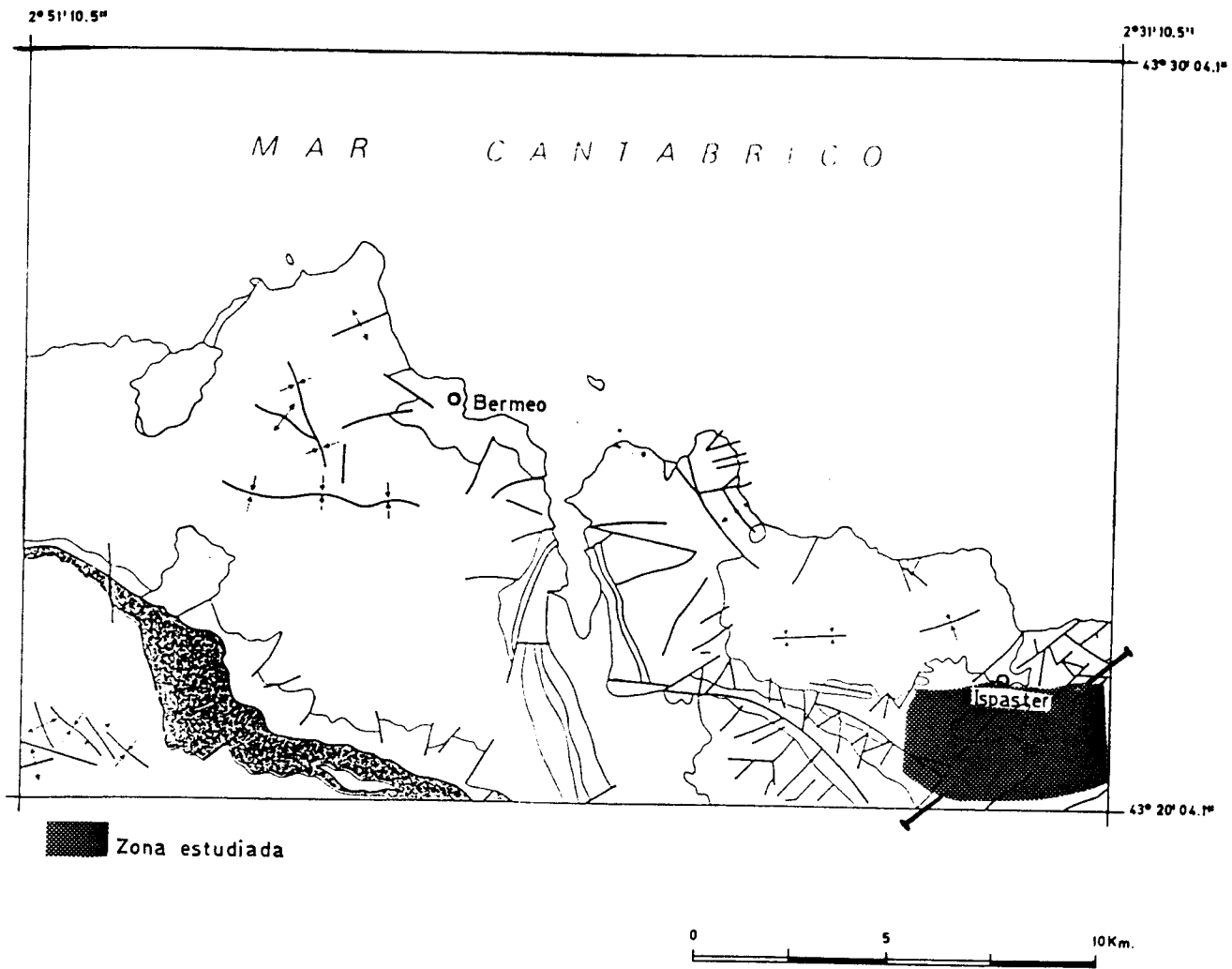


Fig. 64 Situación de la zona de Lequeitio y ubicación del corte litológico.

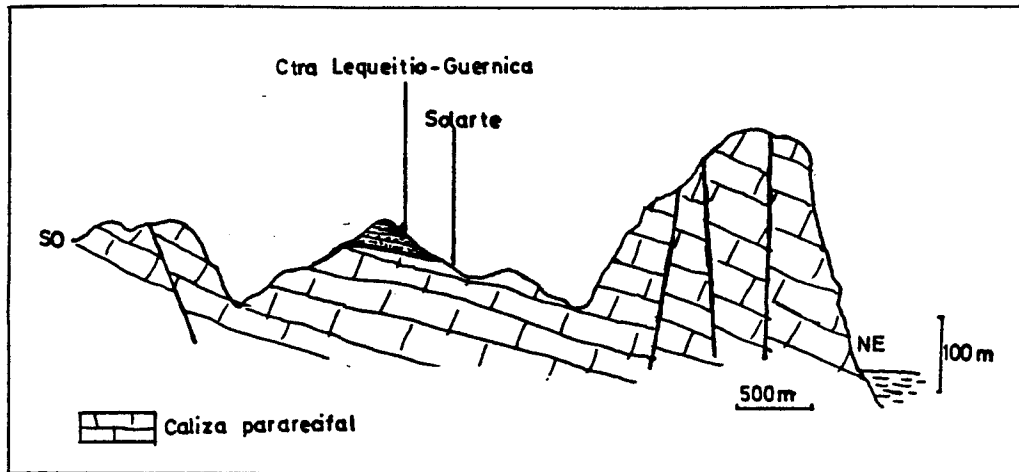


Figura 65. Corte litológico NE-SO de la zona.

Está constituida por grandes masas de calizas pararecifales masivas del Aptense, (fig. 65), que han sufrido una importante carstificación, siendo frecuentes los productos de descalcificación, favoreciendo así la instalación de una importante cobertura vegetal.

Se ha seleccionado por su cercanía a centros industriales y por sus reservas, sin embargo las condiciones de explotación no son las más idóneas, debido a la abundante Karstificación que presentan.



## 7. TRABAJOS EFECTUADOS.

## **7. TRABAJOS EFECTUADOS**

Después del análisis minucioso de la información disponible, a partir de la cual se llevó a cabo una primera selección de zonas, se realizó un recorrido general por cada una de estas zonas con el fin de contrastar las características expuestas en la información.

De esta primera visita, surgieron nuevas zonas que en campo presentaban unas características acordes con los objetivos del trabajo, por lo cual se incluyeron también en el estudio.

Una vez completada la selección de las zonas se procedió a su estudio con recorridos sistemáticos por cada una de ellas, llevándose a cabo, para una primera definición de los materiales existentes, el test del ácido clorhídrico, que aunque realizado en frío, permite una separación primaria entre caliza y dolomía.

Simultáneamente a la realización de los recorridos, se completó la cartografía de las zonas, con cortes y esquemas.

Así mismo se llevó a cabo un muestreo sistemático, en cada una de las zonas, habiéndose recogido en esta primera fase un total de cincuenta muestras, teniendo en cuenta en cada caso las características y condiciones de la roca, para determinar el número de muestras a tomar.

Las observaciones realizadas en campo se han basado fundamentalmente en los siguientes puntos:

- Identificación primaria del material, mediante el test del ácido Clorhídrico.
- Evaluación general de las posibles reservas.
- Comprobación de la continuidad y homogeneidad del material más abundante.
- Posibilidades de apertura de cantera, fundamentalmente en cuanto a accesos, recubrimiento y posición topográfica y estratigráfica del material.
- Distancias a posibles centros de consumo y transformación, y estado de los accesos a estos centros.
- Estimación general del impacto ambiental que causaría en el entorno la apertura de una explotación.

En lo que respecta al muestreo, teniendo en cuenta algunos de los puntos anteriores, se ha procurado cubrir los distintos tipos y calidades de rocas de cada una de las zonas, con especial atención a la homogeneidad y continuidad de las mismas.

## **8. DISCUSION DE RESULTADOS DE ANALISIS Y ENSAYOS.**

## **8. DISCUSION DE RESULTADOS DE ANALISIS Y ENSAYOS**

### **8.1. Asturias**

En esta Comunidad se han realizado un total de diecinueve análisis químicos sobre las muestras recogidas, contándose además con cinco análisis de dolomías de la zona de Soto de la Barca, cedidos por la empresa Monte Hano S.A.

De estas diecinueve muestras, siete corresponden a Calizas y las doce restantes a dolomías.

#### **8.1.1. Calizas**

Los resultados totales de los análisis químicos de las muestras de Calizas se recogen en el cuadro 9, mientras que los resultados del ensayo de reactividad figuran en el cuadro 10.

En general, los resultados del análisis químico de las muestras de calizas han sido bastantes favorables, y excepto en dos muestras los valores pueden considerarse buenos y con perspectivas interesantes, respecto a su posible utilización.

En cuanto al ensayo de reactividad los resultados también han sido en general satisfactorios, con varias muestras con un comportamiento excelente.

	A-1	A-3	A-4	A-9	A-10	A-11	AM-1
SiO <sub>2</sub>	0.24	0.2	0.92	3.0	0.25	0.08	0.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.14	0.32	1.39	0.08	0.03	0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.09	0.14	0.64	0.19	0.01	0.04
CaO	55.1	55.1	54.4	51.8	54.3	55.5	55.1
MgO	0.3	0.3	0.3	1.0	0.95	0.25	0.33
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
K <sub>2</sub> O	0.02	0.02	0.07	0.01	0.011	0.006	0.01
MnO	0.03	0.03	0.04	0.03	0.021	0.002	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.02	0.02	0.015	0.03	0.013	0.02
S	0.012	0.011	0.01	0.033	0.004	0.068	0.007
P.p.c	43.9	43.9	43.5	41.8	43.9	43.9	43.9
CO <sub>3</sub> Ca	98.35	98.35	97.1	92.46	96.93	99.07	98.35
CO <sub>3</sub> Mg	0.63	0.63	0.63	2.09	1.99	0.52	0.69

Cuadro 9.- Resultados de los análisis químicos de Calizas.

	2 minu.	5 minu.	10 minu.	Reactividad.
A-1	77	91	94	Muy buena
A-3	61	76	84	Buena
A-4	77	82	85	Buena
A-9	62	74	76	Regular
A-10	64	75	90	Buena
A-11	61	91	97	Muy buena
AM-1	84	86	96	Muy buena

Cuadro 10.- Resultados del ensayo de reactividad de Calizas.

### **- Zona de la Sierra de Faces**

Las muestras de esta zona son la A-3 y A-4. Proceden de la formación “Caliza de la Escalada”, correspondiente al Carbonífero Superior.

Se trata de una caliza micrítica, con abundantes microfósiles, de grano fino y con un colorido gris claro-crema, presentando frecuentes recristalizaciones puntualmente.

En general se presenta masiva, aunque en ocasiones ofrece separación en bancos potentes, marcados por la presencia de arcillas en niveles centimétricos.

#### **Características químicas**

Las dos muestras presentan un contenido elevado en CaO (fig. 68) y moderado en MgO (0.3 %), lo que hace que la roca respecto a estos elementos, no ofrezca problemas para prácticamente ningún sector de consumo.

Los contenidos en carbonatos y la pérdida por calcinación presentan valores adecuados, encontrándose representados en la fig. 67.

En cuanto al SiO<sub>2</sub>, su contenido en la muestra A-4 (0.92) puede considerarse elevado, mientras en la A-3 (0.2), es más moderado, aunque también alto para algunas especificaciones.

De este modo sobrepasan los límites exigidos para el vidrio, en química y en cargas blancas, por lo cual para estos sectores el material queda descartado.

El Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, presenta unos valores de 0.09 y 0.14, que pueden considerarse bajos, pero que sobrepasan los límites exigidos en la fabricación del vidrio.

También sobrepasa el límite exigido para el vidrio el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, con 0.14 y 0.32 respectivamente. La representación gráfica de estos elementos se encuentra en la fig. 66.

Teniendo en cuenta estas características, se descarta la utilización de este material en el sector del vidrio y con reservas en el de cargas blancas y Química, mientras que es susceptible su uso en el resto de sectores considerados.

En el caso de Cargas blancas y Química, no debe rechazarse absolutamente, por el elevado contenido en CaO que muestra y porque es previsible la existencia de

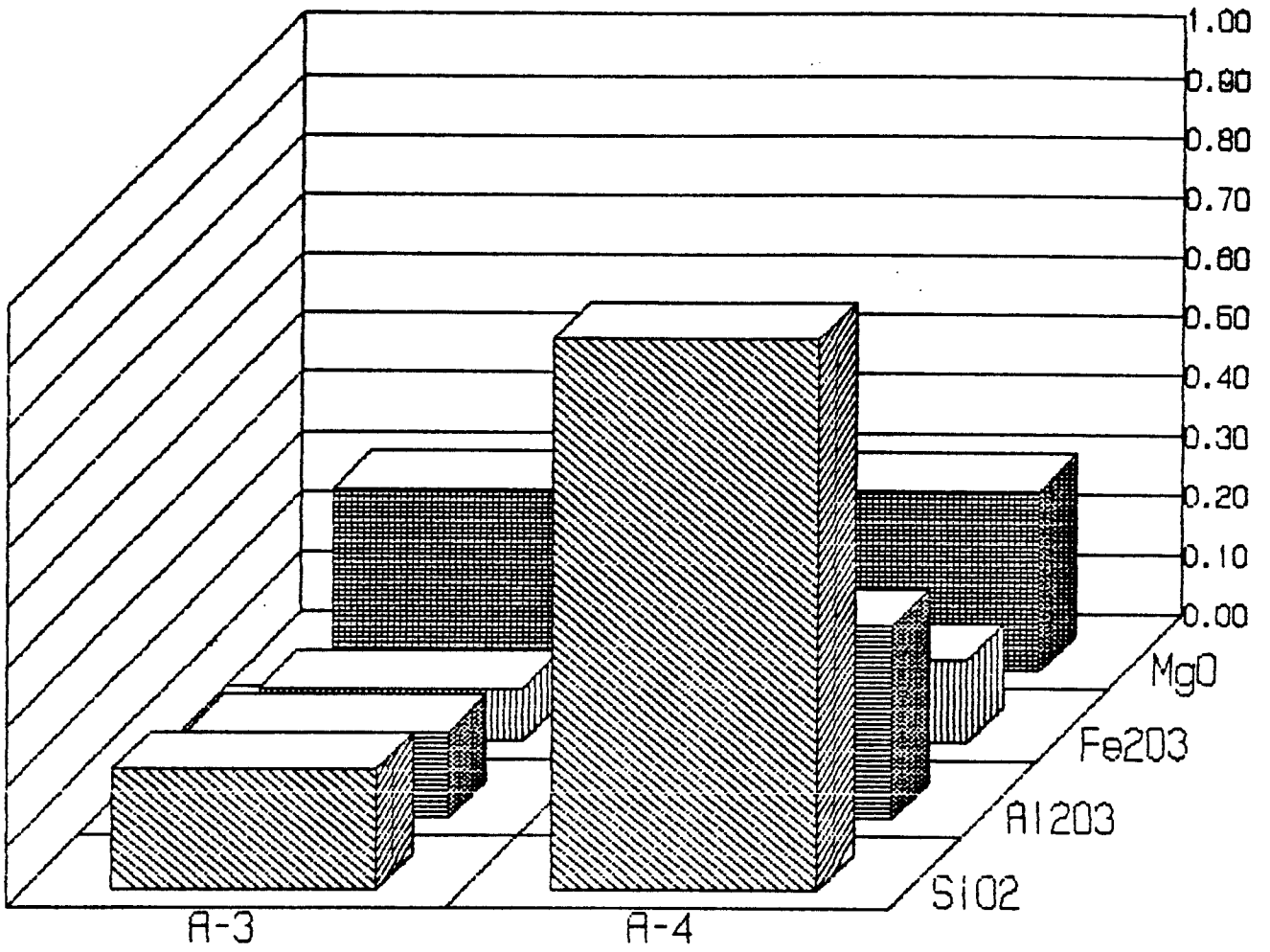


Figura 66. Contenido de algunos elementos menores de las muestras de Sierra de Faces.



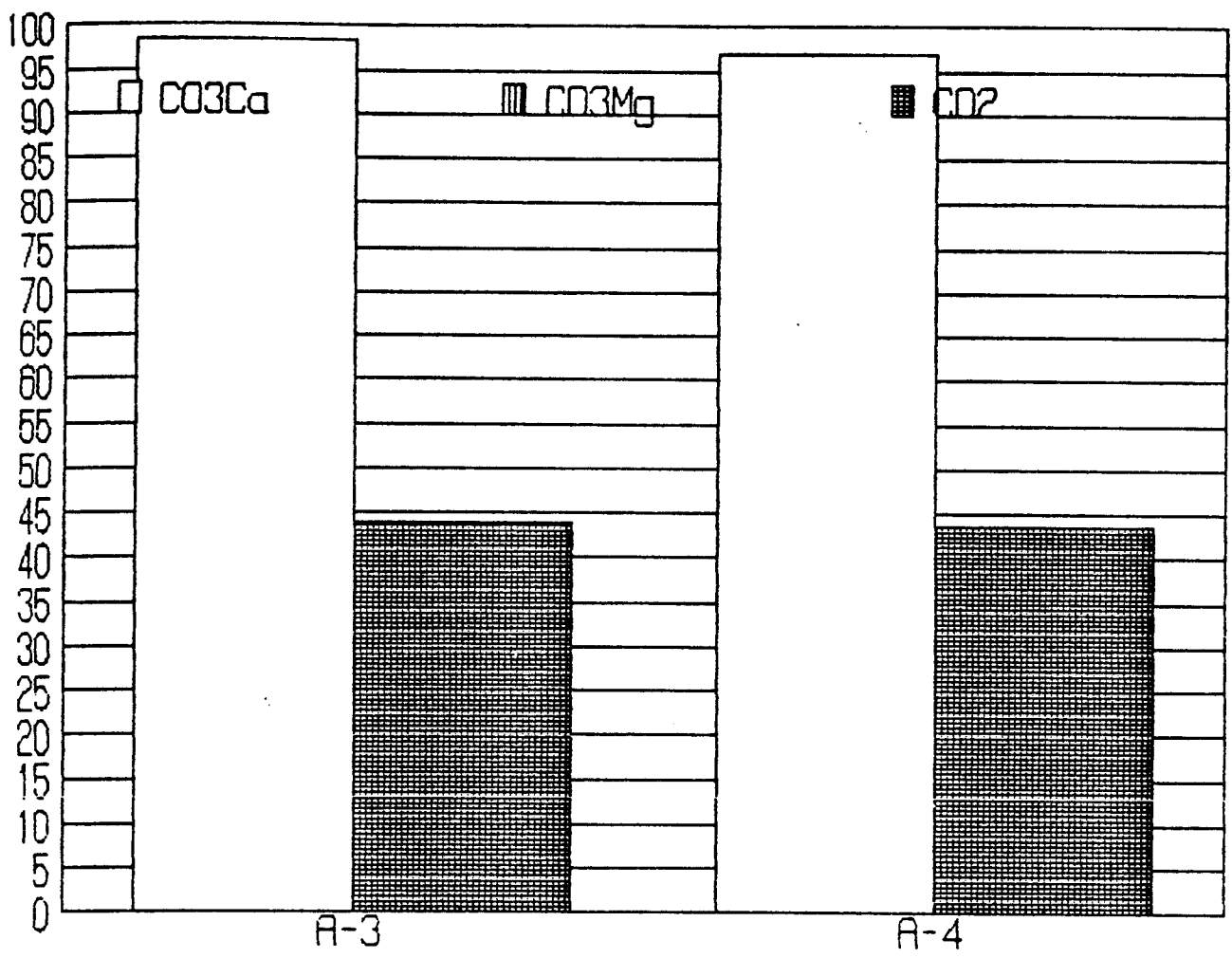


Figura 67. Contenido en Carbonatos y CO<sub>2</sub> de las muestras de la Sierra de Faces.

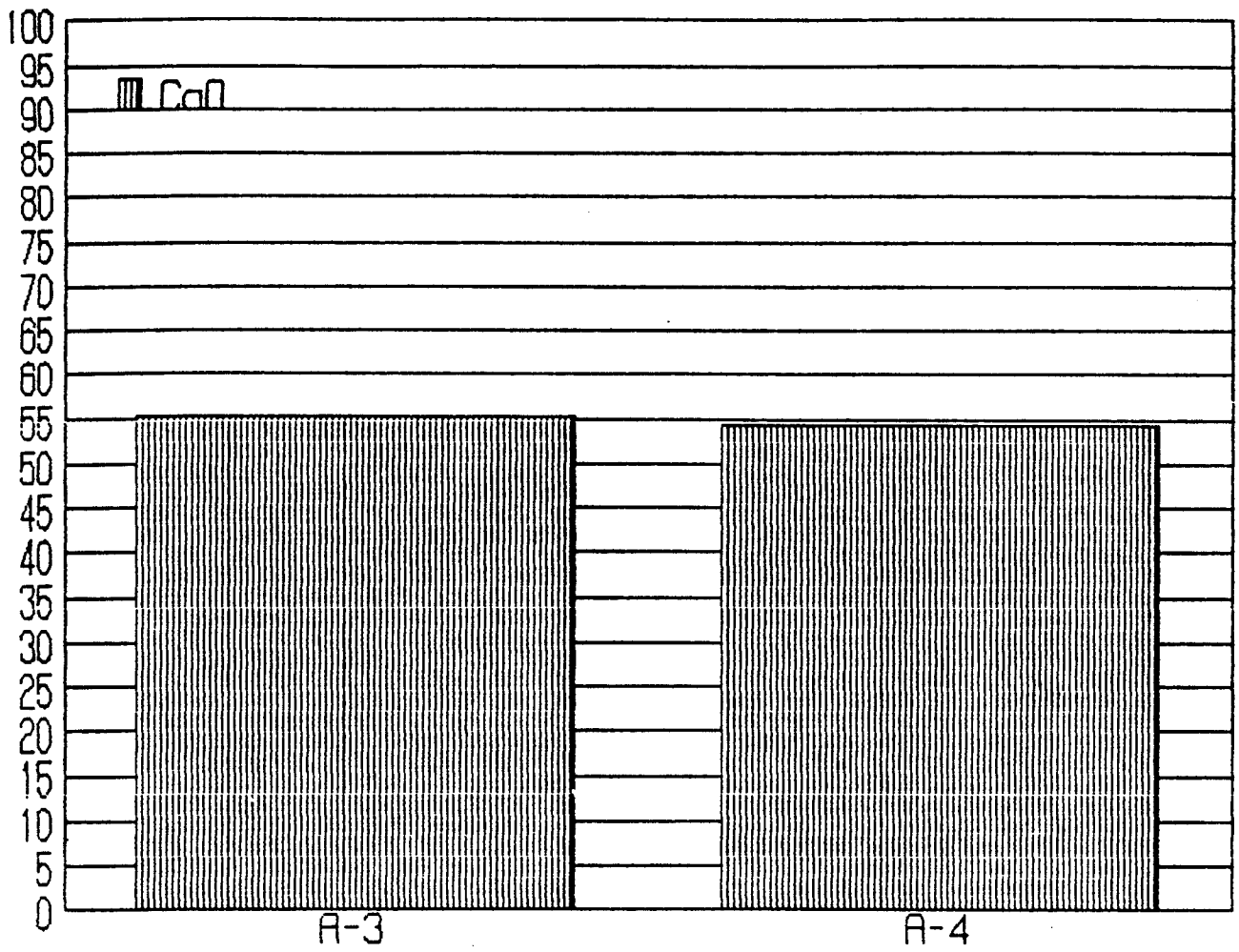


Figura 68. Contenido en CaO de las muestras de la Sierra de Faces.

áreas restringidas en las cuales el nivel de impurezas no sobrepase las especificaciones requeridas, para lo cual se requeriría la realización de una amplia serie de análisis químicos, que permitiría conocer mas en detalle estas circunstancias.

#### **- Zona de Cardes**

A esta zona corresponde la muestra A-11. Se trata de una antigua explotación, en un nivel de caliza probablemente ligada a una fractura, incluida dentro de la formación Carbonífera “Caliza de Montaña”.

La roca es de grano fino, algo deleznable y de color blanco, presentandose masiva.

#### **Características químicas.**

La muestra analizada presenta un elevado contenido en CaO, 55.5% y bajo en MgO, 0.25%, con lo cual cumple suficientemente las especificaciones de todos los sectores consumidores.

Teniendo en cuenta este contenido elevado de óxido de Calcio, el porcentaje de Carbonato es también alto, con un 99.07%, siendo aceptable el contenido en CO<sub>2</sub> de 43.9 (fig. 70).

El resto de los elementos presentan unos contenidos en general bajos, (fig. 69), cumpliendo las especificaciones de los distintos sectores, por lo cual este material, dependiendo de análisis y ensayos mas exhaustivos, puede adecuarse a todos los sectores considerados.

En cuanto a la cinética de reacción en CIH a ofrecido muy buenas expectativas en las condiciones consideradas, resultando un porcentaje de material reaccionante del 97% al cabo de diez minutos.

#### **- Zona de Caravia**

En esta zona se han obtenido dos muestras, una de caliza y otra de dolomía, correspondiendo las dos a la formación del Carbonífero “Caliza de la Escalada”, siendo la caliza la marcada como A-1.

Es una micrita de color crema claro, presentándose masiva.

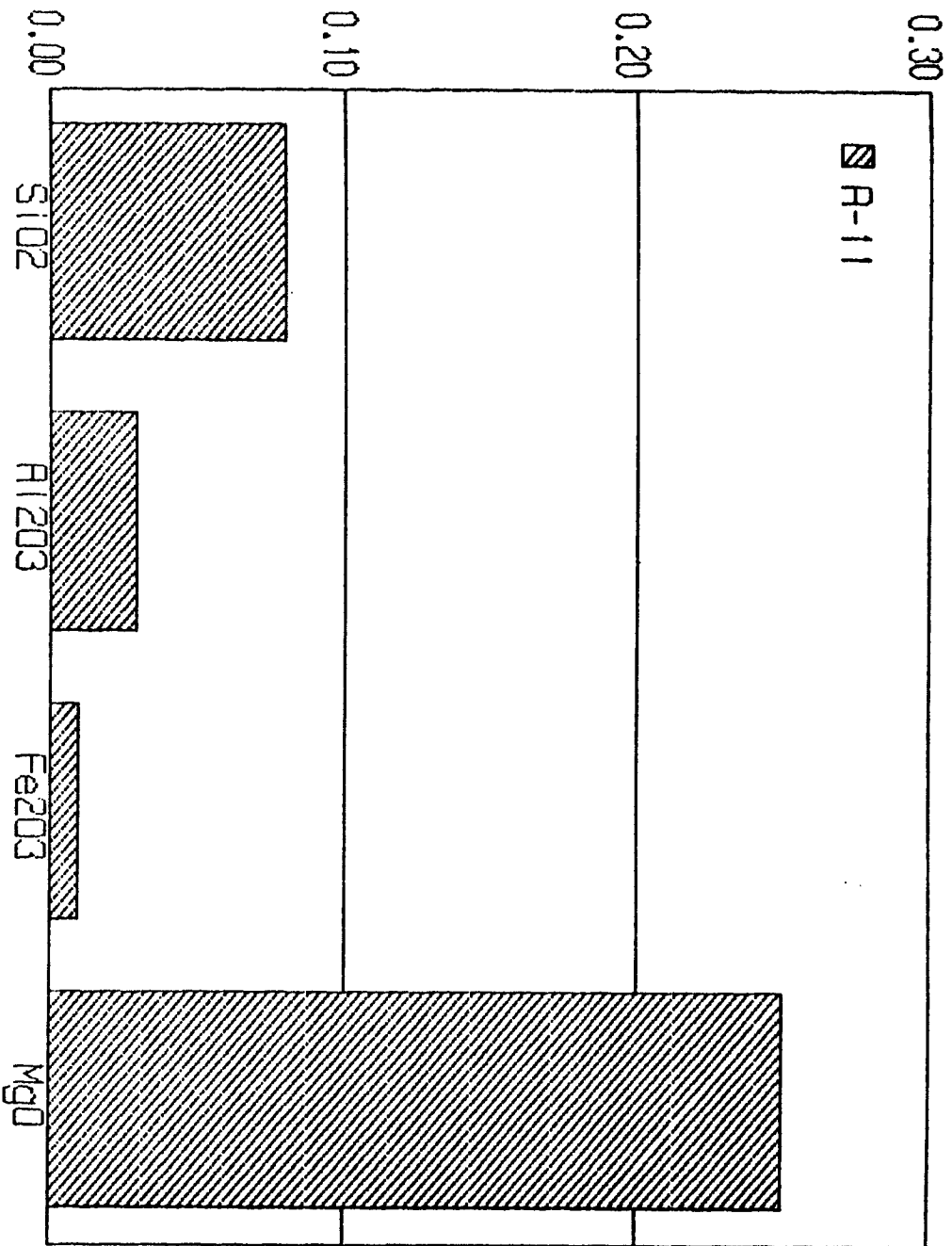


Figura 69. Contenido en elementos menores de la muestra de Cardes.

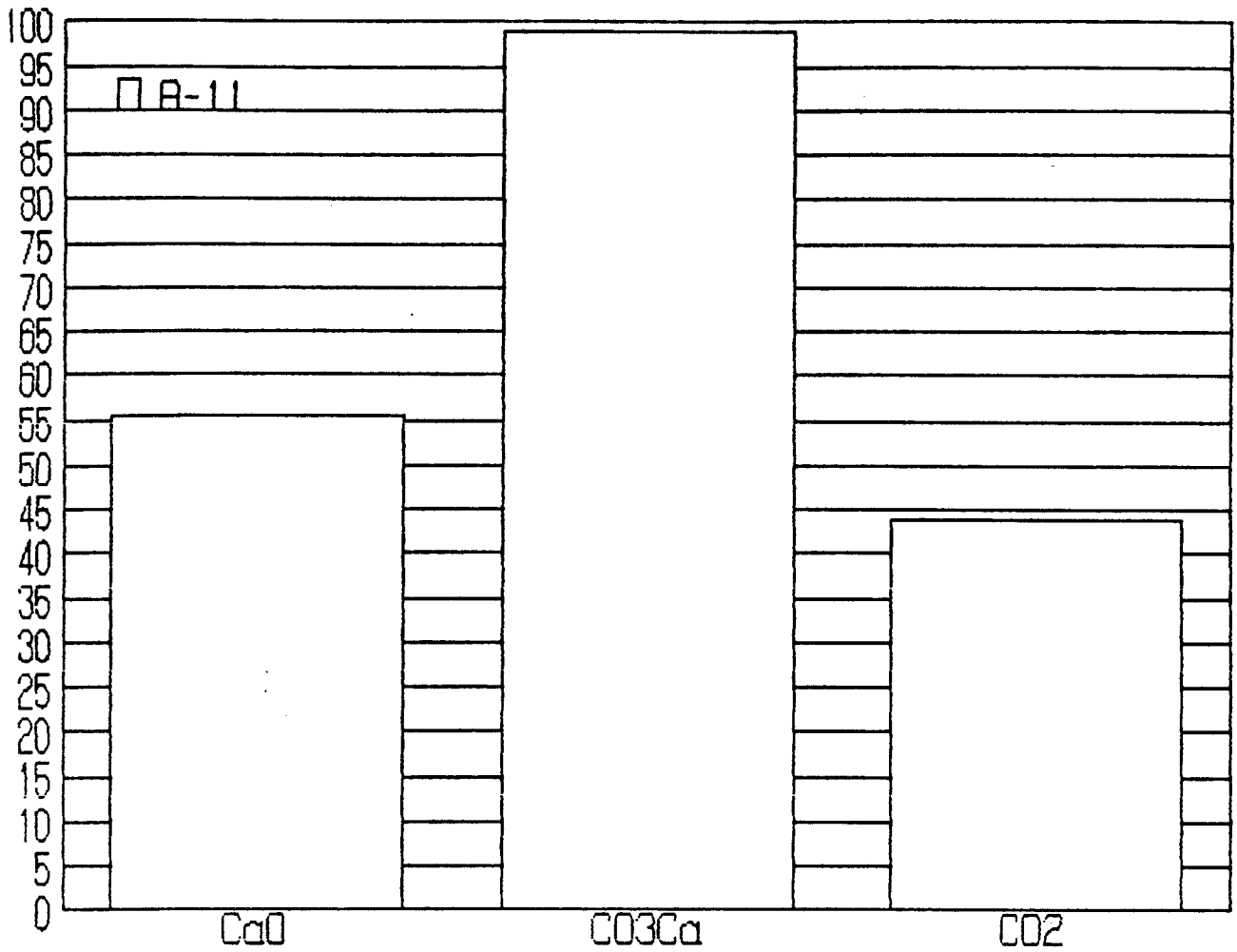


Figura 70. Contenido en CaO y Carbonato CO<sub>2</sub> de la muestra de Cardes.

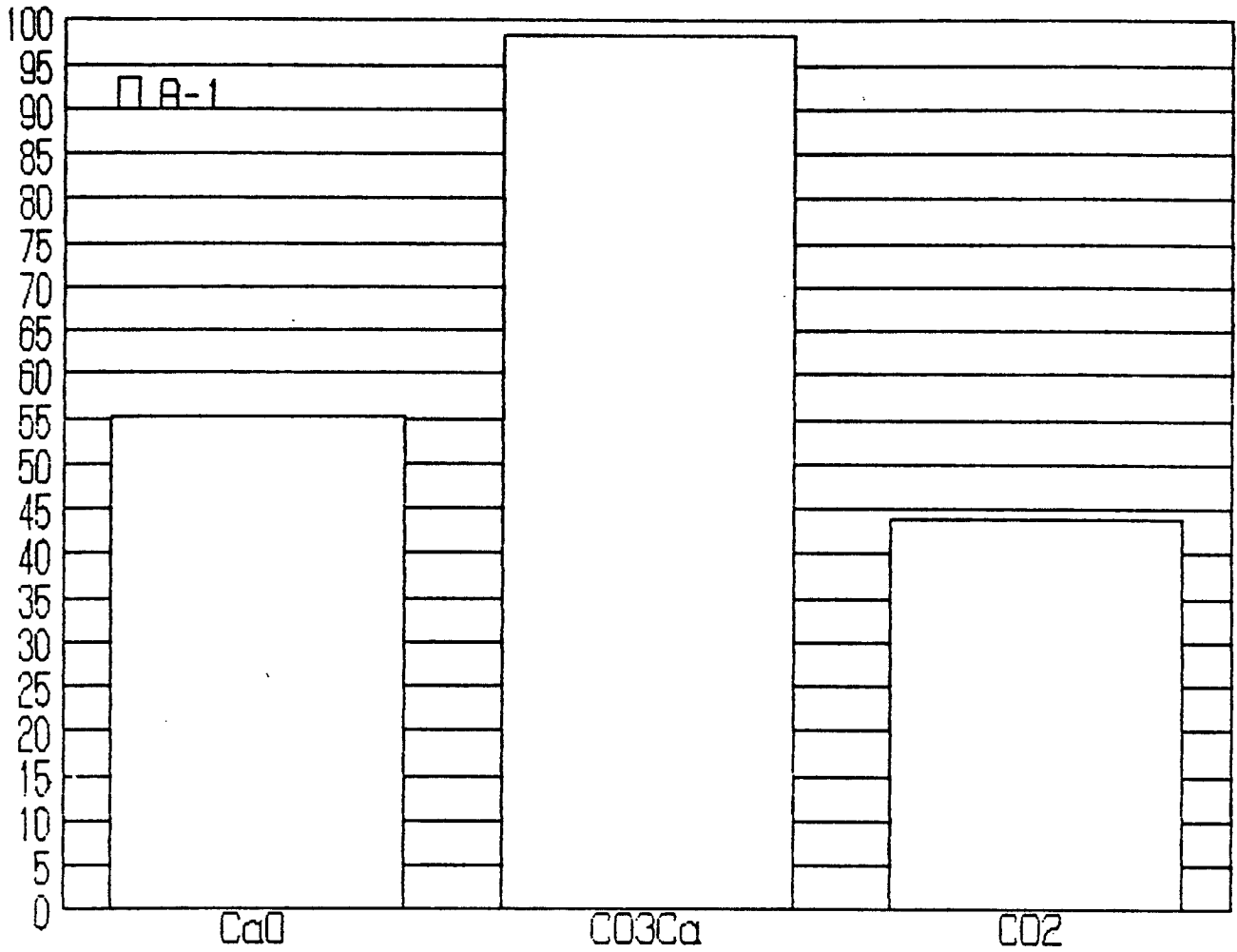


Figura 71. Contenido en CaO y Carbonato de la muestra de Caravia.

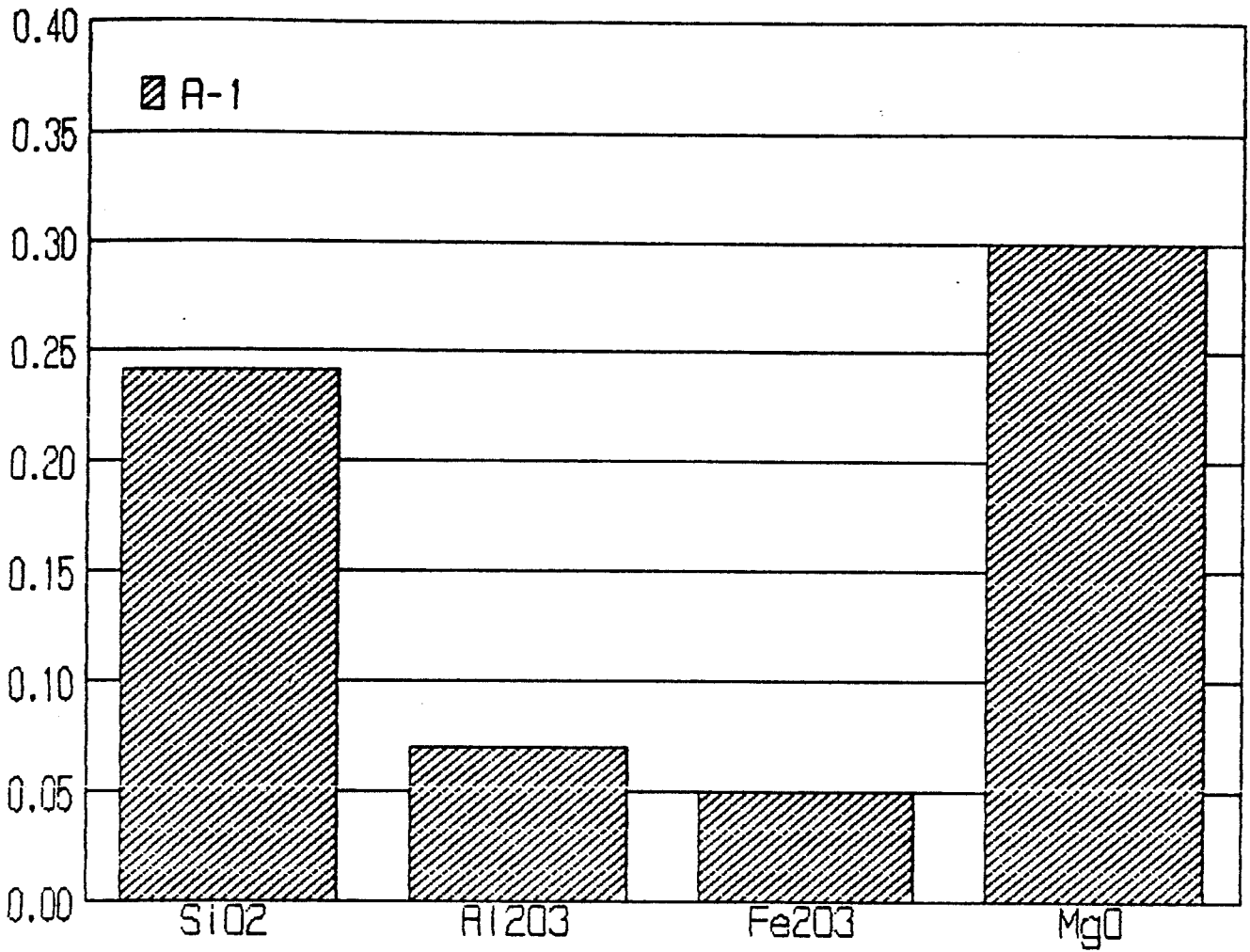


Figura 72. Contenido en elementos menores de la muestra de Caravia.

### **Características químicas.**

El análisis químico ha presentado un contenido en Oxido de Calcio muy elevado, 55.1% y bajo en MgO, 0.3% , siendo el porcentaje de CO<sub>2</sub> de 43.9% y por tanto el contenido en Carbonato Cálcico de 98.35%, (fig. 71), cumpliendo estos valores con las especificaciones de prácticamente todos los sectores considerados.

El contenido en SiO<sub>2</sub>, 0.24, aunque moderado sobrepasa lo requerido en sectores como el del vidrio o química.

Al igual sucede con los porcentajes de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que con 0.05 y 0.07 excede lo exigido en el sector del vidrio.

Los valores de estos elementos se representan gráficamente en la fig. 72.

Así pues excepto en el mencionado sector del vidrio, en el resto sectores este material no ofrecería problemas de utilización.

El comportamiento en la cinética de reacción en ClH, ha sido excelente, con un porcentaje total de material reaccionante, en las condiciones consideradas, del 94% lo que ratifica su amplio espectro de utilización.

#### **- Zona del puerto de Rañadoiro**

La muestra obtenida en esta zona es la AM-1, correspondiendo a la formación carbonatada “Caliza de Lancara”, del Cámbrico inferior, habiéndose muestreado el tramo constituido por mármoles calcáreos.

### **Características químicas.**

La muestra analizada ha presentado un contenido en CaO muy elevado 55.1%, y bajo en MgO, 0.33% , siendo el CO<sub>2</sub> 43.9, con lo cual el porcentaje de Carbonato Cálcico es también alto con 98.35%, (fig. 74), cumpliendo estos valores la práctica totalidad de las especificaciones.

El resto de elementos pueden considerarse dentro de los límites exigidos, si bien el SiO<sub>2</sub> con 0.24, es un tanto elevado, como puede comprobarse en la fig. 73.

El comportamiento en la cinética de reacción en ClH, ha sido excelente con un porcentaje de 96%, de material reaccionante en las condiciones consideradas.



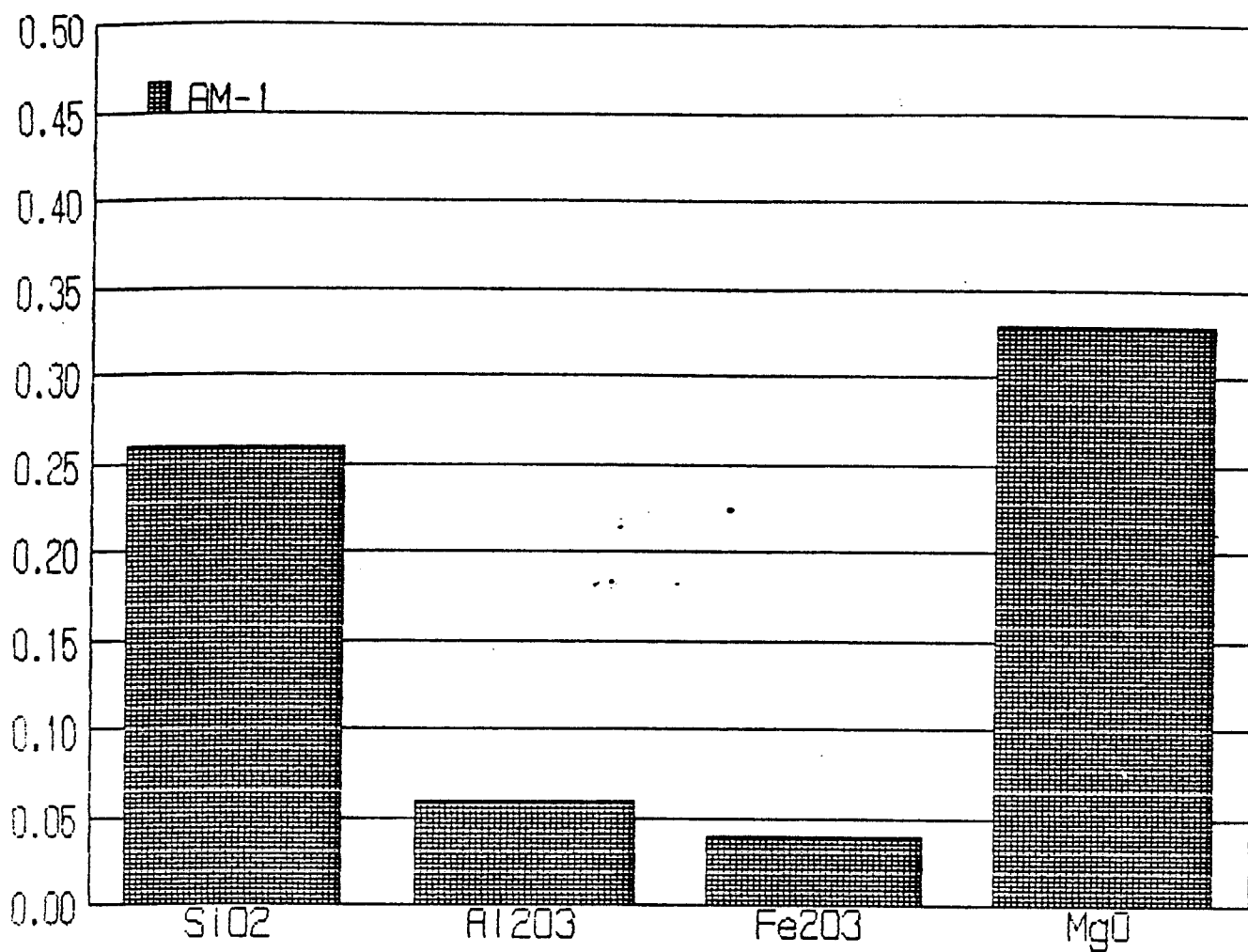


Figura 73. Porcentaje de elementos menores de la muestra del puerto del Rañadoiro.

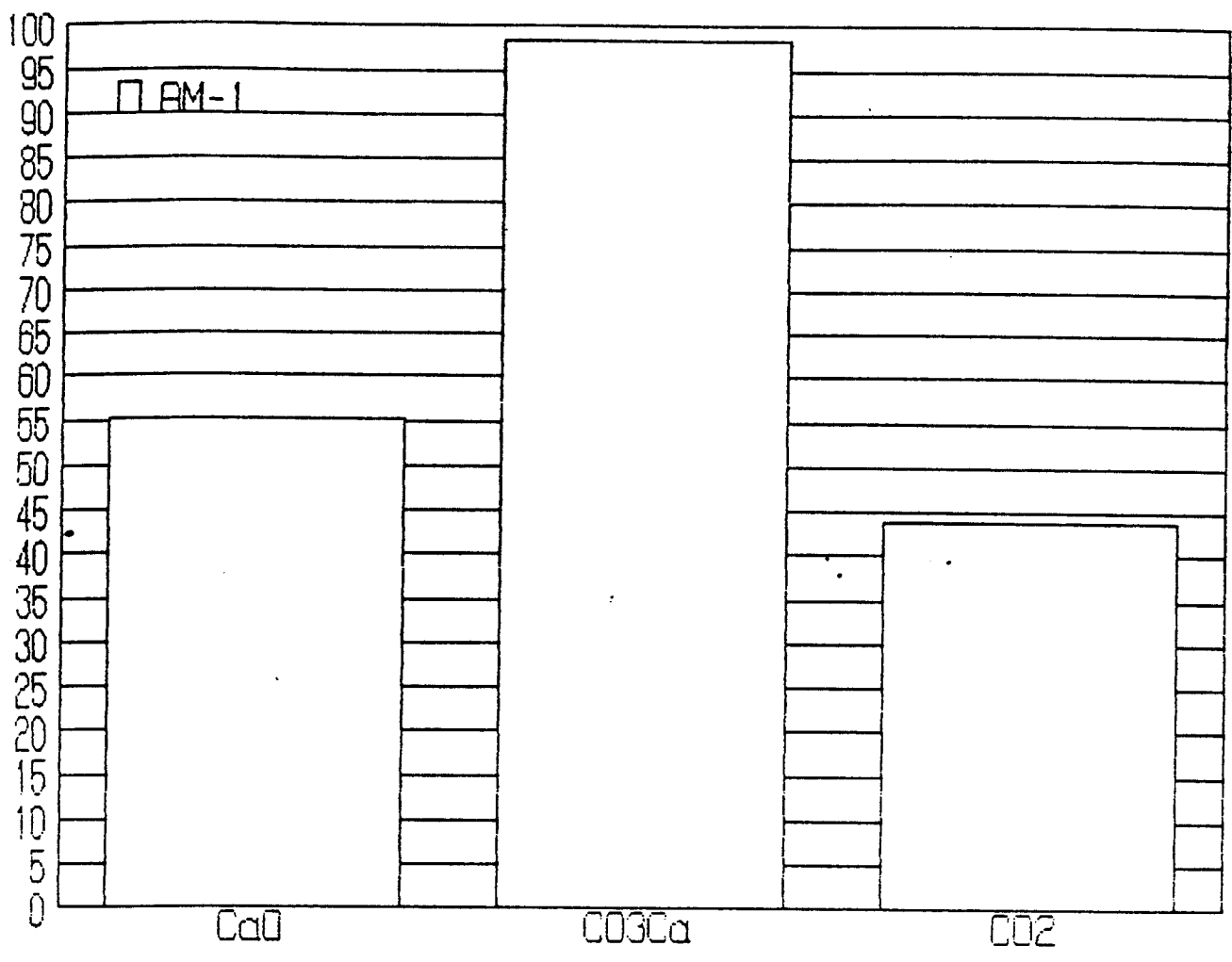


Figura 74. Porcentaje de CaO y Carbonato CO<sub>2</sub> de la muestra del puerto del Rañadoiro.

Así pues con estas características, el material tratado no ofrecería problemas de utilización en ninguno de los sectores considerados, aunque es posible una cierta tendencia a la decrepitación debido al alto grado de cristalinidad.

### 8.1.2. Dolomías

Los resultados obtenidos en los ensayos químicos de las muestras de dolomías en esta Comunidad, en general no han ofrecido unos resultados satisfactorios, fundamentalmente por la presencia de proporciones elevadas de elementos considerados perjudiciales, como el  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , lo que unido a las condiciones ya expuestas de afloramientos y reservas hace que las perspectivas de este material sean bastante desfavorables.

Los resultados de los análisis químicos de dolomías de las muestras obtenidas en el trabajo figuran en el cuadro 11, mientras en el cuadro 12 figuran los análisis cedidos por la empresa Monte Hano, encontrándose los resultados del ensayo de reactividad en el cuadro 13.

	A-2	A-6	A-7-1	A-7-1	A-8	A-5	AD-1	AD-2	AD-4	AD-5	AD-3-1	AD-3-2
$\text{SiO}_2$	0.16	0.47	0.30	0.28	0.16	0.2	0.74	1.51	0.28	0.34	0.29	0.17
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.02	0.08	0.03	0.03	0.03	0.11	0.11	0.17	0.02	0.04	0.03	0.07
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.55	0.21	0.38	0.33	0.32	0.3	1.78	1.22	0.33	0.46	0.33	0.77
CaO	33.0	31.5	30.4	31.2	34.0	31.1	31.2	30.4	31.0	30.4	31.1	32.4
MgO	18.7	20.0	20.6	20.1	18.0	20.3	18.8	19.7	20.4	20.7	20.0	18.8
$\text{Na}_2\text{O}$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$\text{K}_2\text{O}$	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
MnO	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.11	0.2	0.19	0.05	0.1	0.07	0.21
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.075	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.008	0.05	0.02	0.03	0.02
S	0.02	0.007	0.007	0.009	0.011	0.005	0.017	0.015	0.01	0.008	0.002	0.01
P.p.c.	47.2	47.4	47.9	47.7	47.2	47.6	46.9	46.6	47.7	47.7	47.8	47.3
$\text{CO}_3\text{Ca}$	58.91	56.23	54.26	55.69	60.69	55.51	55.69	54.26	55.34	54.26	55.51	57.83
$\text{CO}_3\text{Mg}$	39.12	41.84	43.1	42.05	37.66	42.47	39.33	41.21	42.68	43.3	41.84	39.33

Cuadro 11.- Resultados de los análisis de las muestras de Dolomías

	A	B	C	D	E
SiO <sub>2</sub>	0.53	7.46	3.5	3.51	2.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	1.31	1.1	1.18	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.67	0.6	0.47	0.85	0.87
CaO	31.5	29.5	30.4	30.2	30.1
MgO	19.9	17.9	19.2	18.8	19.9
MnO	0.09	0.08	0.07	0.09	0.1
S	0.022	0.009	0.019	0.015	0.036
P.p.c.	46.6	41.9	43.8	44.8	45.1
CO <sub>3</sub> Ca	56.23	52.66	54.26	53.91	53.73
CO <sub>3</sub> Mg	41.63	37.45	40.17	33.33	41.63

Cuadro 12.- Análisis de muestras de Dolomía de la zona de Soto de la Barca, cedidos por la empresa Monte Hano S.A.

	2 min.	5 min.	10 min.	Reactividad
A-2	47	60	67	Regular
A-6	56	68	72	Buena
A-7-1	60	74	81	Buena
A-7-2	58	72	78	Buena
A-8	59	70	75	Buena
A-5	63	76	81	Buena
AD-1	38	50	65	Regular
AD-2	54	58	63	Regular
AD-4	50	59	70	Regular
AD-5	61	75	85	Buena
AD-3-1	51	55	59	Regular
AD-3-2	57	63	70	Regular

Cuadro 13.- Resultado del ensayo de reactividad.

**- Zona de Caravia**

Se ha obtenido una muestra la A-2, en una bolsada de dolomía, incluida en la formación de la caliza de la Escalada de edad carbonífero.

### **Características químicas.**

El análisis químico ha ofrecido un contenido en MgO de 18,7 % un poco bajo para sectores como el del vidrio y en refractarios, siendo suficiente para el resto de sectores.

El resto de los valores pueden considerarse normales, ya que se encuentran por debajo de las especificaciones requeridas en la mayor parte de los sectores, excepto en el caso del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que con 0,55 %, sobrepasa el valor límite exigido en el sector del vidrio.

En cuanto al comportamiento en la cinética de reacción en CIH, ha sido poco favorables con un porcentaje de material de 67 % que reacciona en diez minutos, lo cual puede considerarse bajo.

Con estas características y siendo imprescindible confirmar la continuidad de los contenidos en MgO, este material puede utilizarse en los distintos sectores considerados, si se exceptúa el del vidrio y con reservas el de refractarios.

#### **- Zona de Grado-Fuejo**

Se han obtenido un total de 8 muestras, que corresponden a las claves A-6, A7-1, A7-2, A-8, AD-4, AD-5, AD3-1 y AD3-2.

Proceden de distintas bolsas dentro de la zona, incluidas en la formación de la caliza de Montaña carbonífera.

En general presentan un color crema o marrón claro, en algunos casos con recristalizaciones irregulares.

### **Características químicas.**

El contenido en MgO, (fig. 76), en general, se encuentra dentro de los límites requeridos por los distintos sectores, ya que excepto en la A-8, con un 18,0% y la AD-3-2 con un 18,8% el resto se encuentra por encima del 20%, por lo cual respecto a esta característica no ofrecerían dificultades en los distintos usos.

Respecto al  $\text{SiO}_2$ , excepto la muestra A-6 con un contenido de 0,47% que sobrepasa el exigido en el sector del vidrio, el resto de las muestras presentan valores que se pueden considerar normales para todos los sectores consumidores.

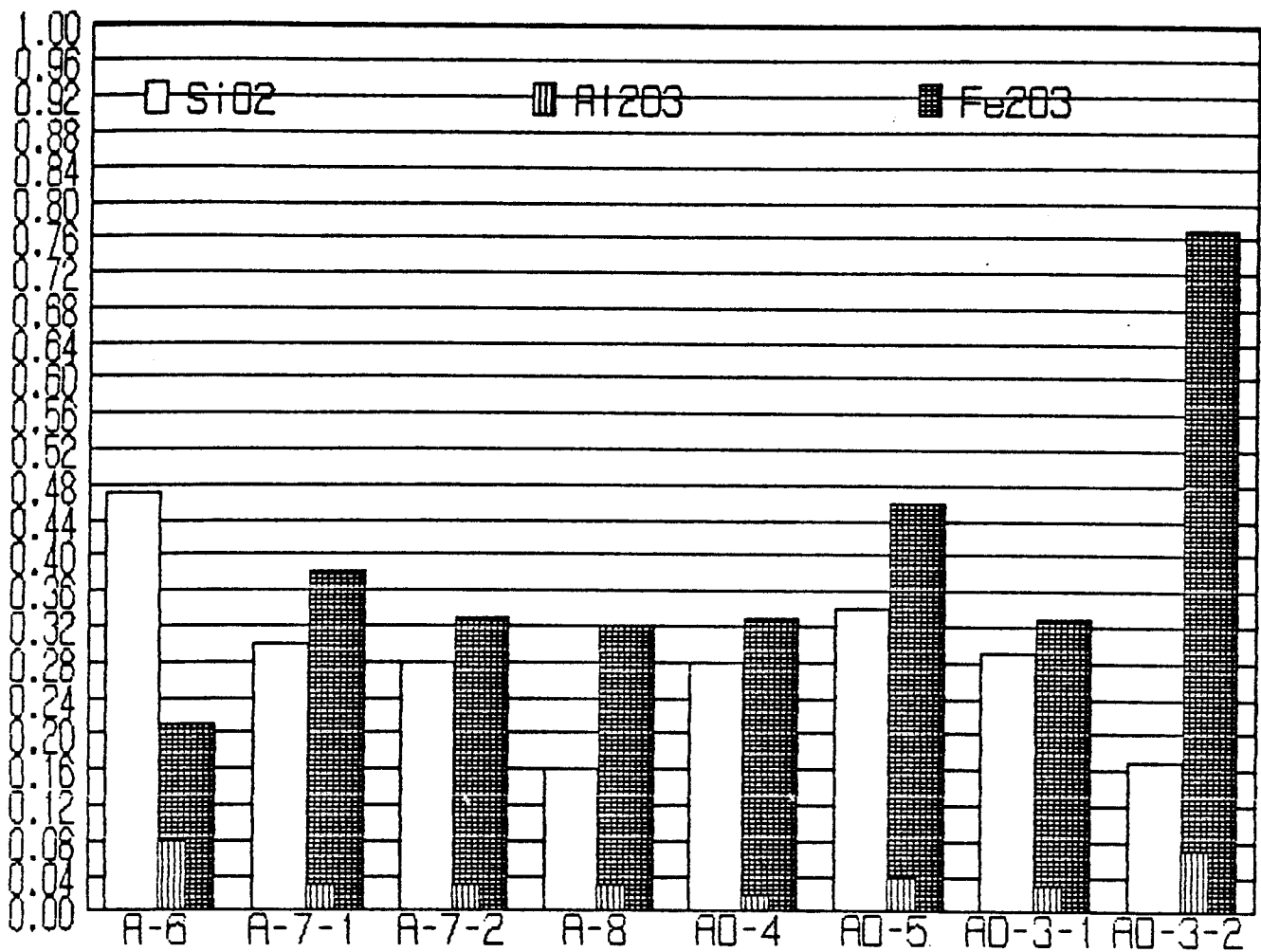


Figura 75. Porcentaje en óxidos de elementos minoritarios de las muestras de Grado Fuejo.

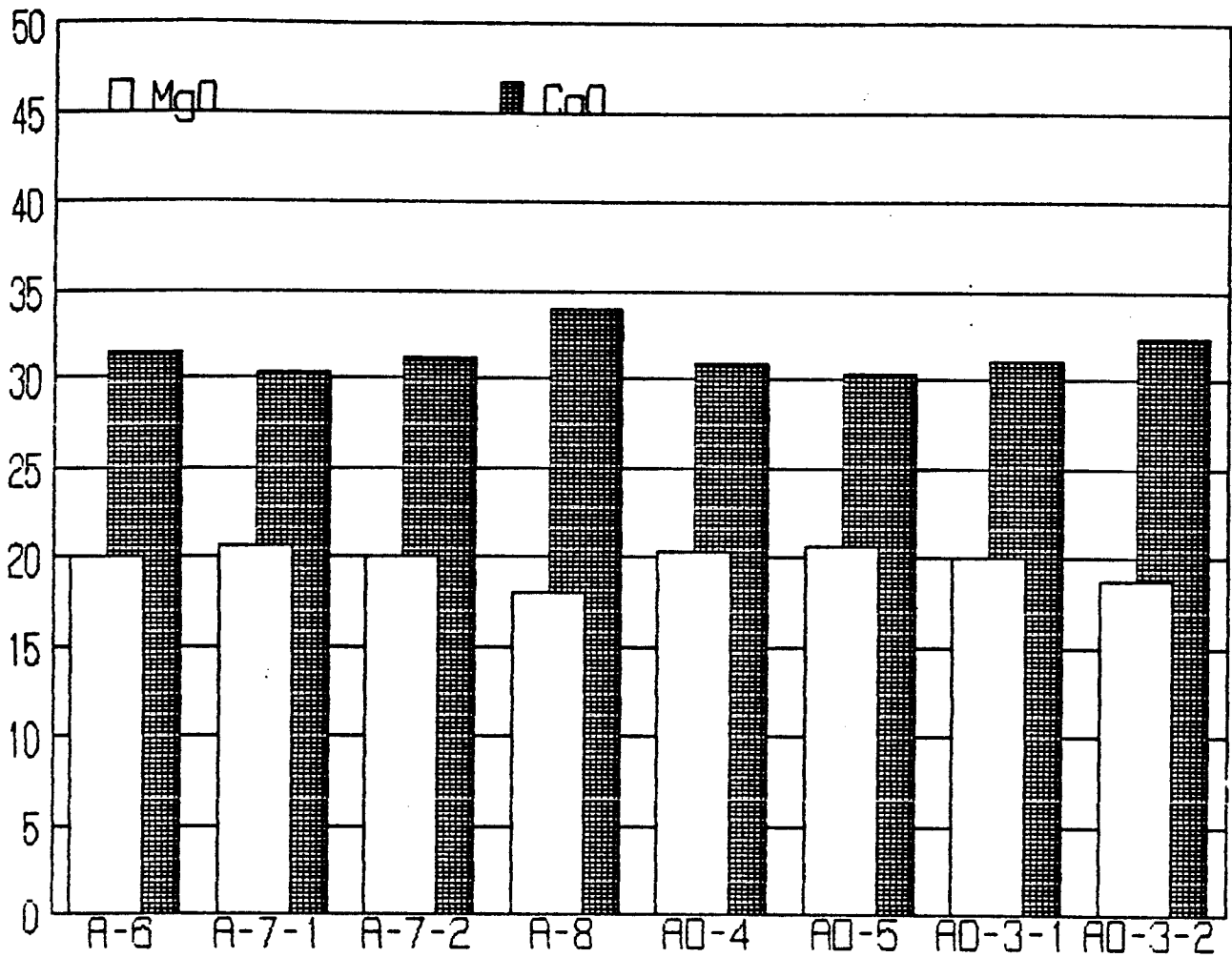


Figura 76. Porcentaje de óxidos de Ca y Mg de las muestra de Grado Fujo.

En cuanto al contenido en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  algunas de las muestras sobrepasan el mínimo exigido, fundamentalmente en el sector del vidrio. Así, la AD3-2 con un 0,77%, la AD-5 un 0,46, la A-7-1 un 0,38%, mientras el resto pueden considerarse dentro del límite a pesar de ser un poco elevados.

La representación gráfica de los porcentajes de los elementos citados se recoge en la fig. 75.

El resto de los elementos sujetos a especificaciones, ofrecen unos valores que se encuentran dentro de los límites exigidos por los distintos sectores.

En lo que se refiere al ensayo de reactividad, en general se puede considerar aceptable, aunque existen varias muestras con un porcentaje de material que reacciona un poco bajo, como son los casos de la AD3-2, AD3-1 y AD-4.

Teniendo en cuenta lo expuesto, estos materiales no presentan mayores dificultades para su utilización en la mayor parte de sectores, si excluimos el del vidrio, en el cual, las condiciones de las muestras A-6, AD3-1, AD-5 y A7-1, sobrepasan los límites de calidad exigidos, aunque el problema se presenta en la continuidad de los afloramientos y en las condiciones de explotación, bastante complicadas, por lo cual esta zona ha de ser considerada con reservas.

#### **- Zona de Soto de la Barca**

En esta zona se han obtenido dos muestras (AD-1 y AD-2), contándose además con los resultados de cinco muestras, analizadas recientemente por una empresa del sector.

Corresponden a dolomías masivas de color ocre, de grano fino, de la formación Cámbrica, caliza de Láncara.

#### **Características químicas.**

Las dos muestras analizadas presentan unos contenidos en MgO de 18.9 y 19.7, un poco bajos teniendo en cuenta las especificaciones para el sector del vidrio, mientras pueden considerarse aceptables para el resto de sectores.

El contenido en MgO, de las otras cinco muestras es similar, teniendo como mínimo 17.9 en la B y 19.9 como máximo en la E cualquier caso excepto para el sector del vidrio para el resto se encuentran dentro de los límites permitidos (fig. 78).



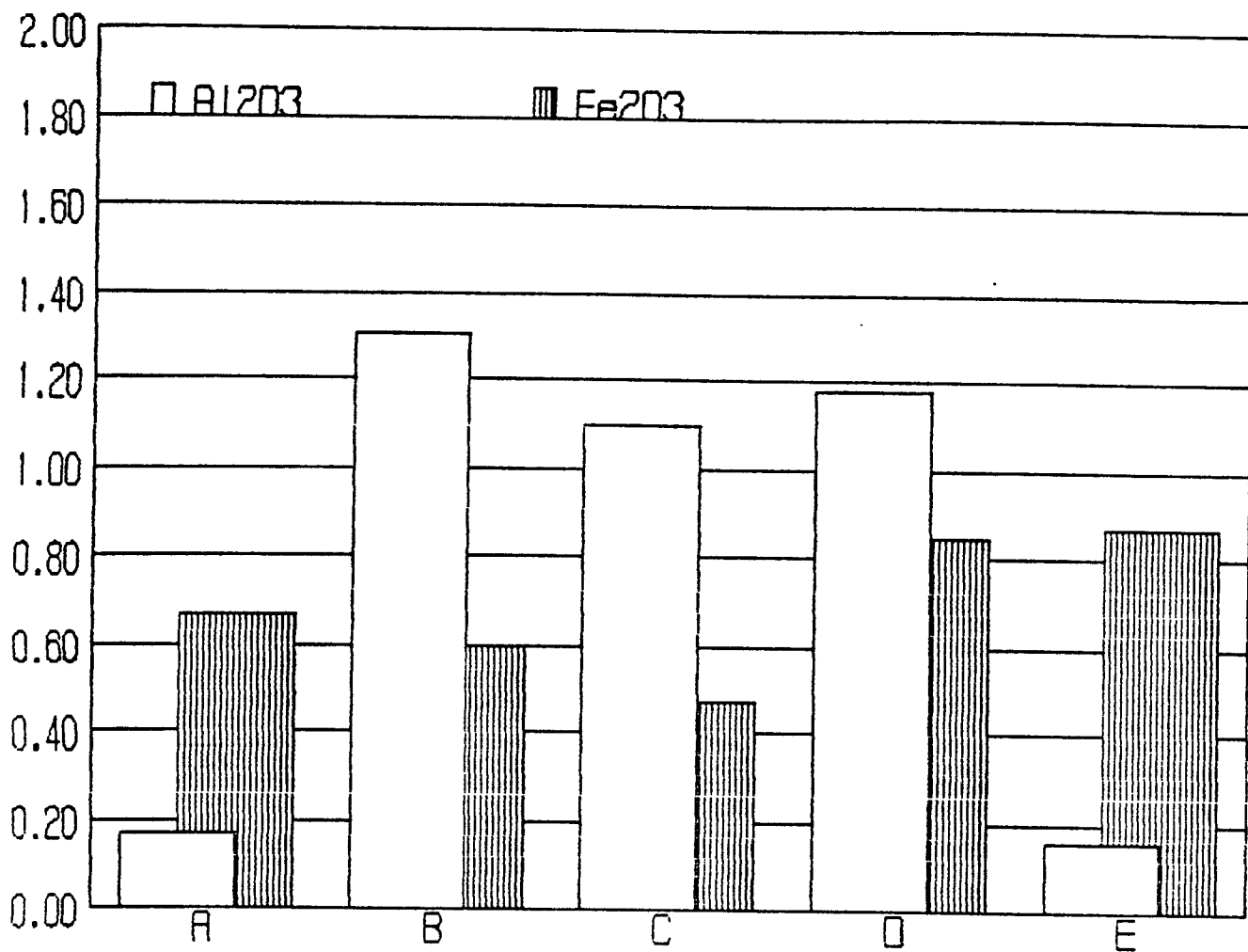


Figura 77. Porcentaje de óxidos de Al y Fe de las muestras de Soto de la Barca.

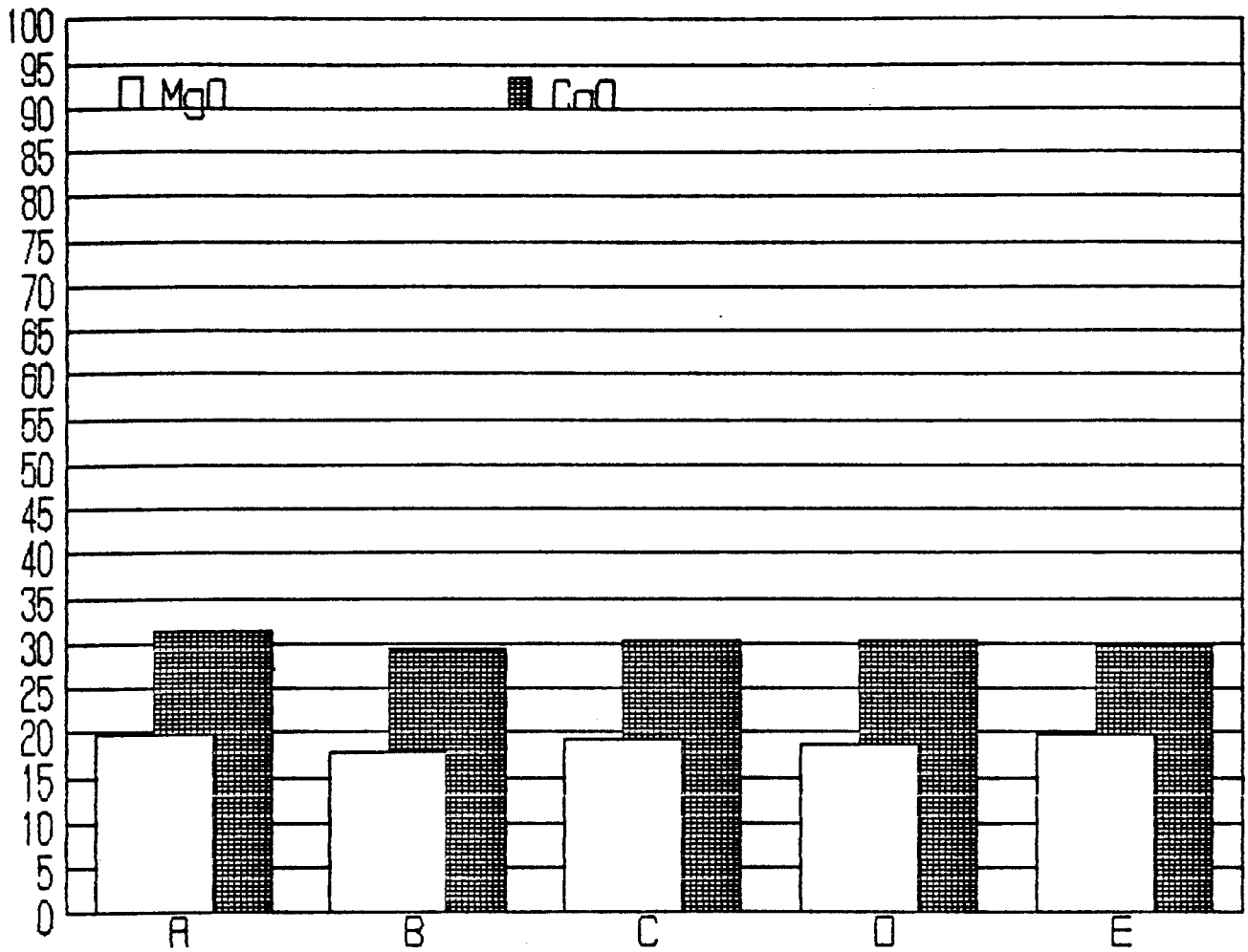


Figura 78. Porcentaje de óxidos de Ca y Mg de las muestras de Soto de la Barca.

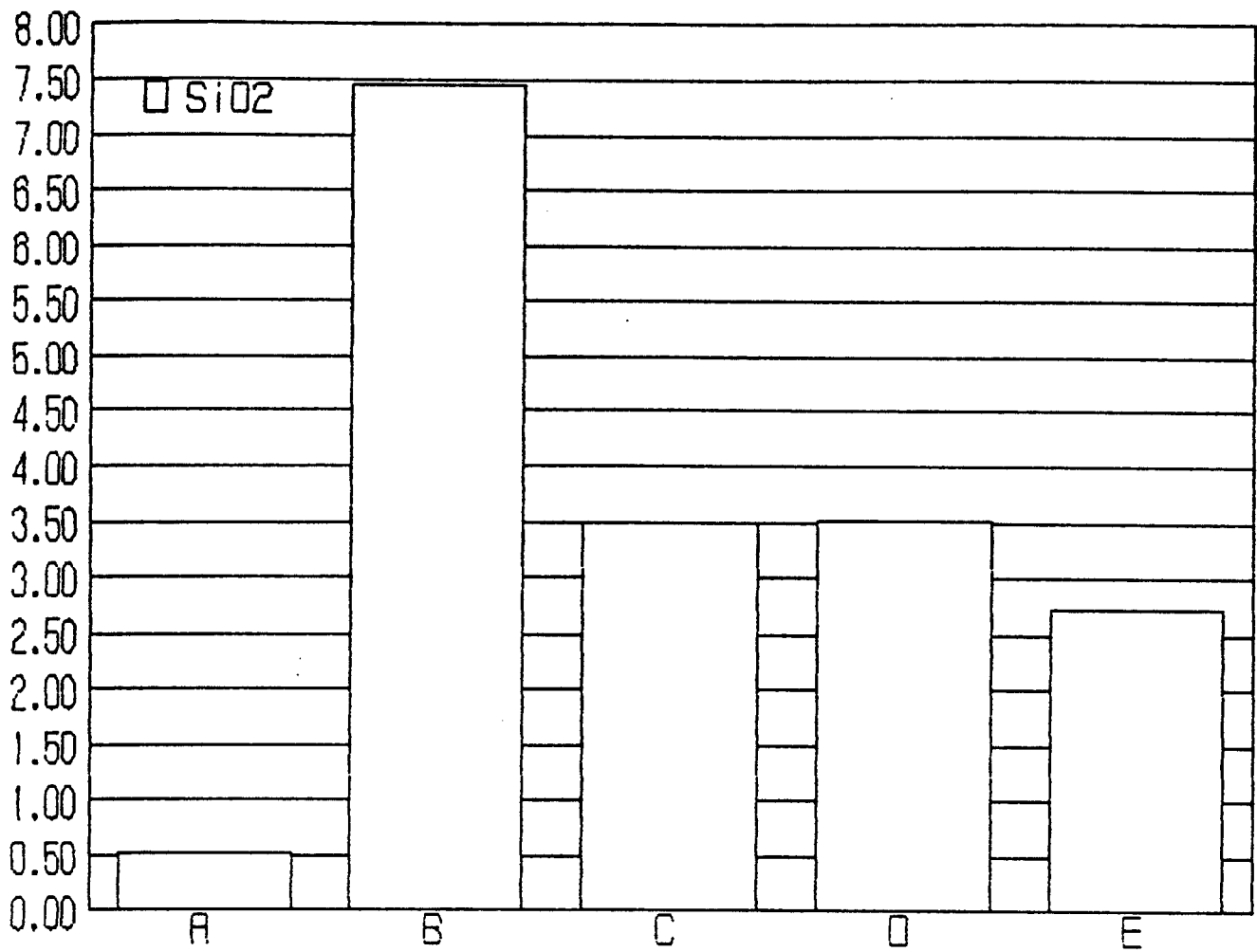


Figura 79. Porcentaje de SiO<sub>2</sub> de las muestras de Soto de la Barca.

Los contenidos en  $\text{SiO}_2$  de todas las muestras es muy elevado, con valores siempre por encima de los permitidos para la mayor parte de los sectores, (fig. 79).

Así por ejemplo la muestra B, con 7.46 es excesivo, siendo el mínimo de estas muestras 0.53 en la A.

Respecto al  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , los contenidos que han ofrecido las muestras son también muy elevados, lo que unido a los del  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , en general también altos, (fig. 78), sobrepasan las especificaciones requeridas para la práctica totalidad de los sectores consumidores.

El comportamiento en la reactividad de las muestras AD-1 y AD-2, es también bastante pobre con un porcentaje escaso de material que reacciona.

Con las condiciones expuestas anteriormente, marcadamente desfavorables, a las que hay que unir una cierta tendencia a decrepitar, las dolomías de esta zona no ofrecen ninguna perspectiva de utilización, en los sectores que se han considerado.

#### **- Zona del Puerto de San Isidro**

En esta zona se han obtenido una muestra A-5, en una bolsada de dolomía incluida en la caliza de Montaña carbonífera.

La roca presenta un color marrón claro, de grano fino y con algunas recristalizaciones constituyendo una bolsada irregular y de complicada definición.

#### **Características químicas.**

Los contenidos de los elementos que presenta la muestra analizada, se encuentran dentro de los límites especificados para los distintos sectores.

Así el  $\text{MgO}$  muestra un porcentaje de 20.3%, que cubre suficientemente lo requerido en todos los sectores.

Respecto del resto de elementos que están sujetos a valores límites, como el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ofrece un porcentaje de 0.3%, que aunque es un tanto elevado y sobrepasa lo exigido en el sector del vidrio, puede considerarse suficiente para el resto de los sectores de consumo.

En cuanto al comportamiento en la reactividad en  $\text{ClH}$ , ha sido bueno, con un porcentaje de material reaccionante, en las condiciones consideradas del 81%.

A pesar de estas características favorables, la problemática de esta zona es su complicada explotación por la acusada orografía y teniendo en cuenta también que la continuidad en las características químicas se ofrece bastante aleatoria.

No obstante y pese a su lejanía de los centros industriales, debería ser una zona a considerar en el futuro.

## 8.2. País Vasco

En esta Comunidad se han realizado un total de diez análisis, sobre las muestras obtenidas, de las cuales solo una corresponde a una dolomía, siendo las restantes de calizas.

### 8.2.1. Calizas

Los resultados obtenidos en los análisis químicos de Calizas, reflejados en el cuadro 14, han mostrado en general, contenidos muy elevados en Sílice, a pesar de que los porcentajes de Oxido de Calcio han resultado ser también bastante aceptables en la mayor parte de las muestras.

Respecto al comportamiento en el ensayo de reactividad, (cuadro 15), también en general, ha sido bastante satisfactorio, con altos porcentajes de material reaccionante, excepto en aquellas muestras cuyo contenido en  $\text{SiO}_2$  es muy alto.

	V-1	V-1-1	V-2	V-4	V-5	V-6-1	V-6-2	V-7	V-8
$\text{SiO}_2$	0.55	0.13	7.29	15.3	2.01	0.4	0.24	14.9	3.12
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.34	0.01	0.47	1.57	0.57	0.14	0.06	0.21	0.9
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.24	0.02	0.45	0.53	0.26	0.12	0.03	0.16	0.57
$\text{CaO}$	54.6	55.2	50.8	43.7	53.5	55.0	55.3	46.9	52.4
$\text{MgO}$	0.34	0.37	0.38	0.91	0.33	0.3	0.27	0.38	0.4
$\text{Na}_2\text{O}$	0.02	0.01	0.03	0.08	0.03	0.007	0.007	0.01	0.03
$\text{K}_2\text{O}$	0.02	0.01	0.04	0.16	0.09	0.008	0.007	0.02	0.17
$\text{MnO}$	0.01	0.03	0.02	0.006	0.02	0.005	0.005	0.01	0.06
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.02	0.01	0.02	0.031	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03
$\text{S}$	0.04	0.005	0.04	0.39	0.023	0.07	0.06	0.06	0.044
P.p.c.	43.6	44.0	40.3	37.1	42.9	43.9	43.9	37.2	42.2
$\text{CO}_3\text{Ca}$	97.46	98.53	90.68	78.01	95.5	98.18	98.71	83.72	93.53
$\text{CO}_3\text{Mg}$	0.71	0.77	0.8	1.9	0.69	0.63	0.57	0.8	0.84

Cuadro 14.- Resultado de los análisis químicos de Calizas.

	2 minu.	5 minu.	10 minu.
V-1	74	87	95
V-1-1	61	91	97
V-2	44	70	79
V-4	36	49	54
V-5	67	84	92
V-6-1	70	86	97
V-6-2	60	79	96
V-7	47	70	74
V-8	55	81	88

Cuadro 15.- Resultado del ensayo de reactividad.

#### - Zona de Salvatierra

De esta zona se han obtenido dos muestras, una de ellas la V1-1 pertenece a un dique de Calcita, mientras que la V-1 corresponde a la caliza en la que está incluido el citado dique.

La formación a la que pertenece la caliza de naturaleza arrecifal, es Cretácico medio (Aptense-Albense). El colorido de la caliza es gris clara, de grano fino con abundantes restos fosilíferos y algunas recristalizaciones.

#### Características químicas.

La muestra V-1-1, procedente del dique de calcita, presenta un contenido en CaO muy alto 55.2, con lo cual cumple suficientemente las distintas especificaciones de los diversos sectores.

El resto de los elementos sujetos a límites específicos, como el MgO con 0.37, SiO<sub>2</sub> con 0.13, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con 0.02 y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con 0.01, se encuentran dentro de los valores requeridos para los distintos sectores. Su representación así como los porcentajes correspondientes de la muestra V-1 se encuentran en la fig. 81).

El comportamiento ante la reactividad ha sido muy bueno, con un porcentaje de material reaccionante al cabo de diez minutos del 97%.

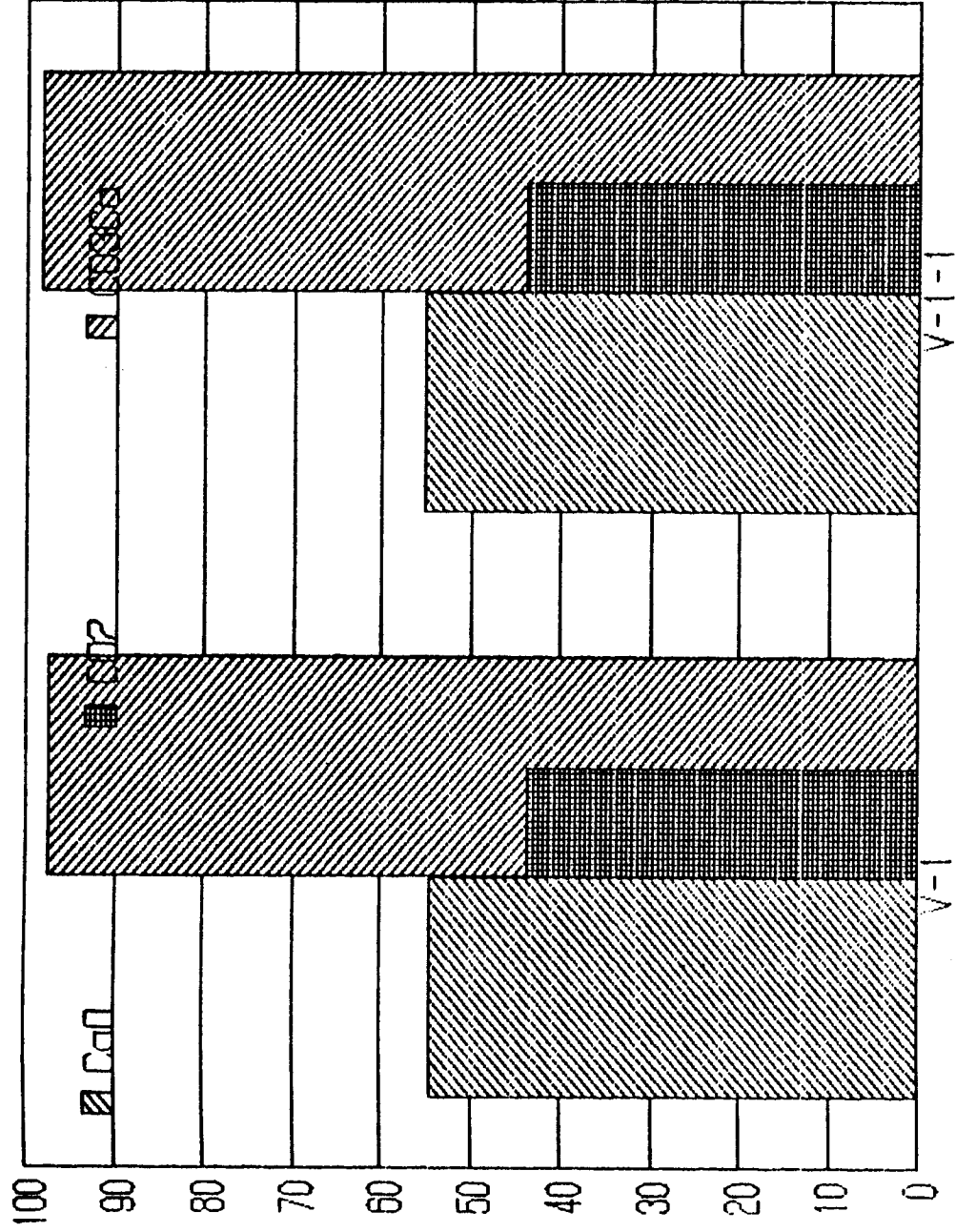


Figura 80. Porcentaje de óxido de Ca, Carbonato y CO<sub>2</sub> en las muestras de Salvatierra.

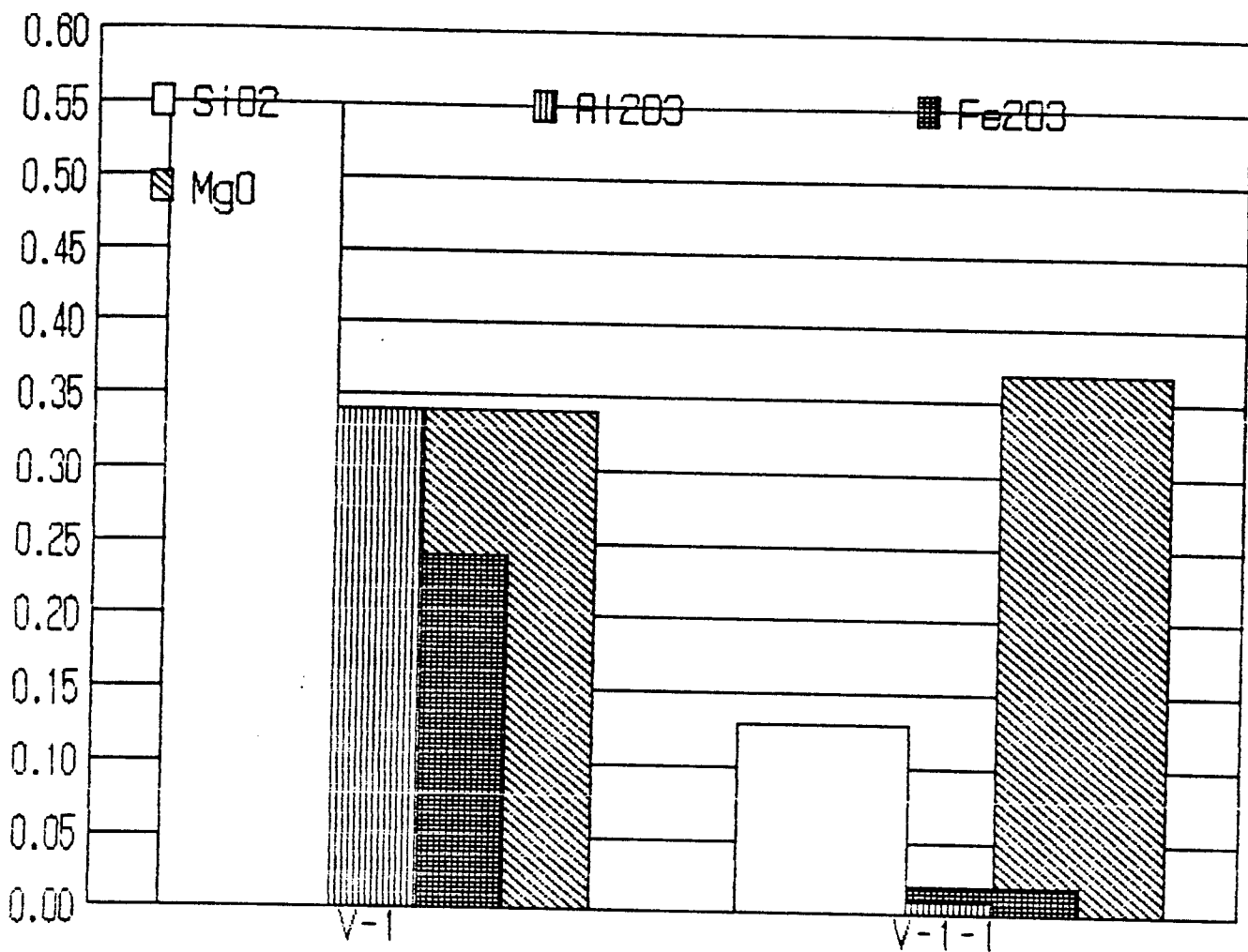


Figura 81. Porcentaje de óxidos de elementos minoritarios en las muestras de Salvatierra.



Por todas estas condiciones expuestas, este material no presentaría ningún problema de utilización en la práctica totalidad de los sectores consumidores.

La muestra V-1, que procede de la caliza, presenta un contenido en CaO de 54.6, que se puede considerar suficiente para la totalidad de los sectores considerados. La representación gráfica de estos valores, así como el del carbonato y la pérdida ante la calcinación, de las dos muestras se recoge en la fig. 80.

El contenido en SiO<sub>2</sub> de 0.55, es quizá un tanto elevado, sobrepasando el límite exigido en algunos sectores como el vidrio y cargas blancas.

El resto de componentes pueden considerarse dentro de los límites requeridos en las distintas especificaciones.

En cuanto a su comportamiento ante la reactividad, ha sido también muy favorable, con un porcentaje de material que reacciona en diez minutos del, 95%.

Con estas características, si se excluyen el sector del vidrio y cargas blancas, para el resto de sectores no presentaría ningún problema de utilización.

#### **- Zona de Deva**

Se han tomado dos muestras de esta zona, la V-7 y V-8, pertenecientes a las grandes masas arrecifales cretácicas del complejo "Urgoniano".

Ambas muestras presentan un color grisáceo claro, grano fino con abundancia de restos fósiles y algunas recristalizaciones irregulares.

En el test del ácido clorhídrico realizado en campo, han presentado una efervescencia apreciable

#### **Características químicas.**

La característica principal que se destaca en los resultados del análisis químico de las muestras, es su elevado contenido en SiO<sub>2</sub>, (fig. 83), 14.9 y 3.12 respectivamente, valores estos que superan ampliamente los límites admitidos en la práctica totalidad de los sectores consumidores.

Debido a esta circunstancia y aunque el contenido en CaO se puede considerar aceptable, con un 46.9 y 52.4 respectivamente, y una pérdida por calcinación, (fig. 82), dentro de los límites exigidos, este material es totalmente descartable para su utilización en los sectores considerados.

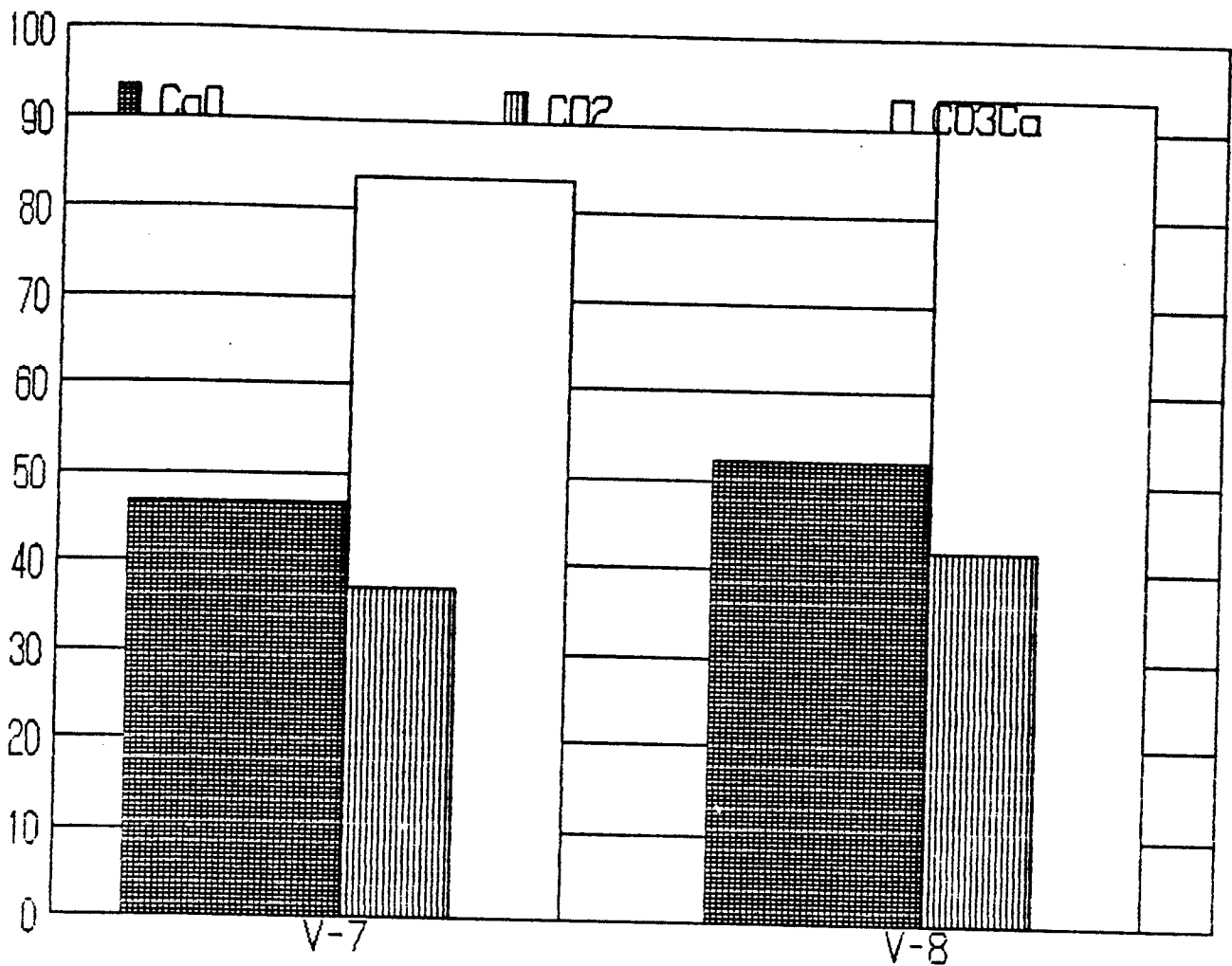


Figura 82. Porcentaje de óxido y Carbonato de Ca y de CO<sub>2</sub> en las muestras de Deva.

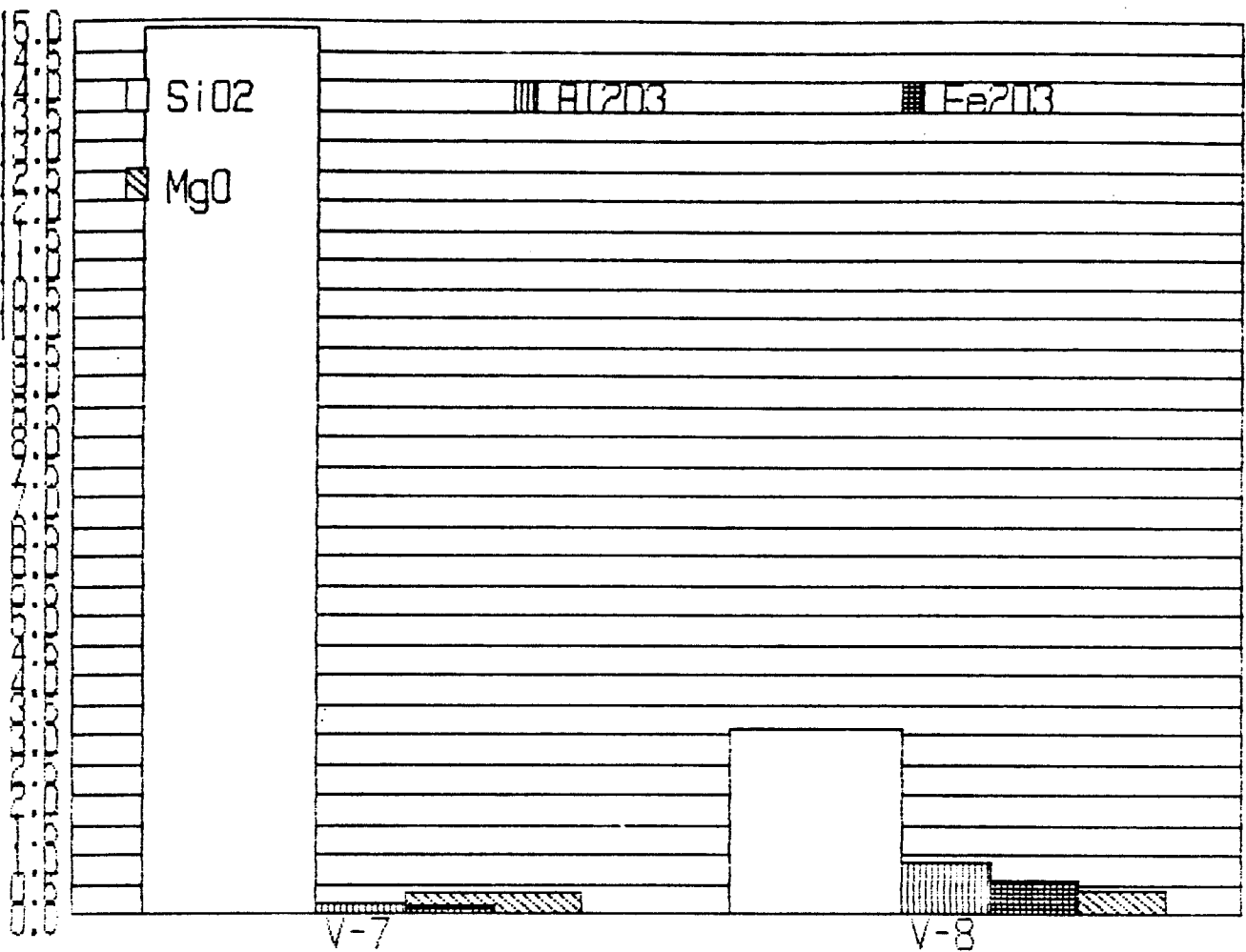


Figura 83. Porcentaje de óxidos de elementos minoritarios en las muestras de Deva.

### **- Zona de Lequeitio**

De esta zona se han obtenido dos muestras (V6-1 y V6-2), que corresponden a calizas pararrecifales del Aptense.

Presentan un color gris claro, con grano fino y abundancia de restos fósiles (Ostracodos, Orbitolinidos...).

#### **Características químicas.**

Los contenidos en CaO que han presentado las muestras son elevados, con un 55.0 y 55.3 respectivamente por lo cual cumplen suficientemente las especificaciones más estrictas, estando también dentro de los límites los valores de pérdida por calcinación (fig. 85).

Respecto al resto de componentes de la caliza, si se exceptúa el SiO<sub>2</sub> en la muestra V6-1 con 0.4, no sobrepasan los límites exigidos en los sectores considerados, (fig. 84), por lo cual en este sentido su utilización no ofrecería mayores dificultades.

El comportamiento en el ensayo de reactividad, ha sido muy bueno, con porcentaje de material reaccionante de 97% y 96% respectivamente.

Teniendo en cuenta estas características, el material no ofrecería problemas de uso en prácticamente ningún sector, aunque se ha de observar el relativamente alto contenido en Sílice, fundamentalmente para sectores como vidrio o cargas blancas, y sobre todo la abundancia de productos arcillosos de descalcificación originados en los procesos cársticos, lo cual determina que esta zona ha de ser considerada con ciertas reservas.

### **- Otras muestras.**

En la zona de Ereño, prácticamente continuación de la de Lequeitio se ha obtenido una muestra, que corresponde a la misma formación de calizas pararrecifales del Aptense.

Presenta un color grisáceo oscuro, de grano fino, siendo escasos los restos fósiles apreciados.

#### **Características químicas.**

La muestra analizada V-5, ha presentado un contenido en CaO de 53.5%, que

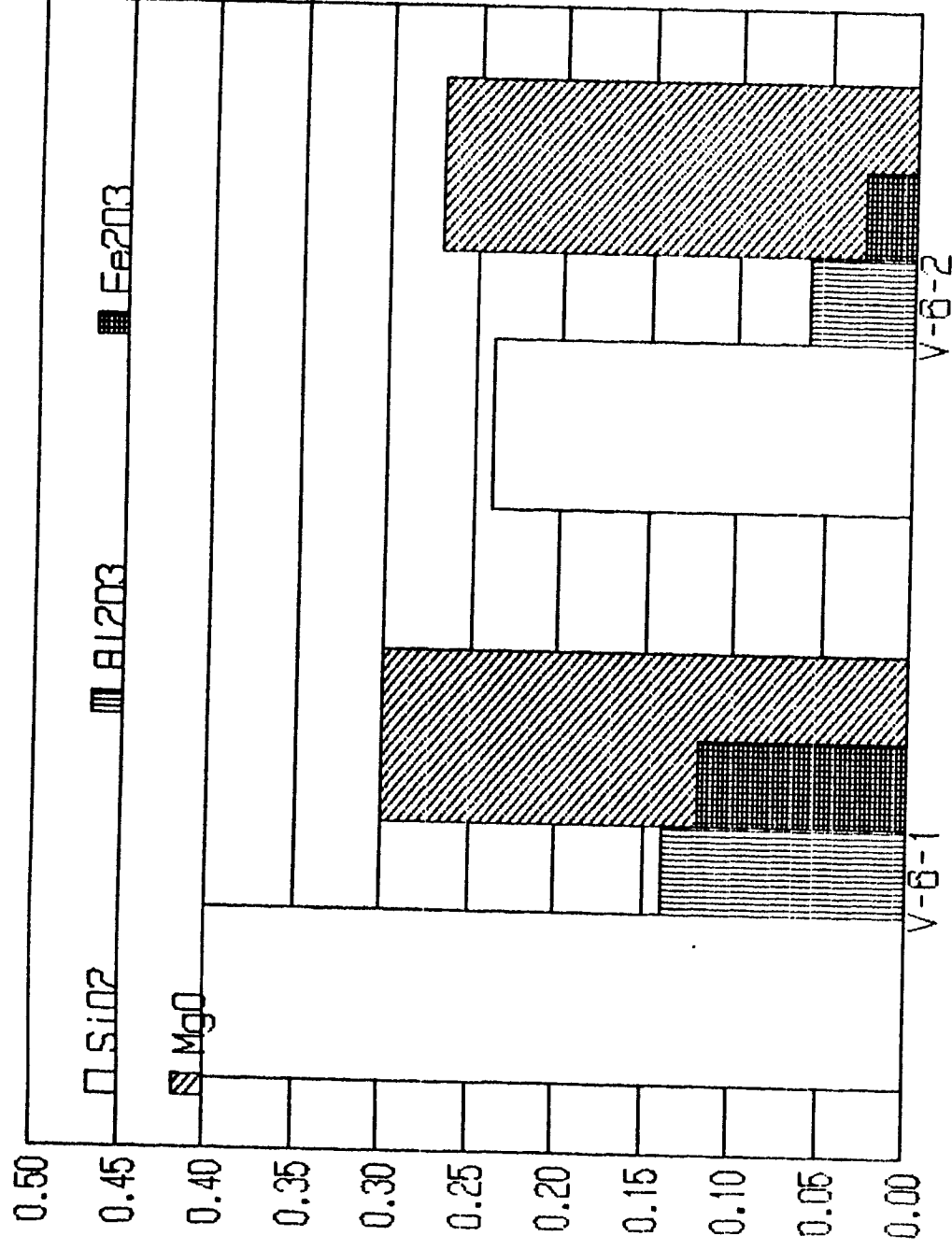


Figura 84. Porcentaje de óxidos de elementos minoritarios en las muestras de Lequeitio.

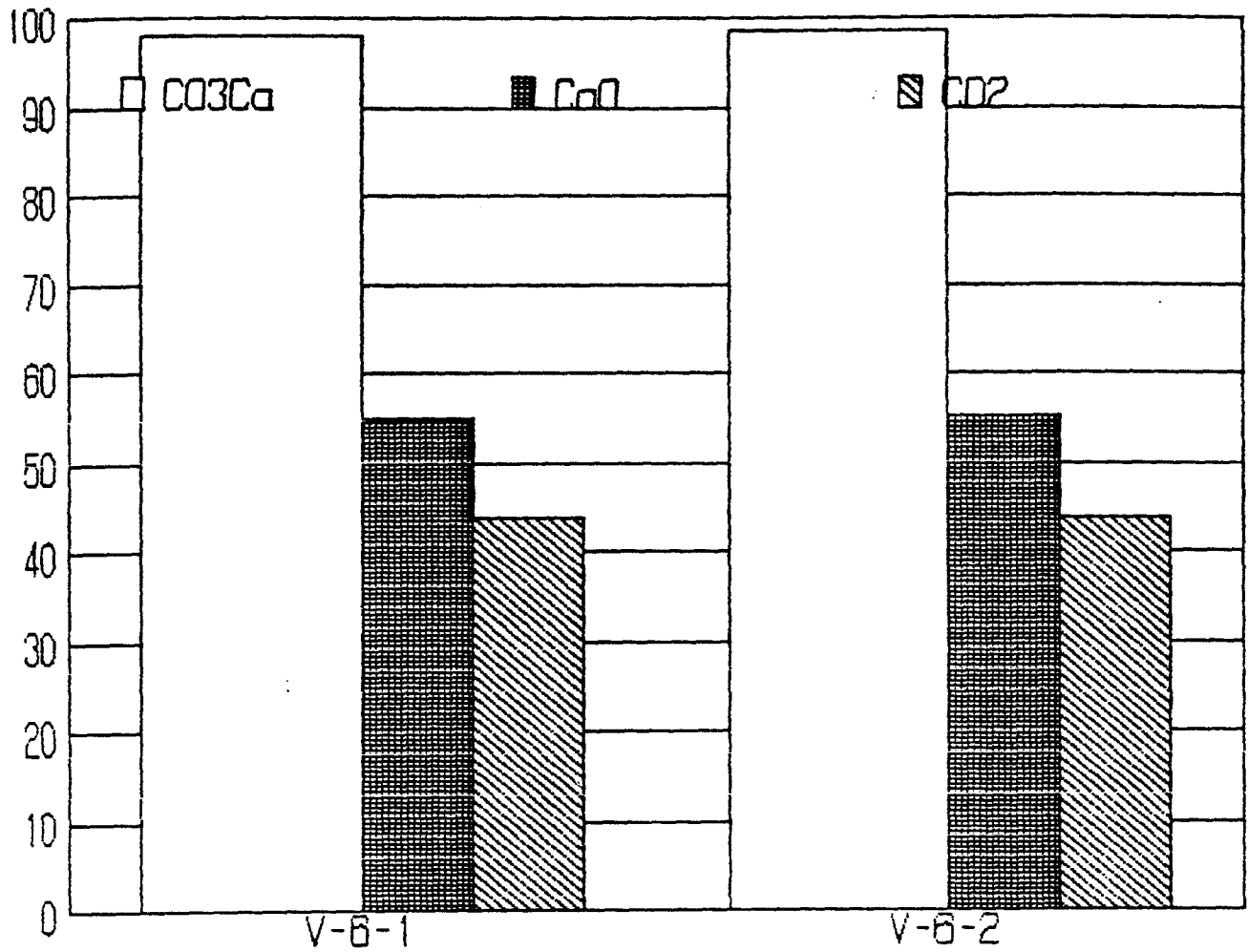


Figura 85. Porcentaje de Óxido y Carbonato de Ca y CO<sub>2</sub> en las muestras de Lequeitio.

cumple suficientemente las especificaciones requeridas en la mayor parte de los sectores.

Sin embargo, el contenido en  $\text{SiO}_2$ , de 2.01% es muy elevado superando los valores mínimos exigidos en la práctica totalidad de sectores de consumo.

Aunque el resto de los componentes se mantiene dentro de los límites requeridos, el alto porcentaje de Sílice determina que su utilización sea problemática.

El comportamiento en la reactividad ha sido bueno con un porcentaje de material que ha reaccionado al cabo de diez minutos de 92%.

Las dos muestras restantes se han obtenido en la zona de Orduña la V-4, y en la zona de Laminoria la V-2.

La V-4 pertenece a una gran formación carbonatada del Cretácico Inferior. Presenta un color grisáceo oscuro y es de grano fino.

La V-2 pertenece a una formación carbonatada del Paleoceno, en contacto con las dolomías existentes en la zona de Laminoria y Puerto de Opacua. Presenta un color ocre y es de grano fino a medio.

### **Características químicas.**

Es de destacar en ambos casos el alto contenido en  $\text{SiO}_2$ , de 7.29 en la V-2 y de 15.3 la V-4, lo cual determina que al sobrepasar ampliamente los mínimos requeridos, en la totalidad de los sectores considerados y a pesar del aceptable contenido en  $\text{CaO}$ , 50.8 y 43.7 respectivamente, los materiales que aparecen en estas zonas no puedan ser utilizados en los sectores considerados en el estudio.

### **8.2.2. Dolomías**

Se ha efectuado un análisis, en la muestra V-3 procedente de la formación del Paleoceno de la zona de Laminoria.

Presente un color blancuzco grisáceo, de grano medio y muy deleznable.

Los resultados completos del análisis son

SiO <sub>2</sub> .....	0.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.36
CaO .....	32.5
MgO .....	18.9
Na <sub>2</sub> O .....	0.02
K <sub>2</sub> O .....	0.02
MnO .....	0.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0.03
S .....	0.005
P.p.c. ....	47.1
CO <sub>3</sub> Ca .....	58.01
CO <sub>3</sub> Mg .....	39.54

La reactividad ha presentado estos resultados

2 minutos 60 %    5 minutos 76%    10 minutos 82%

De estos resultados se pueden destacar el contenido en MgO, que puede considerarse relativamente bajo, para algunos de los sectores considerados como es el del vidrio.

Así mismo es destacable el relativamente alto contenido de SiO<sub>2</sub>, que supera el límite permitido en algunos sectores.

En cuanto a la reactividad, el comportamiento puede considerarse bueno, con un porcentaje final de material reaccionante alto.

A pesar de que las características químicas no sean completamente desfavorables, las condiciones de los afloramientos dan lugar a que esta zona deba ser considerada con bastantes reservas para su posible explotación.



### 8.3. Cantabria

Se han efectuado un total de veintitrés análisis sobre muestras recogidas durante el trabajo de campo, de las cuales veinte corresponden a calizas y tres a dolomías.

Se cuenta además con una amplia serie de análisis de dolomías de varias de las zonas estudiadas, facilitadas por la empresa Monte Hano S.A.

#### 8.3.1. Calizas

Los resultados de los análisis de Calizas han sido bastante dispares, pues si bien algunas de las muestras han ofrecido unos contenidos excelentes en los elementos indicadores más importantes, otras han presentado resultados muy deficientes.

Los resultados totales se recogen en el cuadro 16.

Similar comentario se puede realizar respecto del comportamiento de las muestras en el ensayo de reactividad, con resultados bastante variables como se puede apreciar en el cuadro 17.

	CC-1	CC-2	CC-3	C-1	C-5	C-6	C-9	C-10	C-11
SiO <sub>2</sub>	0.07	0.27	49.1	3.01	0.5	0.97	1.09	0.2	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.05	0.36	0.52	0.3	0.65	0.23	0.16	0.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.05	0.84	0.89	0.61	0.24	0.24	0.12	0.19
CaO	55.5	55.0	26.2	44.1	54.0	53.9	54.4	55.1	55.0
MgO	0.17	0.29	0.26	10.2	0.59	0.4	0.74	0.37	0.4
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
K <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.02	0.07	0.07	0.11	0.05	0.02	0.01
MnO	0.01	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.006	0.01	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.02	0.012	0.05	0.012	0.01	0.02	0.01
S	0.008	0.017	0.7	0.33	0.023	0.032	0.026	0.005	0.043
CO <sub>2</sub>	43.9	44.0	43.9	40.5	43.5	43.5	42.9	43.7	43.8
CO <sub>3</sub> Ca	99.07	98.18	50.34	78.72	96.39	96.21	97.1	98.35	98.18
CO <sub>3</sub> Mg	0.36	0.61	0.54	21.34	1.23	0.84	1.55	0.77	0.84

	C-12	C-13	C-14	C-15	C-16	C-17	C-18	C-21	C-22	C-25
SiO <sub>2</sub>	0.22	0.35	1.19	2.29	0.44	0.54	4.65	1.04	0.20	12.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.14	0.26	0.49	0.10	0.03	1.23	0.27	0.01	3.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35	0.04	0.1	0.09	0.18	0.43	0.42	0.14	0.03	1.54
CaO	53.8	54.9	54.4	53.4	51.2	53.6	51.1	54.1	55.7	45.4
MgO	1.3	0.46	0.51	0.57	3.51	8.6	0.91	0.62	0.21	0.93
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.008	0.03	0.03	0.007	0.09
K <sub>2</sub> O	0.05	0.02	0.02	0.07	0.02	0.007	0.29	0.04	-	0.26
MnO	0.01	0.006	0.006	0.007	0.03	0.049	0.01	0.01	0.01	0.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.010	0.008	0.018	0.01	0.005	0.005	0.028	0.005	0.008	0.01
S	0.038	0.024	0.024	0.035	0.009	0.003	0.170	0.049	0.004	0.012
CO <sub>2</sub>	43.8	43.9	43.3	42.8	44.3	45.1	41.1	43.6	43.6	35.7
CO <sub>3</sub> Ca	96.03	98.0	97.1	95.32	91.39	95.67	91.21	96.57	99.42	81.04
CO <sub>3</sub> Mg	2.72	0.96	1.07	1.19	7.34	17.99	1.9	1.29	0.44	1.95

Cuadro 16.- Resultado de los análisis de Calizas.

	2 minutos	5 minutos	10 minutos	Reactividad
CC-1	52	83	94	Muy Bueno
CC-2	64	84	92	Bueno
CC-3	20	26	28	Muy Malo
C-22	71	84	94	Muy Bueno
C-25	37	45	51	Malo
C-1	52	71	77	Regular
C-14	55	77	87	Bueno
C-15	50	70	83	Regular
C-5	29	42	46	Malo
C-6	77	86	92	Bueno
C-9	80	88	90	Bueno
C-10	65	90	92	Bueno
C-11	67	91	95	Muy Bueno
C-12	41	73	94	Muy Bueno
C-13	50	73	84	Bueno
C-16	47	72	82	Bueno
C-17	52	71	87	Bueno
C-21	69	80	92	Bueno
C-18	49	61	79	Regular

Cuadro 17.- Resultado del ensayo de reactividad en Calizas.

### **- Zona de Celis-Pantano de La Palomera**

En esta zona se han obtenido cuatro muestras, que corresponden a la formación carbonatada del Carbonífero "Caliza de montaña", que en esta zona se presenta con un colorido gris-claro a crema y con unas acumulaciones importantes, ofreciendo en algunos puntos delgadas capas margosas de separación.

Es frecuente la aparición de acumulaciones, generalmente asociadas a fallas, de calcita recristalizada, en ocasiones de buen tamaño.

#### **Características químicas.**

De las cuatro muestras analizadas la C-25, presenta un contenido muy elevado en  $\text{SiO}_2$ . Las otras tres han ofrecido resultados muy favorables, con porcentajes de  $\text{CaO}$ , por encima de 55%, (fig. 87), por lo cual superan suficientemente los límites establecidos en los distintos usos.

El resto de los elementos considerados en las especificaciones presentan unos valores aceptables, (fig. 86), manteniéndose en los límites fijados para los distintos sectores consumidores.

En cuanto al comportamiento en el ensayo de reactividad ha sido muy bueno en los tres casos, con porcentajes de material reaccionante muy elevados, entre 92-94%.

Teniendo en cuenta estas características, este tipo de material se puede considerar idóneo para cualquiera de los sectores considerados, además de no ofrecer problemas ni en reservas ni en condiciones de explotación.

### **- Zona de Sierra del Hornijo**

Se han tomado tres muestras del material de esta zona, que corresponden a la formación arrecifal Urganiana, del Cretácico Aptense.

Presentan un colorido grisáceo, con abundancia de restos fósiles, aunque irregularmente distribuidos. Así mismo se localizan puntos en los cuales aparecen recristalizaciones de Calcita, de escasa entidad.

#### **Características químicas.**

La característica que destaca en las tres muestras analizadas C-1, C-14 y C-15, es el elevado contenido en  $\text{SiO}_2$  con 3.01, 1.19 y 2.29 respectivamente, (fig. 89), valo-

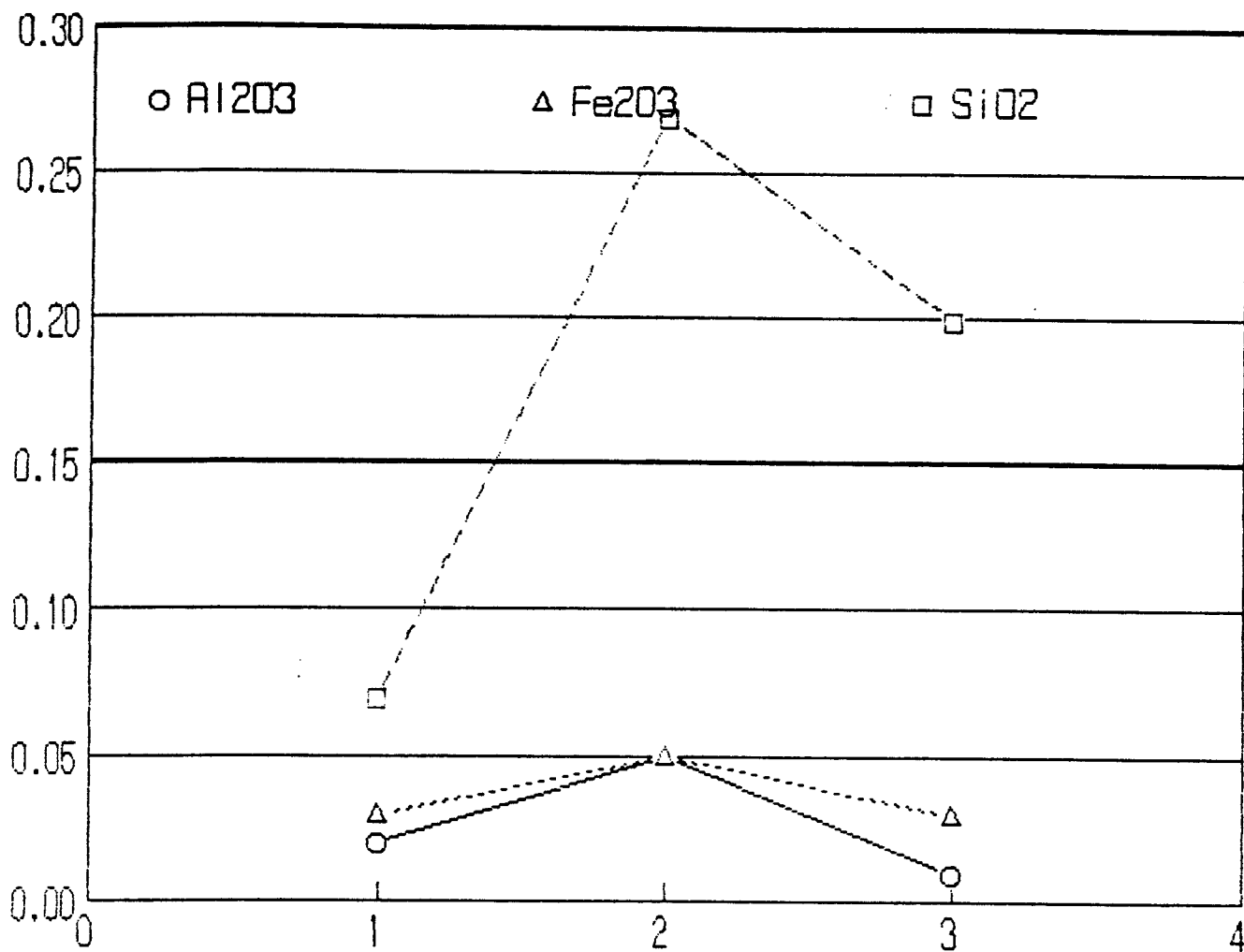


Figura 86. Porcentaje de óxidos minoritarios en las muestras de Celis.

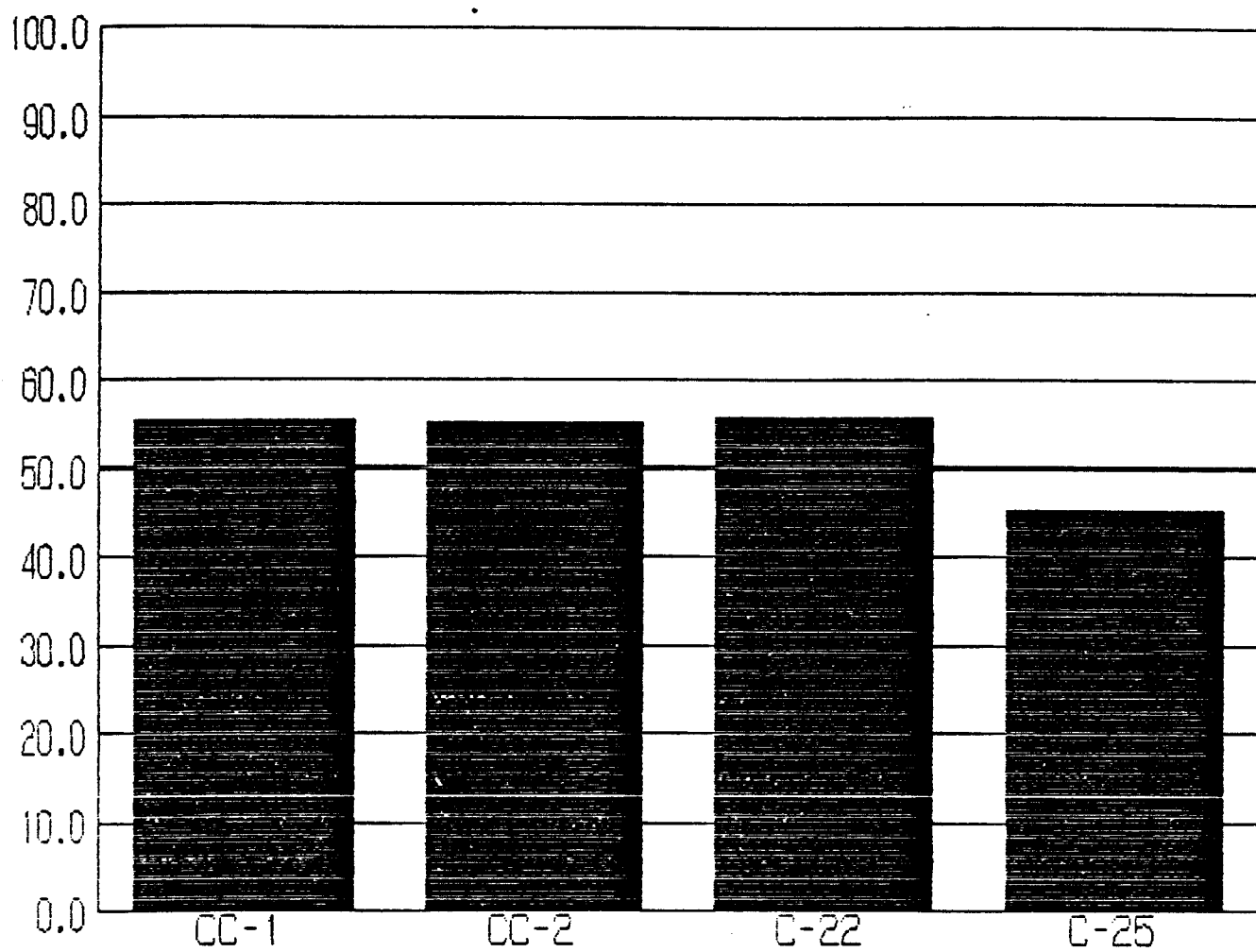


Figura 87. Porcentaje de CaO en las muestras de Celis.

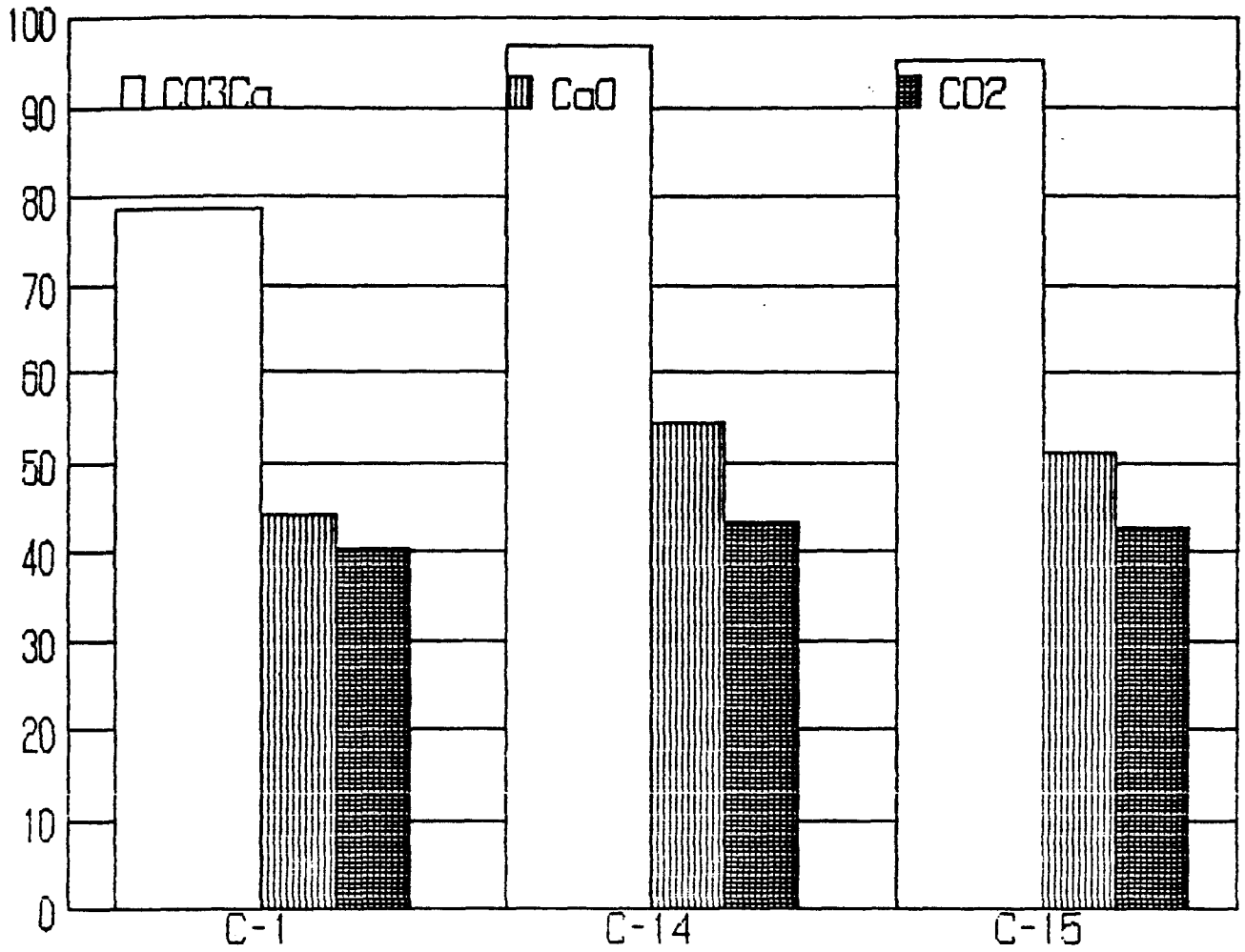


Figura 88. Porcentaje en Óxido y Carbonato de Ca y CO<sub>2</sub> en las muestras de la Sierra de Hornijo.

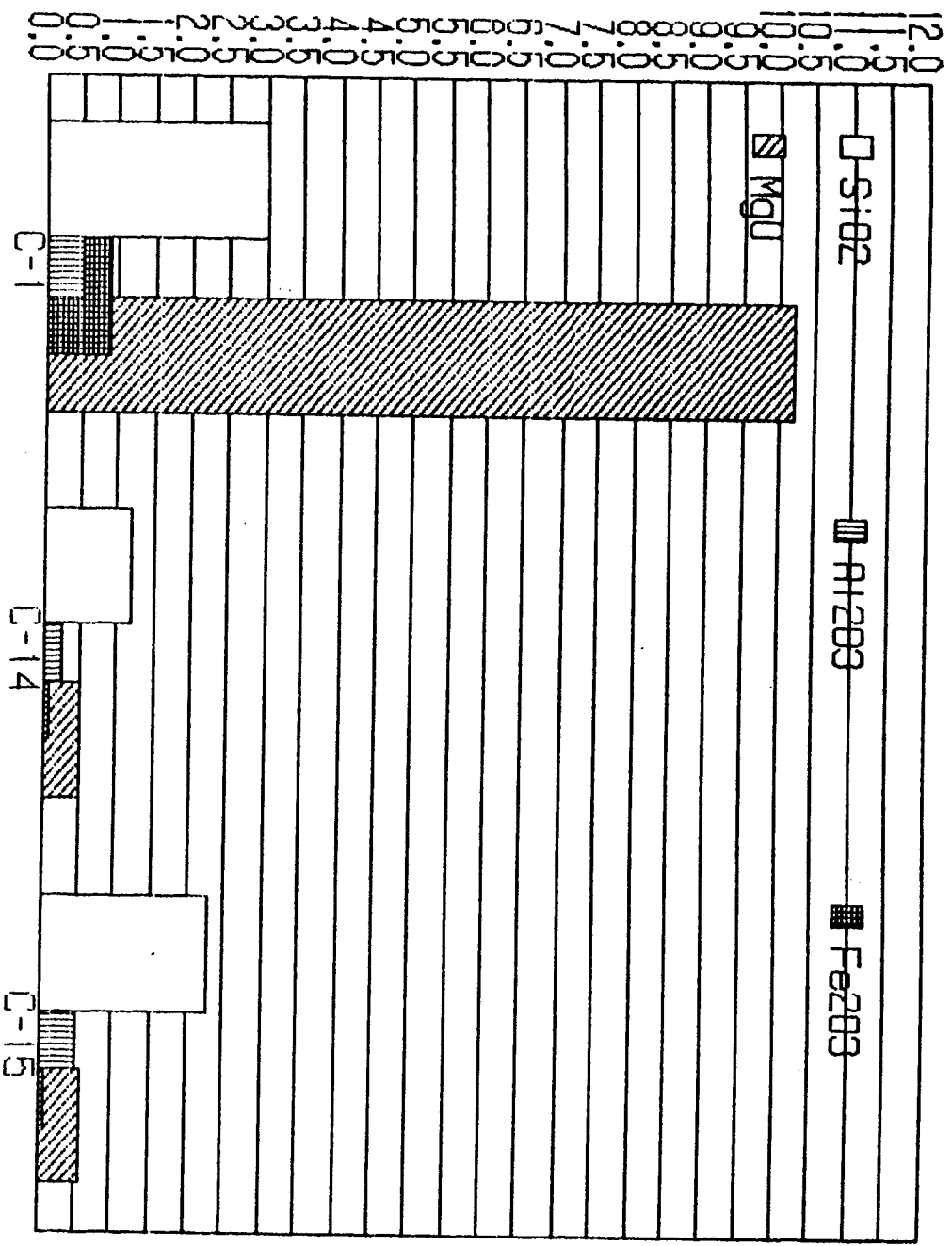


Figura 89. Porcentaje en óxidos minoritarios en las muestras de Sierra del Horniño.

res que superan las especificaciones requeridas en la mayor parte de los sectores de consumo.

Por otra parte, los contenidos en CaO de las muestras C-14 y C-15 con 54.4 y 53.4 pueden considerarse suficientes para cubrir la mayor parte de las especificaciones, mientras la

C-1 con 44.1, se considera bastante escaso. En la fig. 88 se representan estos valores además del porcentaje de Carbonato Cálcico y de la pérdida al fuego, considerados aceptables.

Esta muestra, C-1, presenta también valores anómalos en la práctica totalidad de los elementos sujetos a especificaciones, como el MgO con 10.2, el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con 0.89,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con 0.52 (fig. 89), e incluso un porcentaje muy elevado en S con 0.33.

Las otras dos muestras presentan unos valores en el resto de los elementos que se pueden considerar aceptables en las especificaciones requeridas, si se exceptúa el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de la muestra C-15 que con 0.49 supera los límites exigidos en los sectores del Vidrio, Química y Cargas Blancas.

En cuanto al comportamiento en la reactividad en CIH, puede considerarse aceptable en las muestras C-14 y C-15, mientras que en la C-1 es regular.

Teniendo en cuenta estas características y fundamentalmente los altos valores del  $\text{SiO}_2$ , este material no sería utilizable, en la práctica totalidad de los sectores considerados.

#### **- Zona de Oriñón (Monte Candina).**

En esta zona se han realizado cuatro análisis, de muestras procedentes de calizas Cretácicas Aptenses, del complejo Urganiano, de carácter arrecifal. En general presentan un color gris variable según las áreas, con abundancia de fósiles en algunos puntos y algunas recristalizaciones.

#### **Características químicas.**

Los resultados de los análisis de las cuatro muestras de calizas de esta zona, han sido bastante favorables, con unos porcentajes de CaO elevados, entre 53.8% y 55.1%, (fig. 91), lo que cubre suficientemente los límites exigidos en las distintas especificaciones.



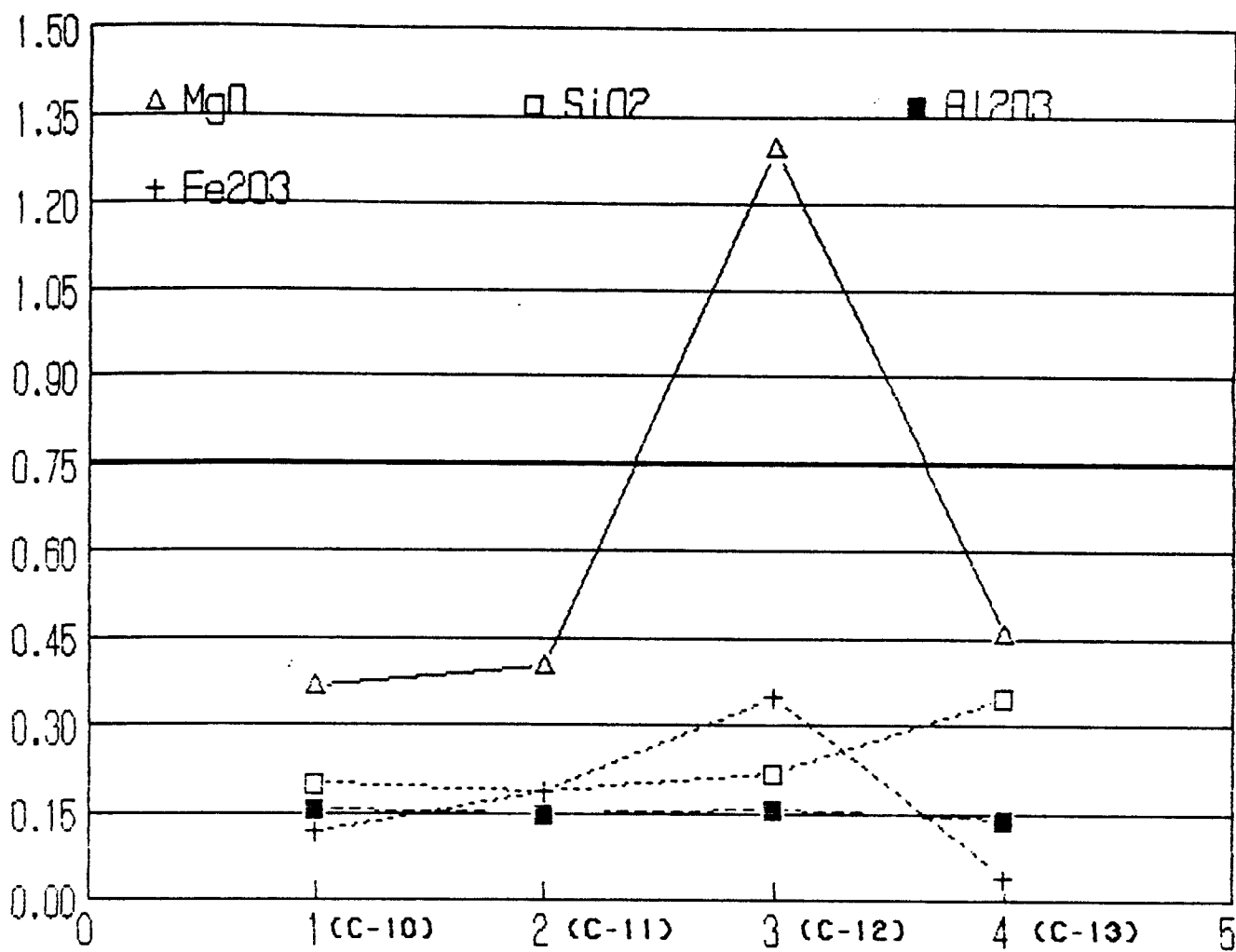


Figura 90. Porcentaje en óxidos minoritarios de las muestras de Candina.

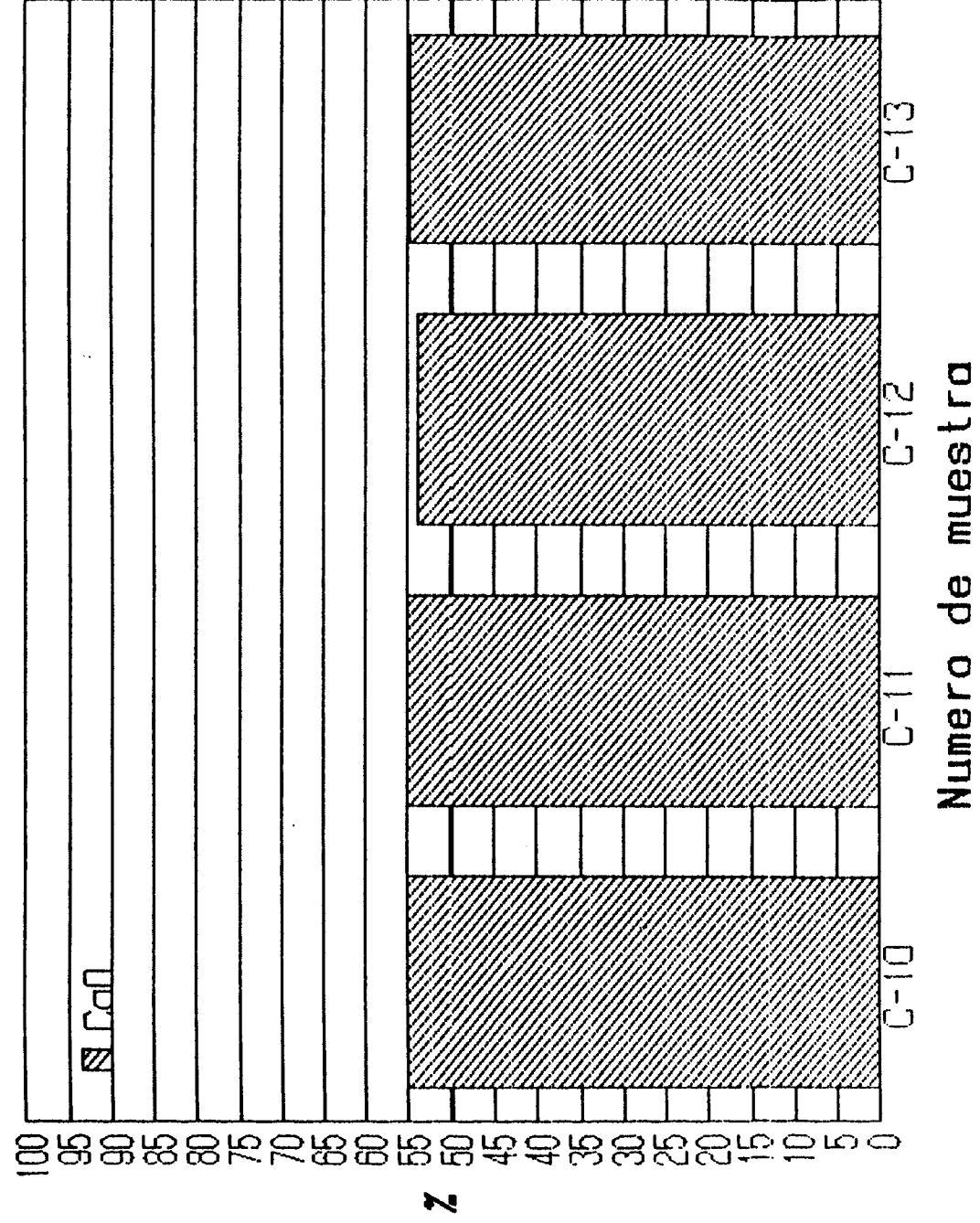


Figura 91. Porcentaje en óxido de Ca en las muestras de Candina.

Del mismo modo el resto de los elementos analizados, ofrecen unos valores que se pueden considerar normales dentro de las especificaciones requeridas en los diversos sectores, (fig. 90), aunque en algún caso como en la C-12, el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es un tanto elevado con 0.35% y el  $\text{MgO}$  con 1.3% también por encima de lo exigido en algún sector, así como el  $\text{SiO}_2$  de la C-13 con 0.35%.

A pesar de estos valores anómalos, este material ofrece unas condiciones bastante favorables para su utilización en cualquiera de los sectores considerados, además de su excelente ubicación y condiciones tanto de explotación como de reservas.

Estas buenas perspectivas están apoyadas también en el excelente comportamiento de las muestras en el ensayo de reactividad en CIH.

#### **- Zona de Solares**

En esta zona se han obtenido tres muestras de calizas, correspondientes a la formación arrecifal del Cretácico Gargariense.

Presenta un color crema claro con abundancia de fósiles, (Miliolidos, Orbitolinas...), aunque irregularmente distribuidos.

También se ha seleccionado para dolomía, ya que existe una bolsada de este material incluido en las calizas.

#### **Características químicas.**

De las tres muestras analizadas C-5, C-6 y C-9, destaca el elevado contenido en  $\text{SiO}_2$  que presentan, (fig. 93), con valores de 0.5, 0.97 y 1.09 respectivamente, que superan los límites exigidos en la mayor parte de sectores.

Los contenidos en  $\text{CaO}$  pueden considerarse aceptables, (fig. 92), entre 53.9 y 54.4, que cubren suficientemente las especificaciones requeridas.

En cuanto al  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , en los tres casos superan los valores exigidos en la fabricación de vidrio y cemento mientras que la C-6 y C-9 pueden considerarse dentro del límite para el resto de los sectores, no así la C-5 que con 0.61 no cumple con las especificaciones en Química, Cargas Blancas y en tratamiento de azúcares.

Por lo que respecta al  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ofrece también valores bastante elevados, superando los límites exigidos para vidrio, química y cargas blancas. Los valores de todos estos elementos se encuentran representados gráficamente en la fig. 93.

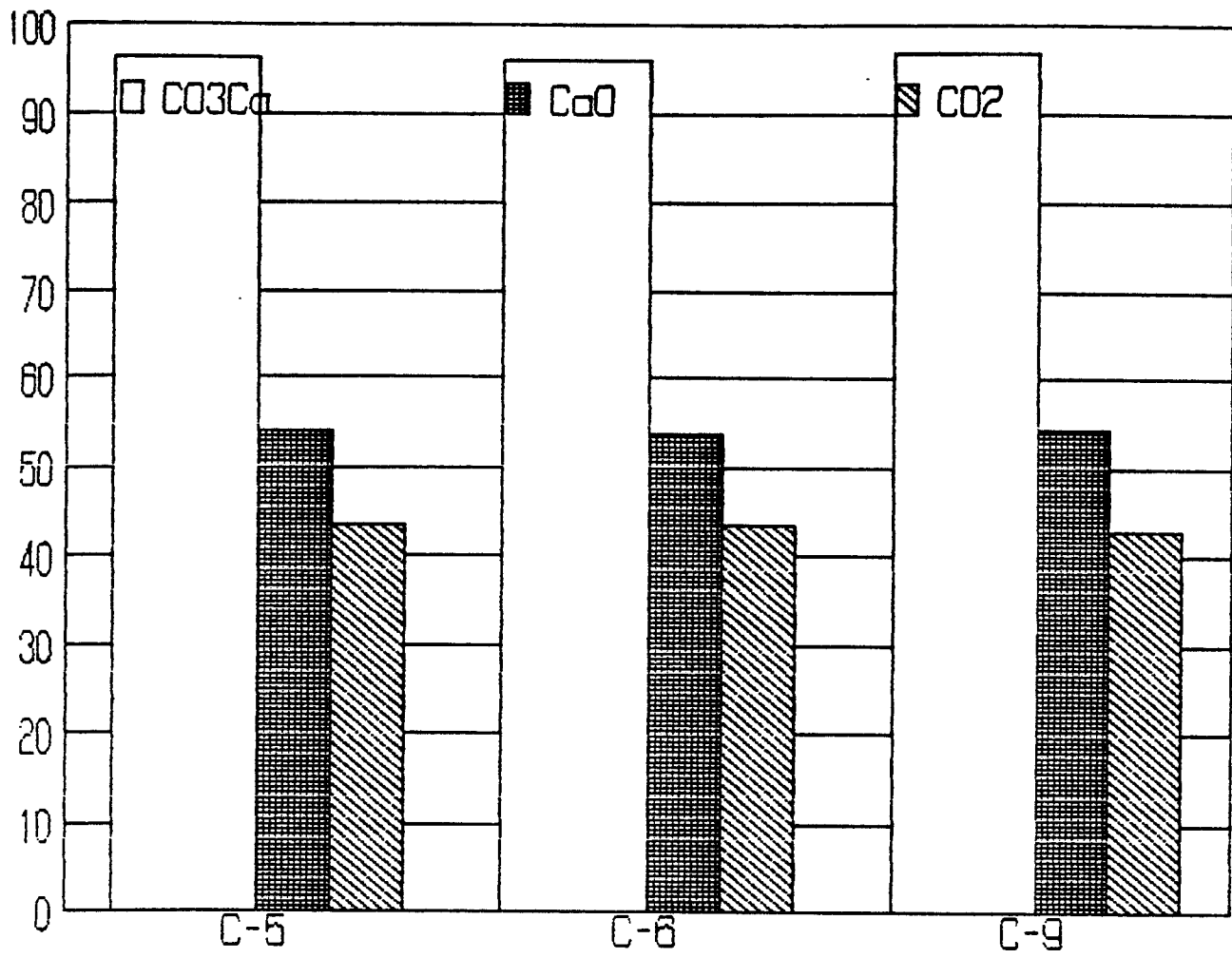


Figura 92. Porcentaje en óxido y Carbonato de Ca y CO<sub>2</sub> en las muestras de Calizas de Solares.

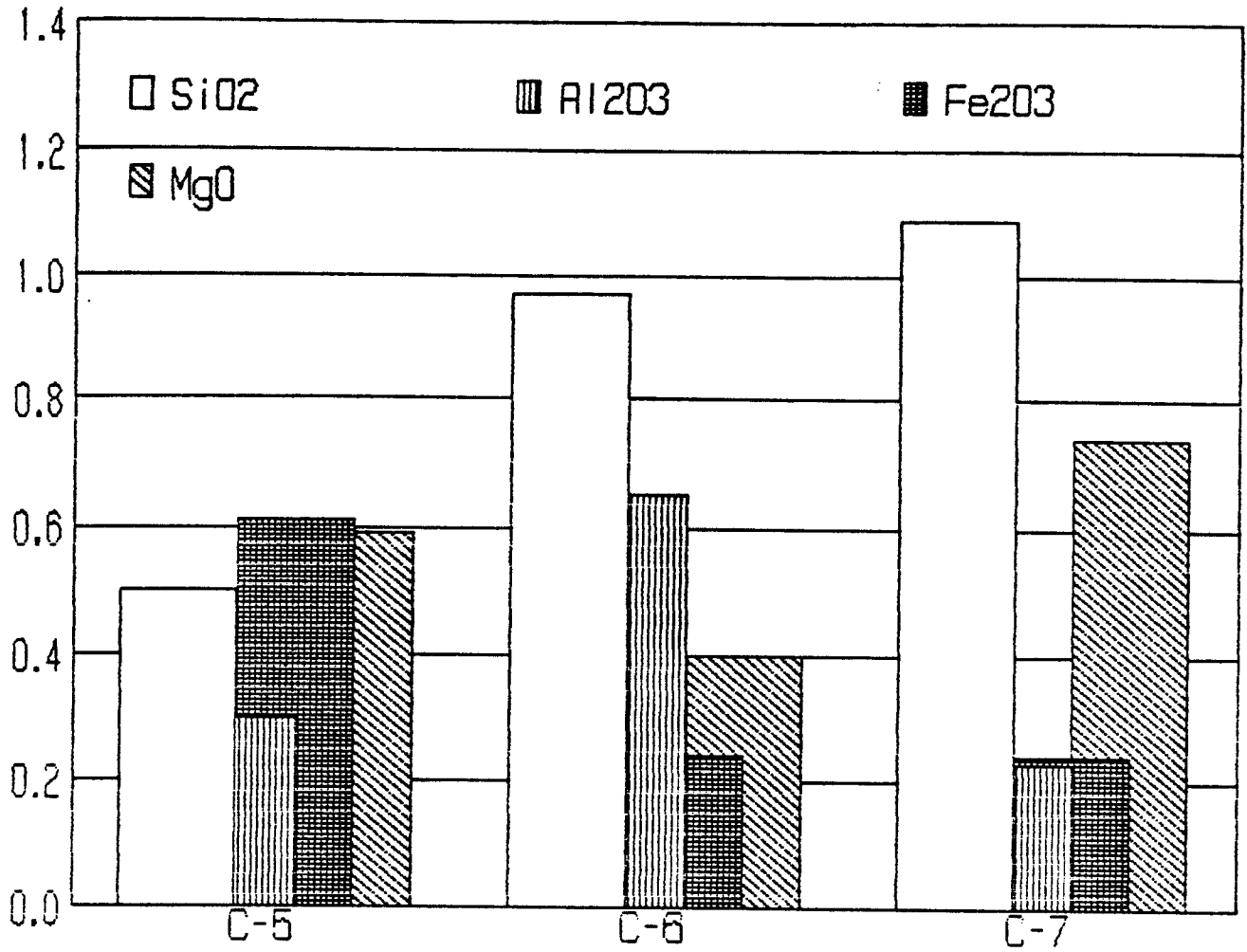


Figura 93. Porcentaje de óxidos de elementos minoritarios en las muestras de Caliza de Solares.

El resto de los elementos pueden considerarse dentro de los límites requeridos para los distintos sectores.

El comportamiento en la cinética de reacción en CIH, ha sido muy desfavorable en la muestra C-5, mientras en la C-9 y C-6 ha sido bueno y muy bueno respectivamente, con porcentajes de material reaccionante de 90 % y 92.5 %.

Segun estas características, las perspectivas de la caliza son escasamente favorables a pesar de los altos porcentajes de óxido de CaO y fundamentalmente por las excelentes condiciones de ubicación y proximidad a zonas industriales.

#### **- Zona de Puente Viesgo**

Esta zona se seleccionó como alternativa a alguna de las otras zonas de calizas seleccionadas, siempre que las características del material fuesen las idóneas.

Por ello se tomaron dos muestras, que corresponden a la formación del Carbonífero, ‘caliza de Montaña’.

El colorido es crema claro, con abundancia de recristalizaciones de calcita y puntos ligados a la fracturación con venas de dolomita.

#### **Características químicas.**

La característica principal, que han mostrado los análisis de este material, es su elevado contenido en MgO (fig. 95), que es de 3.51 en la C-16 y 8.6 en la C-17, lo que contrasta con el también elevado contenido en CaO, con 51.2 y 53.6 respectivamente.

El resto de elementos presentan así mismo algunos valores anómalos como es el caso de la sílice con 0.44 y 0.54 respectivamente, bastante elevados para la mayor parte de los sectores considerados.

En la fig. 94 se pueden apreciar los distintos porcentajes de los elementos considerados minoritarios, en la cual destaca el  $Fe_2O_3$  de la muestra C-17 que con 0.43 supera el límite en la mayoría de las especificaciones.

El resto de los valores puede considerarse dentro de los límites requeridos.

El comportamiento en la cinética de reacción en CIH ha sido bueno, con un porcentaje de material reaccionante de 82 % y 87 % respectivamente.

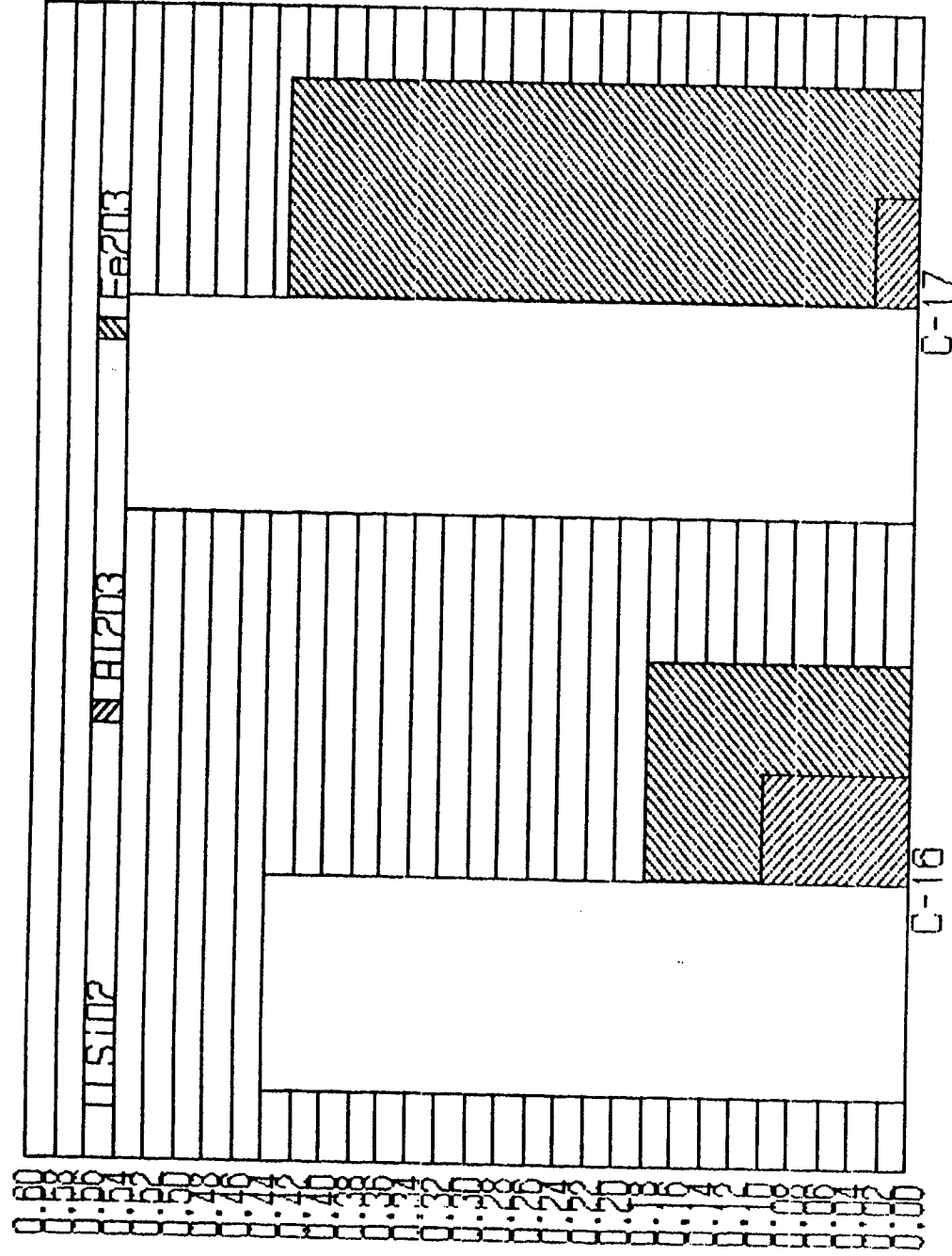


Figura 94. Porcentaje en óxidos minoritarios en las muestras de Puente Viego.

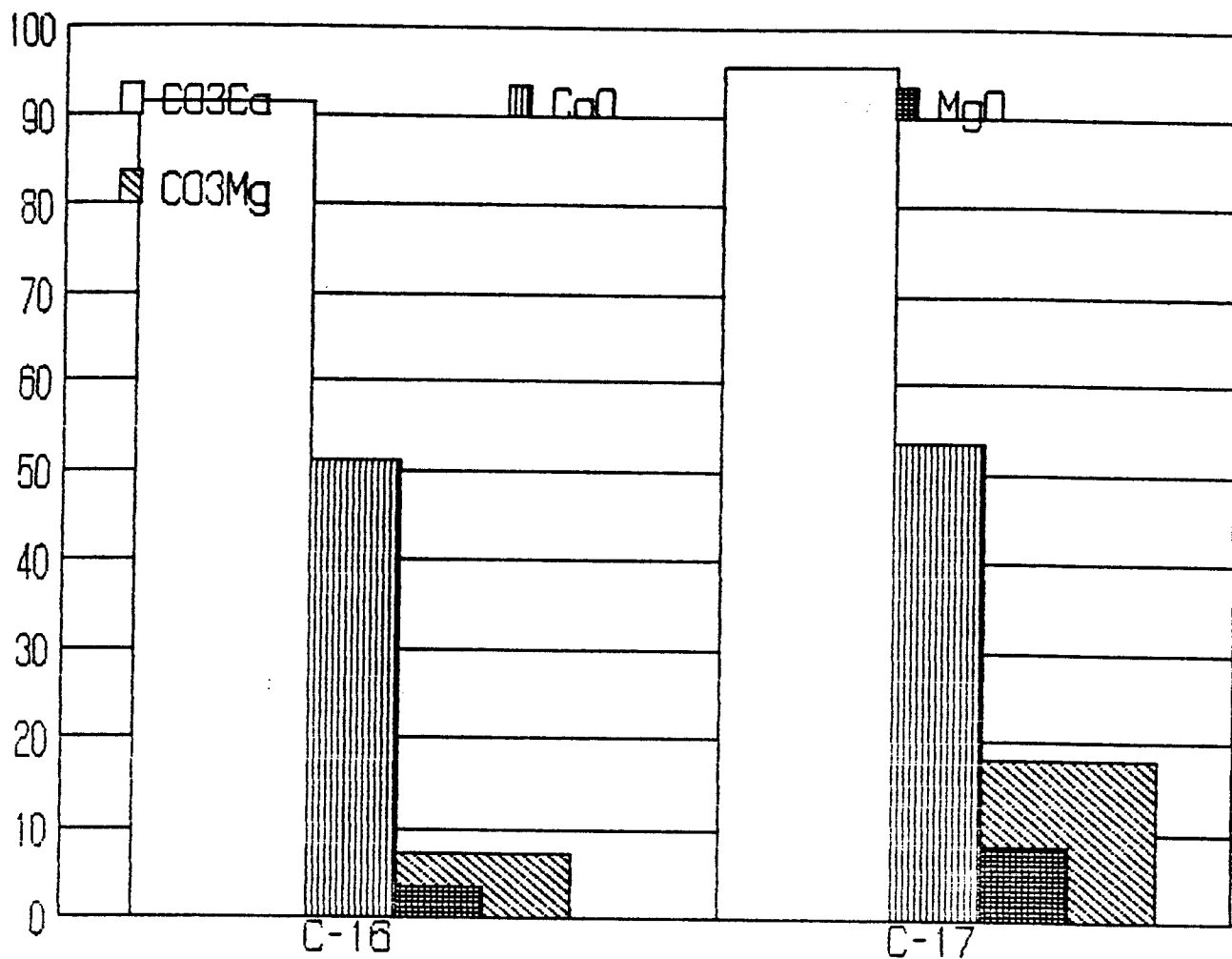


Figura 95. Porcentaje en óxidos y Carbonatos de Ca y Mg y de CO<sub>2</sub> en las muestras de Puente Viesgo.



Con las características expuestas y considerando fundamentalmente los contenidos en MgO, si se exceptúan los sectores de Agricultura y Metalurgia para los cuales sí puede ser válido este material, para el resto de sectores considerados no cumple con las especificaciones requeridas.

#### **- Otras muestras**

En la zona de Comillas-Oreña, seleccionada para dolomías, se ha tomado una muestra de caliza, la C-21, correspondiente a la formación del Cretácico Gargariense, que presenta un colorido crema claro.

#### **Características químicas.**

La característica fundamental del análisis de la muestra es su elevado contenido en SiO<sub>2</sub>, que con 1.04, supera los límites requeridos en la mayoría de sectores considerados.

El porcentaje de óxido de Ca, con 54.1, es suficiente para la práctica totalidad de los sectores. El resto de los elementos presentan unos valores que están dentro de las especificaciones requeridas.

El comportamiento en la cinética de reacción en ClH, es bueno con un porcentaje de material reaccionante del 92%.

Con estas características y fundamentalmente con el elevado contenido en SiO<sub>2</sub>, las perspectivas de esta caliza respecto de su uso en los sectores considerados en el estudio, pueden ser consideradas mínimas.

#### **8.3.2. Dolomías**

De todas las zonas seleccionadas para dolomías en la Comunidad de Cantabria, de tres se cuenta con una amplia serie de análisis y ensayos, facilitados por la empresa Monte Hano S.A., que ha investigado minuciosamente estas zonas, mientras que de las otras dos se han obtenido cuatro muestras.

Los resultados generales de los análisis realizados sobre estas muestras se presentan en el cuadro 18, en donde se puede apreciar un comportamiento en general bastante desfavorable de los materiales investigados.

Igualmente se puede apreciar en el cuadro 19 como la reactividad ha sido bastante pobre en la mayor parte de las muestras.

	CD-10	C-19	C-20	C-23
SiO <sub>2</sub>	0.33	0.32	0.24	0.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	0.13	0.11	0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.21	1.39	2.04	0.82
CaO	31.0	35.4	44.7	31.6
MgO	17.0	14.1	12.4	18.1
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.006	0.01
K <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.007	-
MnO	0.36	0.09	0.21	0.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.015	0.02	0.008
S	0.054	0.004	0.013	0.002
CO <sub>2</sub>	45.8	41.1	40.0	48.8
CO <sub>3</sub> Ca	55.33	63.19	79.79	56.41
CO <sub>3</sub> Mg	35.56	29.5	25.94	37.87

Cuadro 18.- Resultados de los análisis en Dolomías.

	2 minutos	5 minutos	10 minutos	Reactividad
CD-10	47	56	66	Regular
C-19	44	57	73	Regular
C-20	40	46	54	Malo
C-23	64	80	92	Bueno

Cuadro 19.- Comportamiento de Dolomías en el ensayo de reactividad.

#### - Zona de Comillas-Oreña

Se han tomado tres muestras de dolomías, además de la de caliza ya mencionada, que corresponden a los números CD-10, C-19 y C-20.

Estas muestras pertenecen a materiales del Cretácico Gargariense, de las diver-

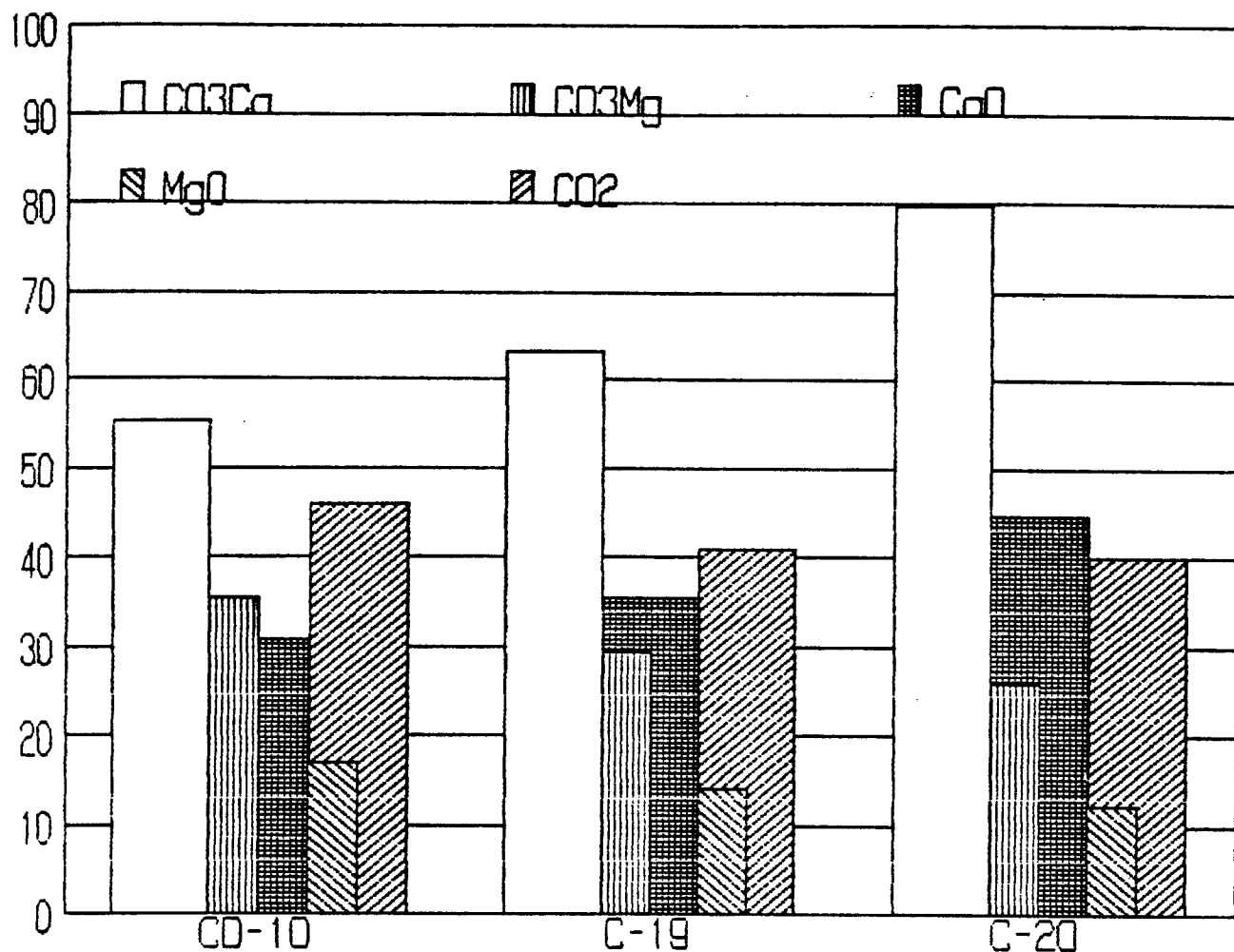


Figura 96. Porcentaje de óxido y carbonato de Ca y Mg y de  $\text{CO}_2$  en las muestras de Comillas-Oreña.

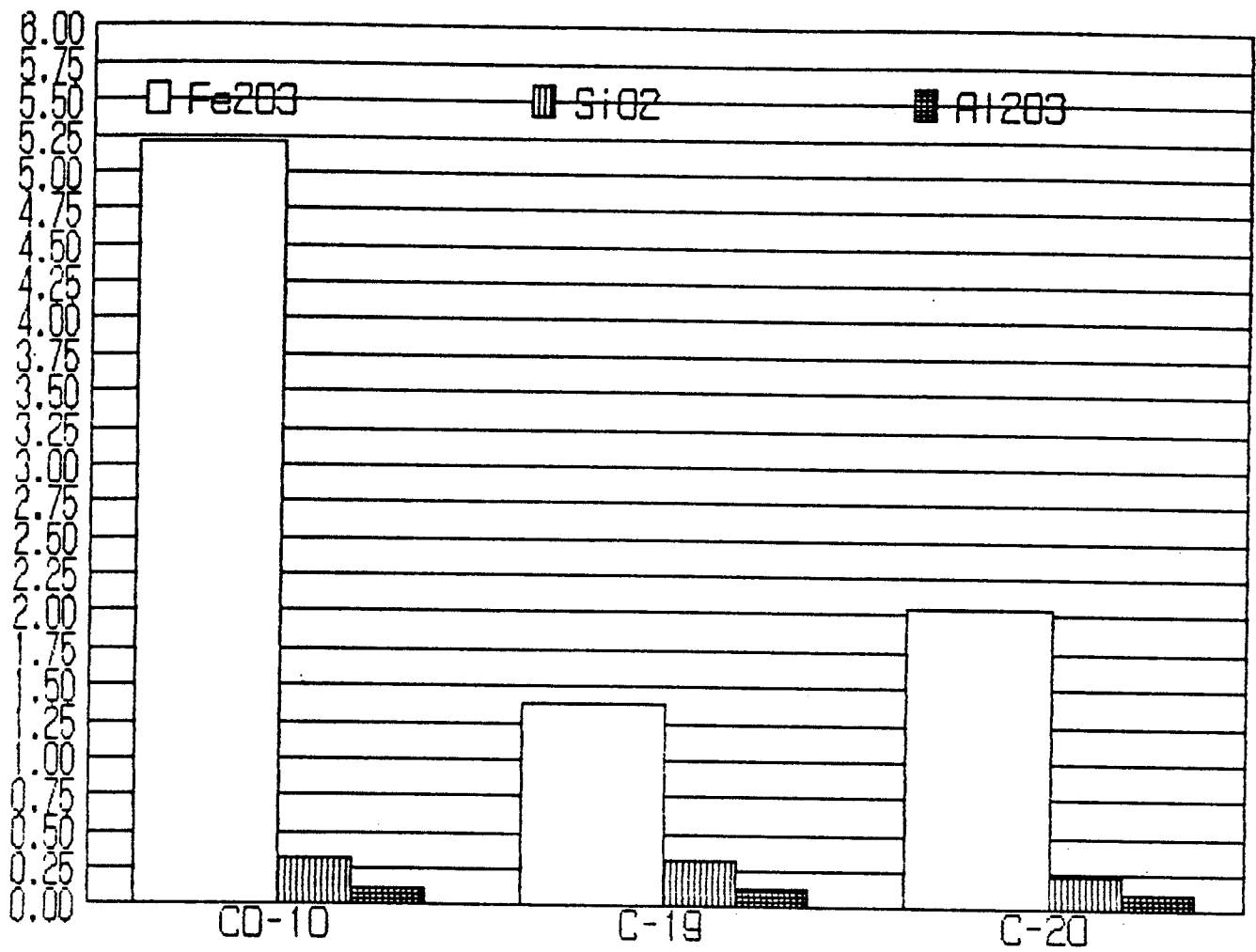


Figura 97. Porcentaje de óxido y elementos minoritarios en las muestras de Comillas-Oreña.

sas bolsadas de dolomía intercaladas en las calizas. Presentan un colorido ocre fuerte y una textura oquerosa.

#### **Características químicas.**

La característica principal que muestran los análisis es su elevado contenido en  $\text{Fe}_{1/2}\text{O}_3$ , (fig. 97), con valores de 5.21 en la CD-10, 2.04 en a C-20 y 1.39 en la C-19, que superan ampliamente los valores límites exigidos en los distintos sectores.

También es de destacar el bajo contenido en MgO que con valores de 17.0, 12.4 y 14.1 respectivamente, las hace prácticamente inutilizables en cualquiera de los sectores de consumo.

En la fig. 96 se representan gráficamente los porcentajes tanto de óxido como de carbonato del Mg y del Ca, así como la pérdida por calcinación.

Por otra parte el comportamiento en la cinética de reacción en CIH, es en los tres casos muy desfavorable, por lo cual incide en la mala calidad de la dolomía que las descarta para cualquiera de los sectores considerados.

#### **- Zona de Puentenansa**

Se han tomado dos muestras, correspondientes al Jurásico inferior, una de ellas la C-23 es una dolomía y la C-18 ha resultado ser una caliza.

El color que presenta la dolomía es gris oscuro, de grano fino.

#### **Características químicas.**

El análisis realizado sobre la muestra C-23, ha presentado como características más destacables el elevado contenido en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con 0.82, que supera los límites requeridos en la práctica totalidad de los sectores.

También destaca el relativamente bajo contenido en MgO, con 18.1 %.

El resto de elementos, se pueden considerar dentro de las especificaciones exigidas.

Es destacable asimismo la elevada pérdida por calcinación, con 48.8%, lo que limita bastante sus posibilidades de utilización.

El comportamiento en la cinética de reacción en CIH ha sido muy bueno, con un porcentaje de material reaccionante de 92%.

Teniendo en cuenta estas características, el material podría ofrecer algunas perspectivas de utilización en algún sector, a pesar de no cumplir estrictamente las especificaciones generales, sin embargo como se menciona en el capítulo correspondiente, las malas condiciones del afloramiento y las escasas reservas les hace totalmente descartables.

#### **- Zona de Solares**

Los análisis de dolomías de esta zona han sido cedidos amablemente por la empresa Monte Hano, S.A., que ha llevado a cabo sobre esta zona una investigación exhaustiva, con realización de sondeos mecánicos.

Se dispone de los datos de tres muestras superficiales (cuadro 22), y de los efectuados sobre los testigos procedentes de los veintidós sondeos realizados, siendo los resultados correspondientes que se recogen en el cuadro 20, de distintas profundidades en los diferentes sondeos.

Las tres muestras superficiales presentan unos valores muy interesantes (fig. 101), con porcentajes de MgO en torno al 20%. El resto de los valores, están dentro de los límites exigidos en la mayor parte de los sectores, como se refleja en la fig. 100.

Las características químicas más destacadas de las muestras procedentes de sondeos, figuran en el cuadro 21, mientras la representación gráfica se recoge en la fig. 98, en la que aparece el contenido en MgO, en la fig. 99, que refleja los porcentajes medios de óxidos de Hierro.

Cuadro 20.- Analisis quimicos de muestras procedentes de sondeos de la zona de Solares.

	Tubo	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P.p.c.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	S
MS-1	1	0.47	0.17	1.14	31.3	20.0	46.5	0.02	0.01	0.09	0.0014
MS-2	5	0.42	0.25	1.77	36.1	15.0	46.1	0.01	0.01	0.09	0.0013
MS-3	10	0.24	0.2	0.5	31.4	20.0	47.4	0.02	0.02	0.03	0.0014
MS-4	13	0.39	0.19	0.19	35.4	16.7	46.9	0.01	0.02	0.02	0.0022
MS-5	17	0.29	0.23	0.12	54.2	1.00	43.9	0.02	0.02	0.01	0.008
MS-6	1	0.55	0.33	1.09	53.0	8.5	44.8	0.01	0.03	0.07	0.001
MS-7	5	0.18	0.1	0.75	31.7	19.6	47.4	0.01	0.01	0.05	0.001
MS-8	10	1.51	0.47	0.26	53.7	0.78	43.1	0.01	0.02	0.01	0.01
MS-9	14	0.3	0.13	1.29	32.1	18.2	47.6	0.01	0.01	0.05	0.002
MS-10	15	0.27	0.09	1.49	35.1	15.4	46.3	0.01	0.02	0.08	0.001
MS-11	1	0.43	0.38	1.09	36.7	15.0	46.0	0.02	0.02	0.07	0.0019
MS-12	5	2.39	0.79	0.54	51.2	0.62	43.6	0.03	0.06	0.02	0.005
MS-13	10	0.37	0.13	0.58	31.8	19.5	47.2	0.02	0.02	0.04	0.006
MS-14	15	0.19	0.06	0.56	32.5	19.4	47.0	0.01	0.01	0.04	0.0013
MS-15	17	0.14	0.07	2.32	31.5	19.1	46.4	0.02	0.01	0.11	0.016
MS-16	1	0.22	0.12	1.13	24.5	17.5	46.6	0.01	0.01	0.07	0.008
MS-17	5	1.94	0.92	0.51	52.6	0.69	42.1	0.03	0.07	0.01	0.058
MS-18	10	0.21	0.06	0.46	31.2	20.2	47.4	0.01	0.01	0.24	0.005
MS-19	15	0.13	0.05	0.05	54.8	0.6	43.9	0.02	0.02	0.01	0.04
MS-20	17	1.2	0.47	0.16	54.0	0.62	43.3	0.03	0.03	0.01	0.06
MS-21	1	0.26	0.12	1.3	33.1	18.4	46.5	0.01	0.02	0.08	0.03
MS-22	5	0.39	0.16	0.29	34.2	18.1	46.3	0.03	0.04	0.04	0.005

### Porcentaje de MgO

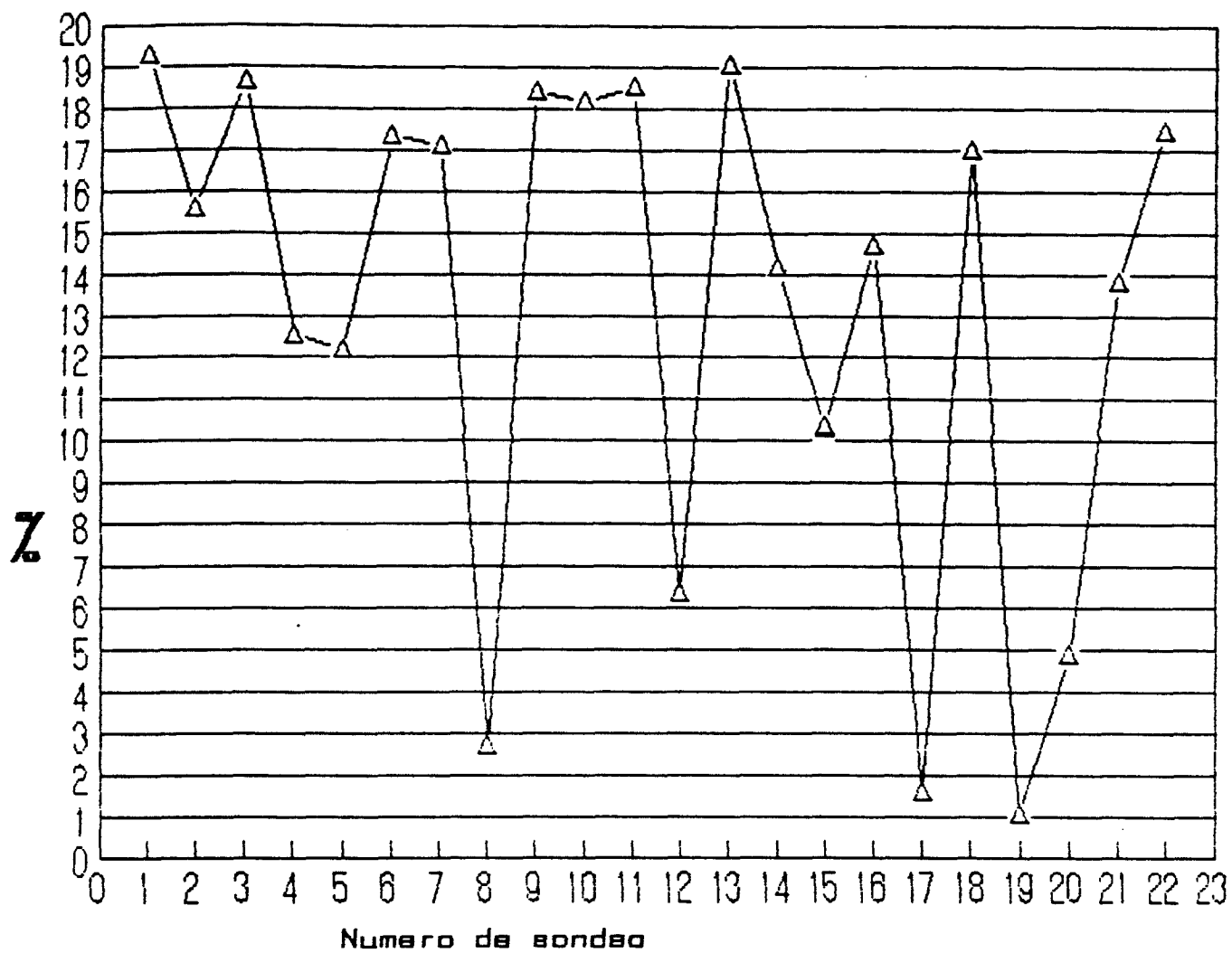


Figura 98. Porcentaje de óxido de Mg en muestras de sondeos de dolomías de Solares.



### Contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

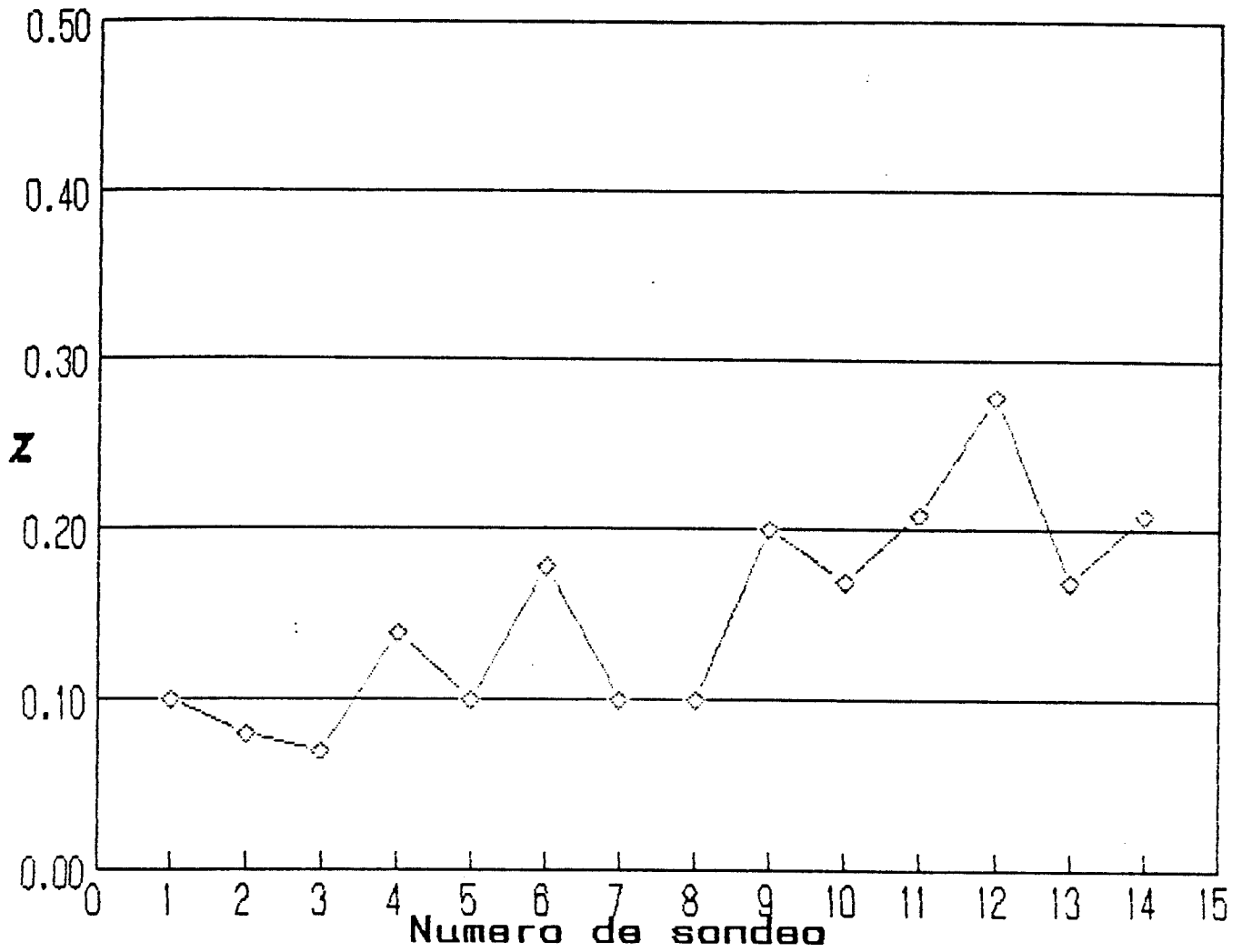


Figura 99. Porcentaje medio de óxido de Fe en muestras de sondeos de dolomías de Solares.

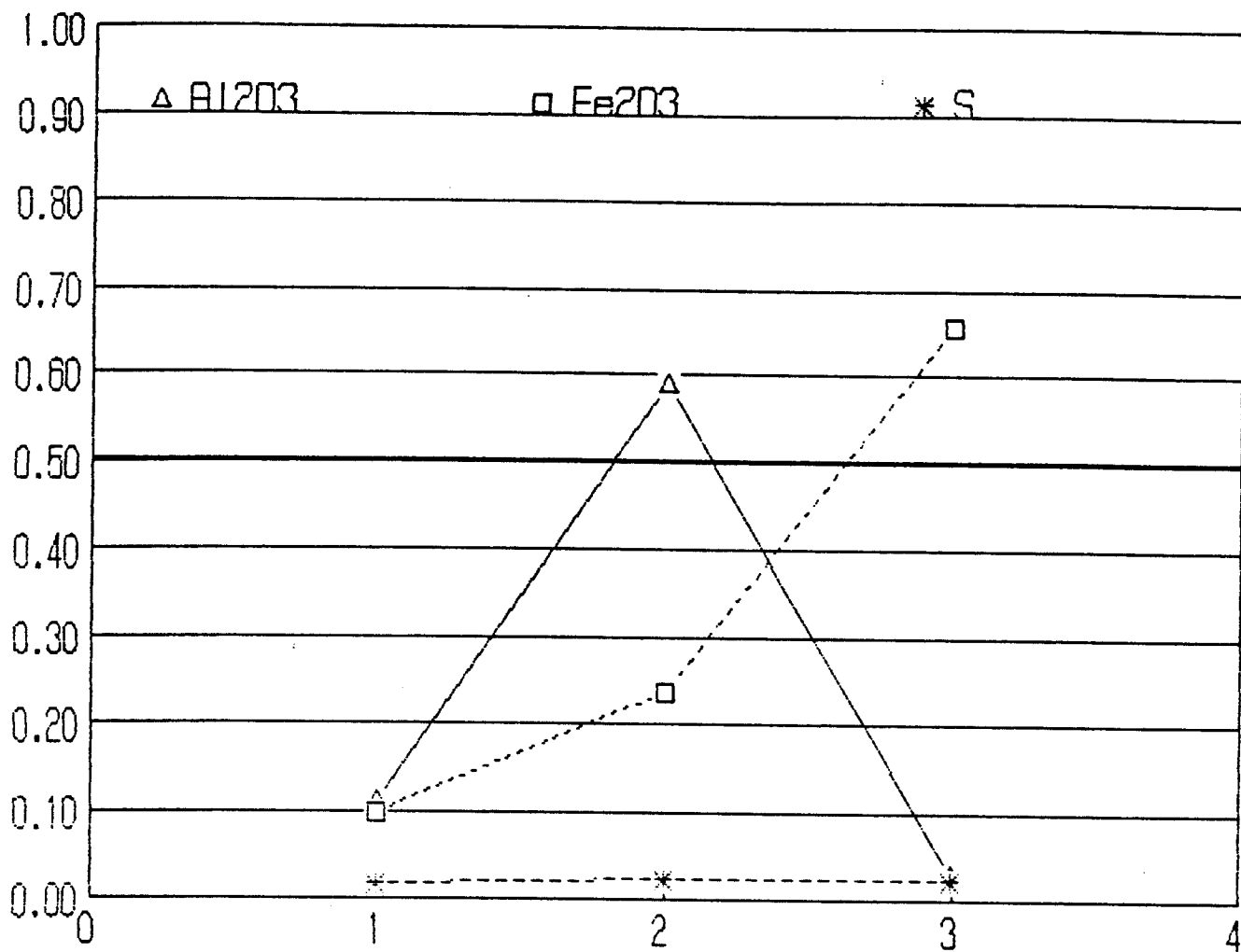


Figura 100. Porcentaje de S y óxidos de Al y Fe en muestras superficiales de Dolomias de Solares.

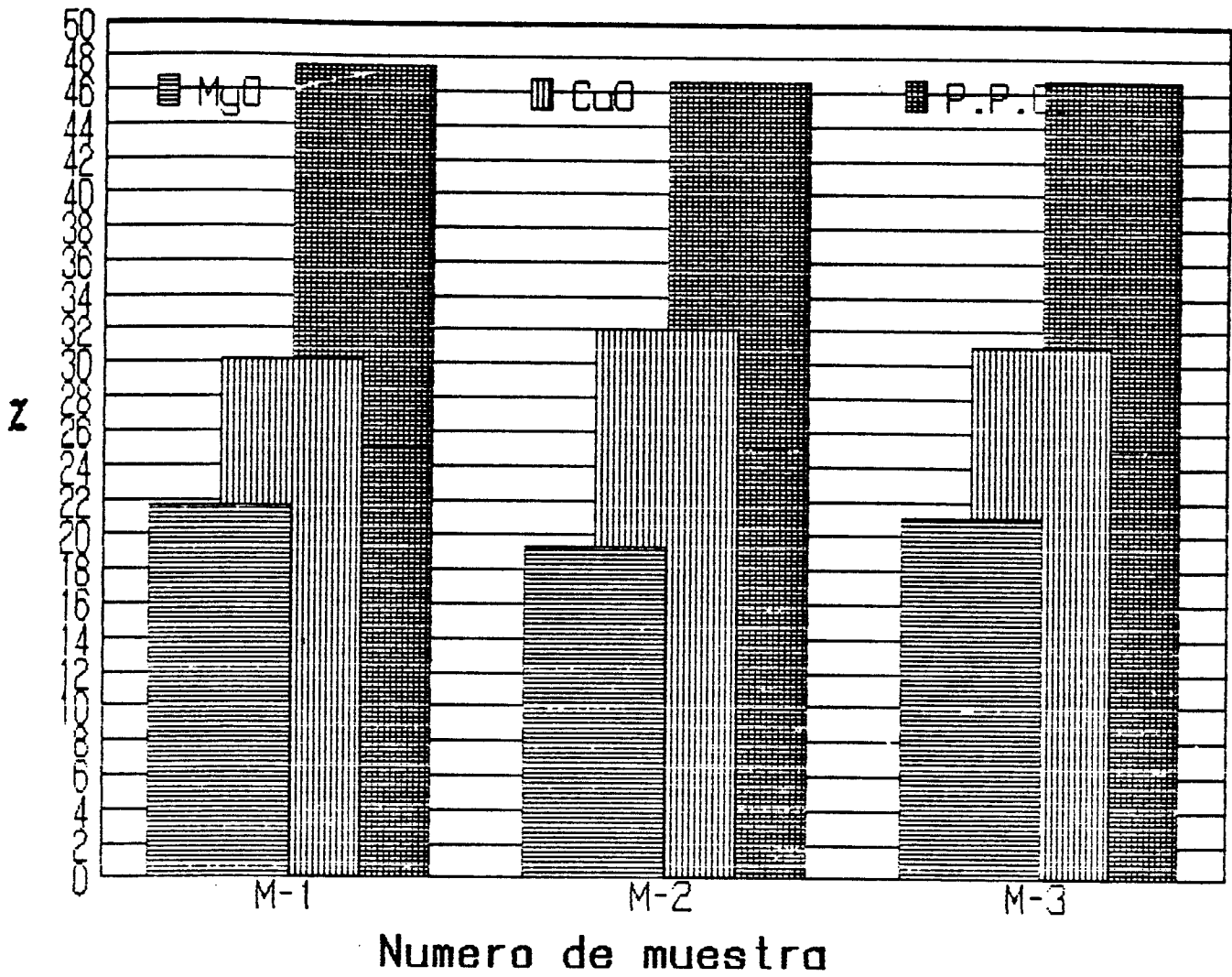


Figura 101. Porcentaje de óxidos de Ca y Mg y P.p.c. de muestras superficiales en Dolomias de Solares.

Sondeo N°	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	19.34	1.08
2	15.59	1.34
3	18.66	0.73
4	12.56	0.57
5	12.19	0.78
6	17.36	0.56
7	17.12	1.24
8	2.76	0.2
9	18.34	0.89
10	18.16	0.46
11	18.57	0.76
12	6.39	0.48
13	19.11	0.86
14	14.2	0.37
15	10.33	1.46
16	14.76	0.94
17	1.6	0.31
18	17.0	0.82
19	1.05	0.12
20	4.89	0.85
21	13.87	1.02
22	17.49	0.55

Cuadro 21.- Contenidos medios de MgO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de los testigos de los sondeos

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P.p.c.	S	MnO
M-1	0.11	0.1	30.2	21.7	47.5	0.02	0.01
M-2	0.59	0.24	32.0	19.3	46.6	0.026	0.02
M-3	0.03	0.66	31.0	21.1	46.7	0.025	0.02

Cuadro 22.- Resultado de análisis químicos de muestras superficiales.

### **- Zona de Monte Brusco**

En esta zona se han conseguido los resultados de veinte análisis de muestras procedentes de rozas y calicatas efectuadas en la parte Este del monte Brusco, lugar donde aparecen las dolomías, realizadas por la empresa Monte Hano, S.A. y cuyos resultados se recogen en el cuadro 23.

Los valores que muestran estos análisis son bastante irregulares. Así por ejemplo el contenido en MgO (fig. 103), varía desde 11.22 muy bajo hasta 20.74 que puede considerarse aceptable, con una media de las veinte muestras de 17.77, valor relativamente bajo.

El SiO<sub>2</sub> presenta en general valores aceptables, variando entre 0.14 el mínimo y 1.6 el máximo, con una media de 0.46, un tanto elevada.

El Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ofrece valores bastante aceptables, con un mínimo de 0.09 y un máximo de 0.68, siendo la media de 0.22, que en general cumple la práctica totalidad de las especificaciones.

El Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, presenta así mismo unos contenidos aceptables, (fig. 102), con un máximo de 0.85 y un mínimo de 0.07, lo que da una media de 0.28, que esta dentro de los límites exigidos en la mayoría de los sectores de consumo.

El resto de elementos se mantienen dentro de los límites exigidos por los distintos sectores, si bien en algunas de las muestras la pérdida por calcinación es elevada.

Teniendo en cuenta estas características y atendiendo fundamentalmente al contenido en MgO, al no ofrecer el resto de elementos dificultades para su utilización, los posibles sectores a los que podría ser destinado este material son bastante restringidos, dado el escaso contenido medio que presenta.

### **- Zona de Bueras**

Los análisis de esta zona, proceden de los cedidos por la empresa Monte Hano, que tiene ubicada una explotación en ella, correspondiendo las muestras tanto a superficie (cuadro 25), como a los sondeos de investigación realizados por esta empresa (cuadro 24).

En general se puede destacar la escasa proporción que muestran elementos tales como el SiO<sub>2</sub> (fig. 107) y el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que se encuentran dentro de los límites exigidos en las especificaciones, mientras que el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aunque en general ofrece contenidos bajos, (fig. 104), algunos de los valores sobrepasan lo requerido para algunos sectores.

	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	B-10
SiO <sub>2</sub>	0.5	0.24	0.24	0.88	0.36	0.37	0.43	0.47	1.01	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29	0.20	0.20	0.32	0.09	0.03	0.15	0.19	0.54	0.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.31	0.40	0.14	0.08	0.43	0.11	0.95	0.31	0.54	0.14
CaO	35.38	37.26	32.84	33.01	32.67	32.67	33.97	33.92	29.67	33.01
MgO	15.42	15.01	19.02	18.58	19.00	19.06	17.74	17.56	20.74	18.89
P.p.c.	46.64	46.51	47.35	46.83	47.28	47.65	46.6	47.03	47.48	47.29
S	0.011	0.01	0.008	0.028	0.026	0.017	0.025	0.019	0.014	0.017
Na <sub>2</sub> O	0.027	0.015	0.015	0.021	0.011	0.01	0.015	0.027	0.035	0.017
K <sub>2</sub> O	0.037	0.014	0.013	0.057	0.01	0.01	0.021	0.032	0.041	0.017
MnO	0.031	0.044	0.029	0.01	0.05	0.017	0.062	0.037	0.058	0.025

	B-11	B-12	B-13	B-14	B-15	B-16	B-17	B-18	B-19	B-20
SiO <sub>2</sub>	0.29	0.3	0.14	1.6	0.46	0.17	0.69	0.43	0.17	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	0.23	0.11	0.68	0.25	0.09	0.41	0.10	0.02	0.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.12	0.11	0.61	0.74	0.07	0.17	0.07	0.42	0.09
CaO	35.01	31.01	33.23	40.45	34.91	30.99	41.39	29.89	35.34	32.34
MgO	16.67	20.23	18.99	11.43	16.75	20.94	11.22	20.36	17.03	19.55
P.p.c.	47.59	47.9	47.3	44.95	46.71	47.88	45.55	49.03	46.84	47.6
Na <sub>2</sub> O	0.019	0.021	0.009	0.019	0.02	0.011	0.017	0.012	0.009	0.013
K <sub>2</sub> O	0.019	0.023	0.015	0.045	0.028	0.015	0.02	0.018	0.014	0.017
MnO	0.01	0.011	0.023	0.042	0.051	0.007	0.012	0.007	0.037	0.01
S	0.016	0.017	0.013	0.009	0.009	0.009	0.01	0.01	0.008	0.003

Cuadro 23.- Resultados de los analisis quimicos de la zona de Monte Brusco.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P.p.c.
BS-1	0.05	0.25	0.1	32.7	19.5	47.1
BS-2	0.21	0.19	0.08	39.8	13.4	45.0
BS-3	0.04	0.12	0.07	33.01	19.4	47.1
BS-4	0.11	0.35	0.14	34.8	17.7	46.7
BS-5	0.04	0.22	0.1	34.0	18.7	46.9
BS-6	0.09	0.07	0.18	30.5	21.4	47.4
BS-7	0.03	0.09	0.1	30.7	21.3	47.5
BS-8	0.36	0.05	0.16	32.1	20.0	47.4
BS-9	0.03	0.05	0.2	32.1	20.2	47.4
BS-10	0.03	0.14	0.17	32.4	19.9	47.2
BS-11	0.02	0.06	0.21	31.2	20.9	47.4
BS-12	0.02	0.05	0.28	31.4	20.5	47.4
BS-13	0.05	0.12	0.17	32.0	20.0	47.2
BS-14	0.09	0.1	0.21	32.9	19.3	47.1

Quadro 24.- Analisis procedentes de muestras de sondeos.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
B-1	0.08	0.11	0.09	31.17	21.59
B-2	0.14	0.17	0.12	32.3	20.48
B-3	0.17	0.18	0.17	31.57	20.62
B-4	0.84	0.91	0.22	42.7	10.97
B-5	0.08	1.25	0.51	45.58	7.27
B-6	0.1	0.07	0.13	32.65	20.1
B-7	0.25	0.26	0.15	33.62	19.2
B-8	0.07	0.05	0.11	32.57	19.46
B-9	0.02	0.25	0.07	30.58	21.57
B-10	0.11	0.18	0.15	31.12	20.92
B-11	0.25	0.28	0.07	34.76	18.32
B-12	0.16	0.19	0.07	31.31	21.00

Cuadro 25.- Analisis de muestras superficiales.



Respecto al contenido en MgO, tanto en las muestras superficiales como en las procedentes de sondeos, (figs. 105 y 106), los contenidos se pueden considerar adecuados, con medias en torno a 20-21 %, lo cual cubre suficientemente la mayor parte de las especificaciones.

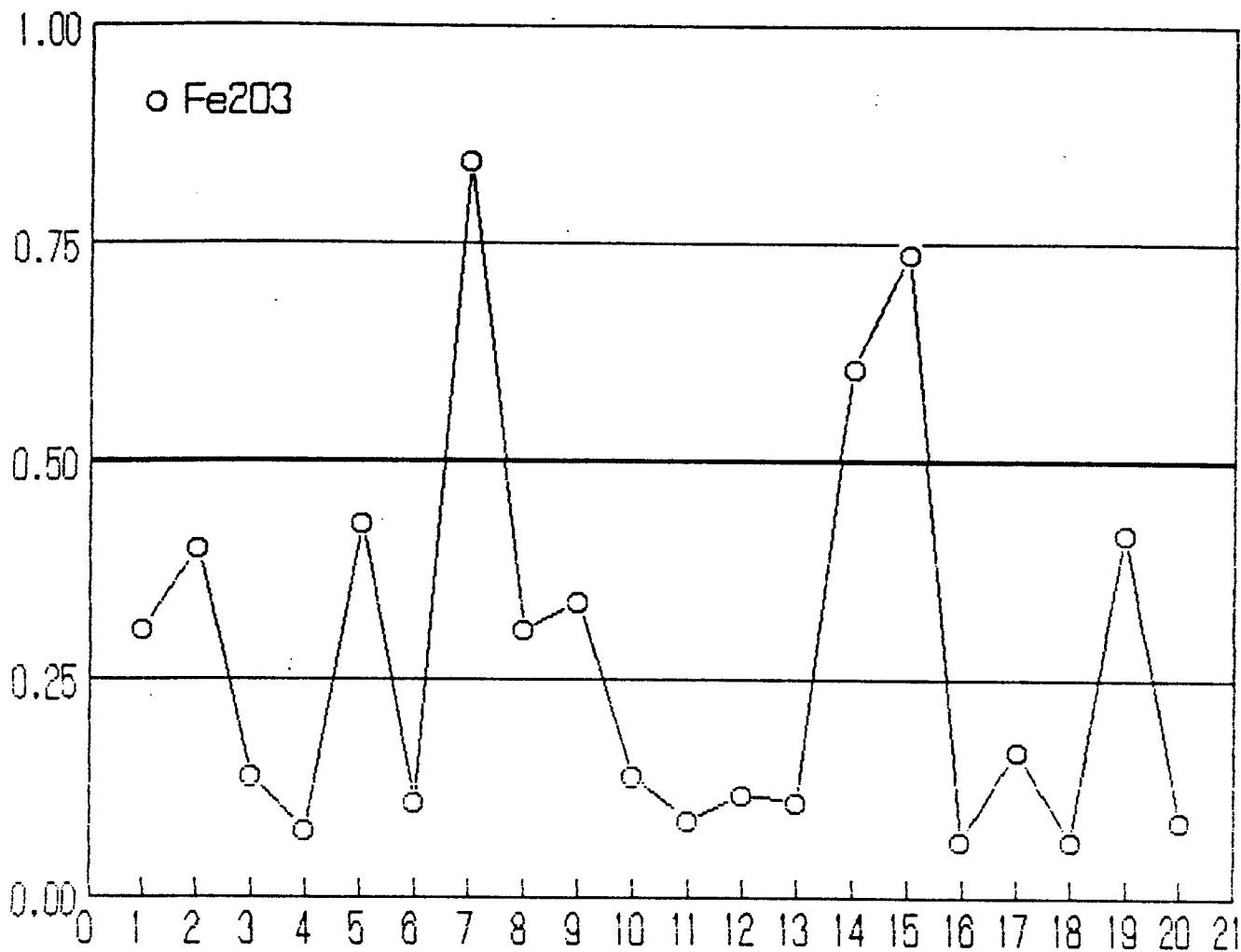


Figura 102. Contenido en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de muestras de Monte Brusco.

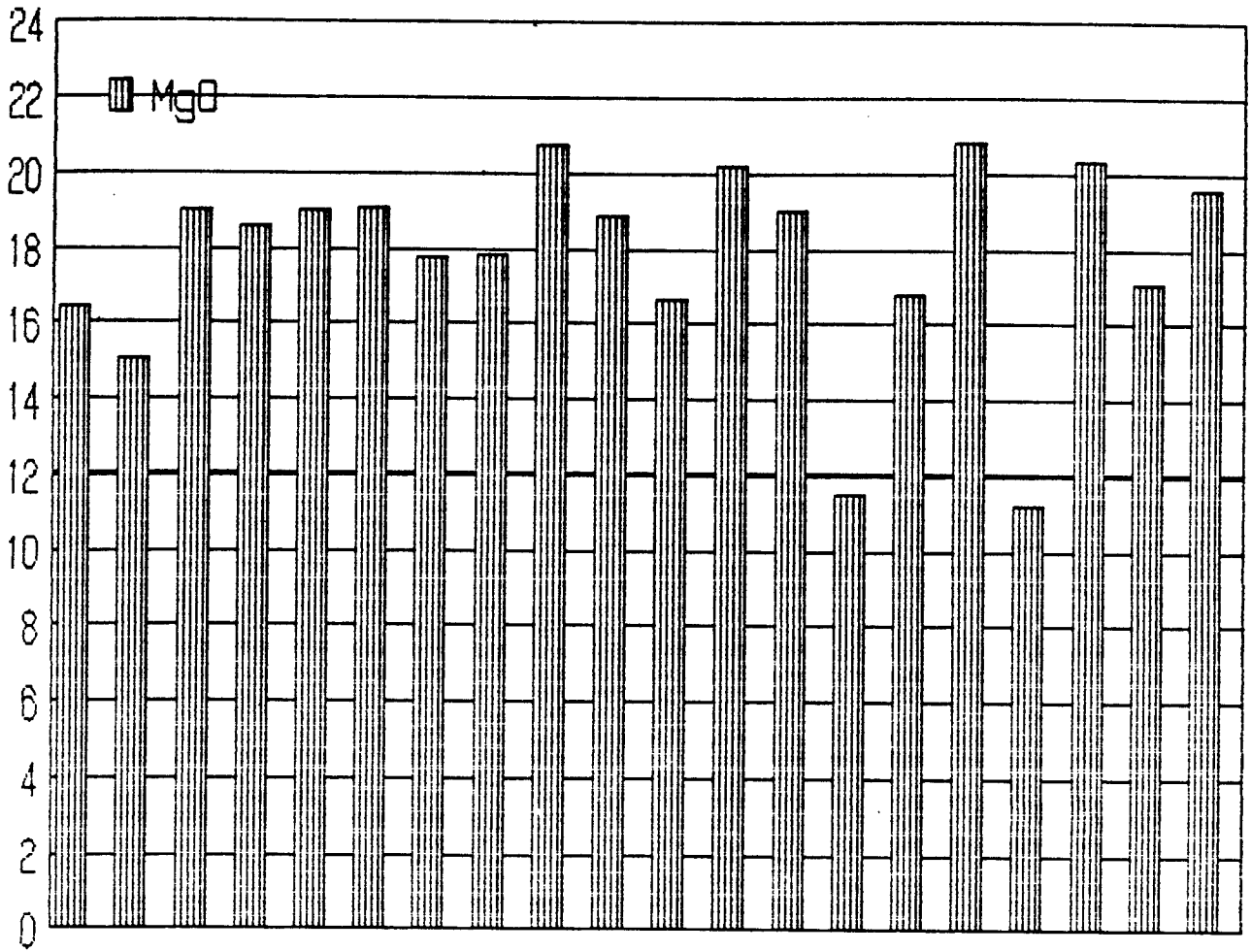


Figura 103. Contenido en óxido de Mg de muestras de Monte Brusco.

Contenido en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

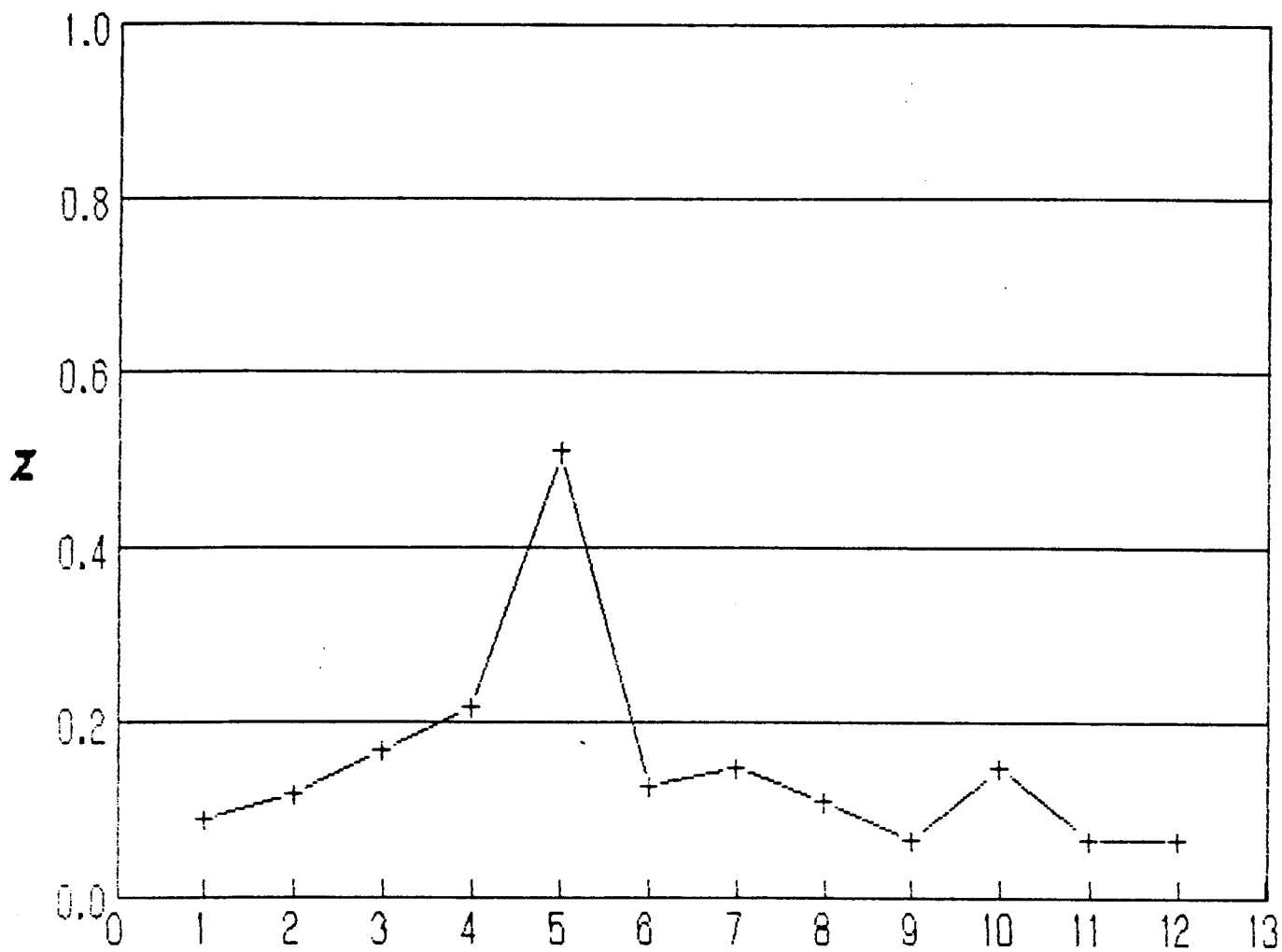


Figura 104. Contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de muestras superficiales de la zona de Bueras.

# Contenido en MgO

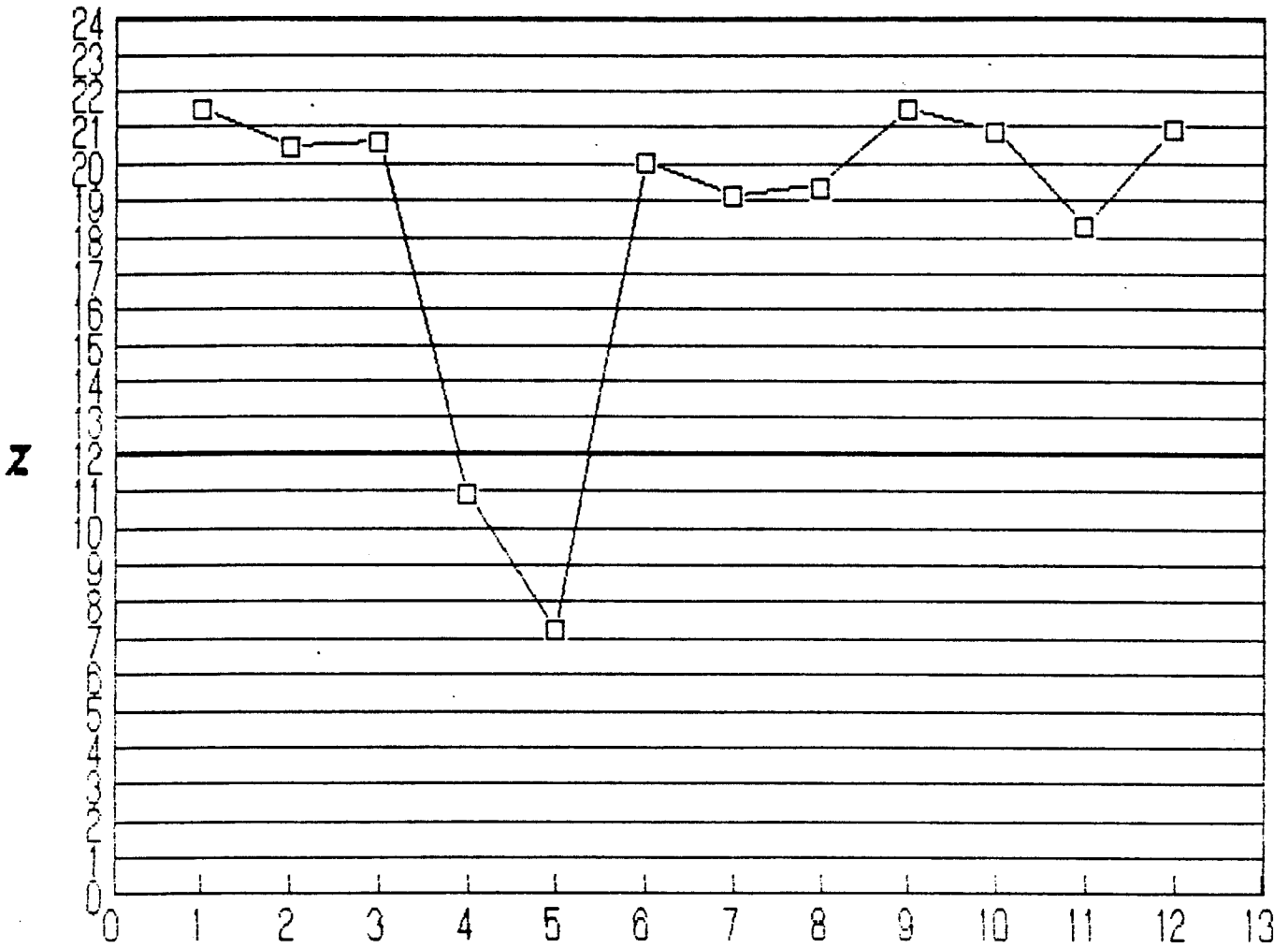


Figura 105. Contenido de óxido de Mg en muestras superficiales de la zona de Bueras.

### Contenido de MgO

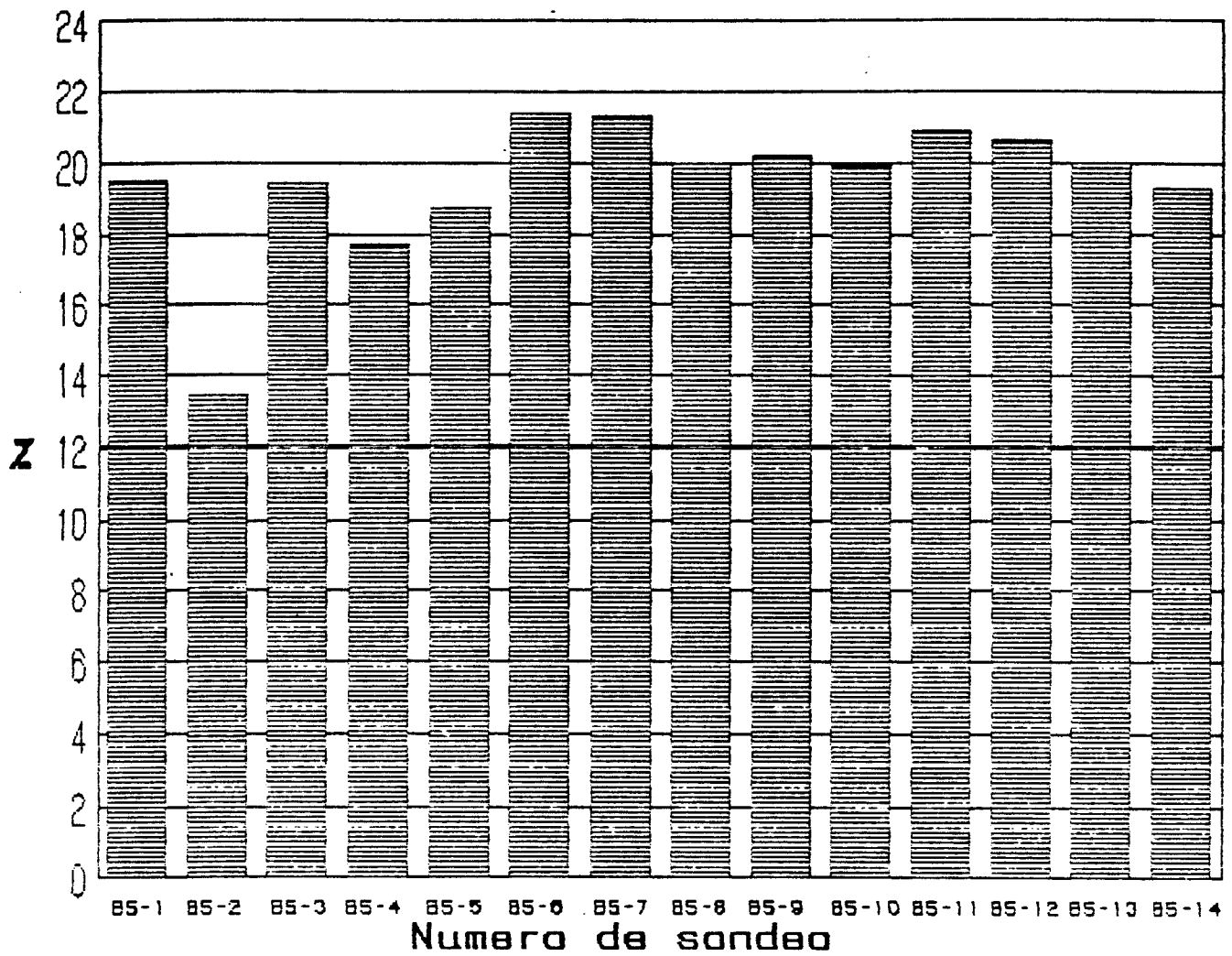


Figura 106. Contenido medio de MgO en sondeos de la zona de Buerras

# SiO<sub>2</sub>

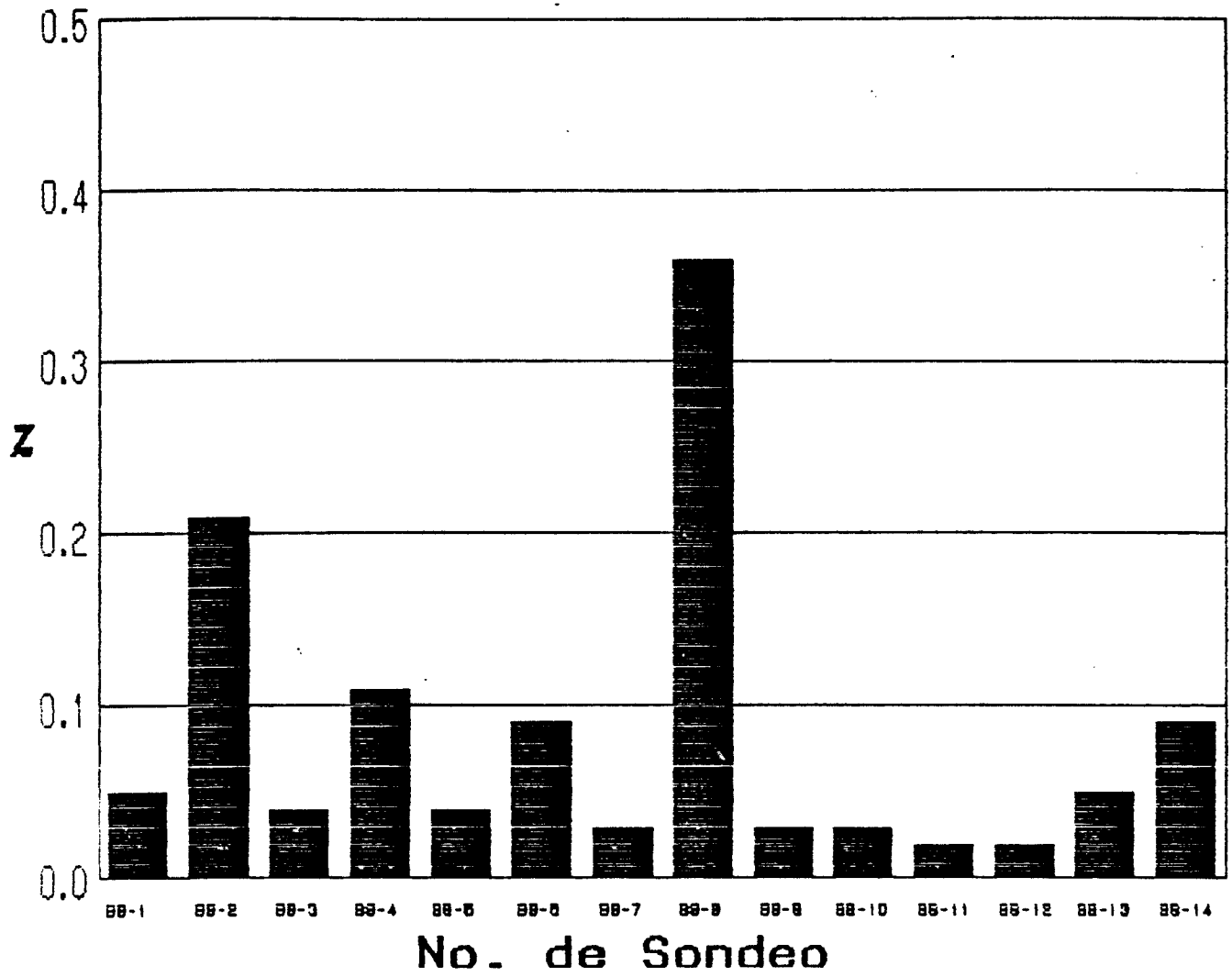


Figura 107. Contenido medio de SiO<sub>2</sub> en sondeos de la zona de Bueras

## 9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.



## **9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.**

En el transcurso del presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio detallado tanto de campo como analítico, de varias zonas con Calizas o Dolomias en las Comunidades Autónomas de Asturias, Cantabria y País Vasco.

La selección de las zonas se realizó mediante el análisis minucioso de estudios anteriores realizados por el IGME en esta región y siguiendo unos criterios adecuados a los resultados que se esperaban de este estudio.

Así, se intento escoger zonas lo mas próximas posible a zonas industriales y de transformación o con buenas comunicaciones, que facilitase el traslado rápido del material, además de que cumpliesen las condiciones minimas de reservas y explotabilidad.

El estudio se ha procurado orientar hacia la definición de calidades muy concretas del material, que posibilitase su uso en sectores que requieren unas especificaciones muy estrictas y que por tanto presentan problemas de abastecimiento, como pueden ser el Vidrio, Cargas Blancas, Agricultura etc, y obviando otros sectores que como la Construcción no tienen problemas de suministro, dada la enorme abundancia de este tipo de materiales en la región.

Para la constatación del cumplimiento o no de las especificaciones definidas, se ha efectuado un muestreo adecuado a la homogeneidad del material de cada una de las zonas, realizandose sobre estas muestras los correspondientes análisis quím-

micos y ensayos complementarios que han permitido definir adecuadamente la idoneidad del material para todos, alguno o ninguno de los sectores considerados.

Esta definición de la calidad junto a las características de los afloramientos, obtenidas del trabajo de campo, han permitido establecer las correspondientes apreciaciones para cada una de las zonas, que pueden resumirse a continuación.

Respecto a las recomendaciones generales, además de las que se mencionan en cada zona en particular, se pueden establecer en la realización de una serie amplia de análisis químicos tendientes a determinar la homogeneidad del material en las zonas que mejores perspectivas han ofrecido, y una vez efectuada esta se pueden realizar ensayos de detalle para el uso concreto a que se destine.

## ASTURIAS

### **Calizas**

Las zonas seleccionadas para calizas en esta comunidad se presentan en general, bastante favorables tanto por las condiciones de los afloramientos como por la calidad del material, ofreciendo sin embargo en algún caso dificultades en cuanto a ubicación respecto a centros industriales y reservas. Las mejores perspectivas se centran en las zonas del Alto del Rañadoiro, Cazo y Cardes, mientras que la de Caravia ofrece alguna problemática.

En la zona del Alto del Rañadoiro aparece una formación de mármoles de calcita, muy triturados, con reservas abundantes y que presenta el inconveniente de la lejanía a centros industriales, pero que dada la calidad del material puede soportar un cierto transporte. El análisis químico ha mostrado los siguientes porcentajes en óxidos de los elementos principales sujetos a límites.

SiO <sub>2</sub> .....	0,26
Al <sub>2</sub> .....	0,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,04
CaO.....	55,1
MgO.....	0,33
S.....	0,007
P.p.c.....	43,9
CO <sub>3</sub> Ca.....	98,35
CO <sub>3</sub> Mg.....	0,69

Estos valores cumplen suficientemente las especificaciones exigidas para los distintos sectores considerados.

La zona de Cazo-Sierra de Faces, está constituida por una potente serie Carbonífera en la que predomina la formación carbonatada “caliza de la Escalada”, que constituye importantes masas de calizas gris claro a blancas con unas reservas muy importantes. Su ubicación se puede considerar también adecuada, con escasa incidencia en el transporte y previsiblemente sin problemas de explotabilidad. La calidad del material es adecuada para la práctica generalidad de los sectores, siendo los resultados más significativos los siguientes:

	A-3	A-4
SiO <sub>2</sub>	0,2	0,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	0,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,14
CaO	55,1	54,4
MgO	0,3	0,3
S	0,011	0,01
P.p.c.	43,9	43,5
CO <sub>3</sub> Ca	98,35	97,1
CO <sub>3</sub> Mg	0,63	0,63

La reactividad ha mostrado valores al final del proceso del 84 y 85 % de material reaccionante, que puede ser considerado suficiente en la mayor parte de procesos.

El material de la zona de Cardes es una bolsada de caliza de color blanco caliza recristalizada asociada a una fractura, que ha sido explotada con fines ornamentales. Las reservas apreciadas son escasas, por lo cual y debido al abundante recubrimiento se precisarían labores mecánicas con el fin de definir las reservas.

Su ubicación es muy favorable al encontrarse a escasa distancia de vías de transporte importantes y zonas industriales.

El análisis ha ofrecido resultados excelentes con los siguientes valores significativos.

SiO <sub>2</sub>	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
CaO	55,5
MgO	0,25
S	0,068
P.p.c.	43,9
CO <sub>3</sub> Ca	99,07
CO <sub>3</sub> Mg	0,52

También el ensayo de reactividad ha ofrecido un elevado porcentaje de material reaccionante, en torno al 97 % al final del proceso.

En el cuadro adjunto se muestran los usos mas adecuados a los que se pueden destinar en funcion de la calidad del material.

	Alto de Rañadoiro	Cazo	Cardes	Caravia
Vidrio	A	I	A	I
Química	A	CR	A	I
Cargas blancas	A	CR	A	CR
Agricultura	A	A	A	A
Desulfuración gases	A	A	A	A
Cemento	A	A	A	A
Papel	A	A	A	A
Siderurgia	A	A	A	A
Metalurgia	A	A	A	A

A- Adecuada CR- Con reservas I- Inadecuada

## Dolomias

A pesar de la amplia representación de estos materiales en la Comunidad, la calidad de los mismos es bastante deficiente en general, además de la escasa entidad de la mayor parte de los afloramientos investigados, que hace complicada una explotación continuada. Esta característica determina también que sea difícil la continuidad en la homogeneidad química del material, por lo cual son escasas las perspectivas para las zonas investigadas.

Así en la zona de Grado-Fuejo existen bastantes afloramientos de dolomía, incluidas en la formación carbonífera "Caliza de Montaña", pero que presentan el inconveniente de su escasa entidad, a pesar de que la calidad como muestran los análisis puede considerarse aceptable

	A-6	A7-1	A7-2	A-8	AD-4	AD-5	AD3-1	AD-3-2
SiO <sub>2</sub>	0,47	0,3	0,28	0,16	0,28	0,34	0,29	0,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	0,38	0,33	0,32	0,33	0,46	0,33	0,77
CaO	31,5	30,4	31,2	34,0	31,0	30,4	31,1	32,4
MgO	20,0	20,6	20,1	18	20,4	20,7	20,0	18,8
S	0,007	0,007	0,009	0,011	0,01	0,008	0,002	0,01
P.p.c.	47,4	47,9	47,7	47,2	47,7	47,7	47,8	47,3
CO <sub>3</sub> Ca	56,23	54,26	55,69	60,69	55,34	54,26	55,51	57,83
CO <sub>3</sub> Mg	41,84	43,1	42,05	37,66	42,68	43,3	41,84	39,33

Respecto al ensayo de reactividad los resultados pueden considerarse mediocres, con un porcentaje total de material reaccionante en torno a 75 %.

La calidad de la dolomia en la zona de Soto de la Barca es muy deficiente como muestran los resultados de los análisis, por lo cual se pueden descartar al no cumplir las especificaciones requeridas en los distintos sectores.

Los valores más significativos de los análisis son los siguientes:

SiO <sub>2</sub>	0,74	1,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	0,17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,78	1,22
CaO	31,23	0,4
MgO	18,81	9,7
P.p.c.	47,6	46,9
CO <sub>3</sub> Ca	55,69	54,26
CO <sub>3</sub> Mg	39,33	41,21

Igualmente el ensayo de reactividad ha ofrecido resultados deficientes con un porcentaje total en torno al 64% de material reaccionante.

La zona de Caravia está constituida por una formación carbonatada del Carbonífero en la que aparece una bolsada de dolomía.

Dadas las características de la dolomitaización la continuidad de los contenidos en MgO se presenta problemática, por lo cual se precisaría para una perfecta definición del material la realización de una amplia serie de análisis que confirmarían la naturaleza y continuidad de la dolomía y en su caso de la caliza.

Por tanto esta zona debe ser considerada con reservas tanto la caliza como para la dolomía.

Como posible alternativa para dolomía, pero que por su especial ubicación, muy alejada de zonas industriales y de difícil acceso.

La zona de S. Isidro por su especial ubicación muy alejada de zonas industriales y de acceso complicado se ha considerado exclusivamente como alternativa, con

unas condiciones de calidad aceptables aunque no para todos los sectores considerados.

En el cuadro adjunto se indican los sectores a que se pueden destinar los materiales de las distintas zonas en función de su calidad.

	Grado-Fuejo	Soto de los Infantes	Caravia	S. Isidro
Vidrio	I	I	I	CR
Siderurgia				
(fundente)	A	I	A	A
Cal dolomítica	CR	I	CR	A
Refractario	CR	I	I	A
Agricultura	A	I	A	A

A- Adecuada CR- Con reservas I- Inadecuada

## PAIS VASCO

### Calizas

Las zonas estudiadas para calizas en esta Comunidad, han ofrecido resultados desiguales, aunque en general se puede considerar que la calidad es bastante deficiente para su utilización en los sectores considerados. De este modo solo una de las zonas, la de Salvatierra, ofrece perspectivas interesantes.

La zona de Salvatierra, además de su ubicación muy favorable al pie de la carretera N-I, con la consiguiente escasa incidencia del transporte a zonas industriales, ha ofrecido resultados excelentes de calidad, tanto en el material procedente de la bolsa de calcita como en la caliza que lo incluye.

Requeriría sin embargo además de sondeos mecánicos para establecer las reservas de la bolsa de calcita, la realización de una amplia serie de análisis para comprobar la homogeneidad y orientar el material hacia el sector de consumo más adecuado.

Los resultados más significativos son:

	Calcita	Caliza
SiO <sub>2</sub>	0.13	0.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.24
CaO	55.2	54.6
MgO	0.37	0.34
P.p.c.	44.0	43.6
CO <sub>3</sub> Ca	98.53	97.46
CO <sub>3</sub> Mg	0.77	0.71

Los porcentajes de material reaccionante en el ensayo de reactividad han sido muy elevados, situándose en torno al 96 % al final del proceso.

#### Zona de Deva

Esta zona constituida por calizas cretácicas arrecifales, presentan masas muy importantes y se ubica en un área muy industrializada y con excelentes comunicaciones.

Sin embargo la calidad es inaceptable para todos los sectores considerados ya que los contenidos en Sílice que han ofrecido las muestras más significativas son

SiO <sub>2</sub>	14.9	3.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21	0.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.57
CaO	46.9	52.4

Los resultados en la reactividad también han sido poco favorables por lo cual esta zona se considera inaceptable para el objetivo buscado en el proyecto.



### Zona de Lequeitio

El material de esta zona es una caliza pararrecifal del Aptense, que aunque ofrece una calidad aceptable, sin embargo las condiciones de los afloramientos no son demasiado adecuadas, con profusión de fenómenos cársticos y recubrimientos vegetales importantes sobre las abundantes arcillas de descalcificación.

Por tanto aunque cumple prácticamente todas las especificaciones requeridas en los distintos sectores considerados ha de ser contemplada con las debidas reservas.

Las otras zonas que se han tratado como posibles alternativas como la de Ereño u Orduña, se han descartado por la deficiente calidad de las calizas, que ofrecen unos contenidos en Sílice muy elevados.

En el cuadro adjunto se indican los distintos sectores a que puede ser destinado el material en función de su calidad.

	Salvatierra	Deva	Lequeitio
Vidrio	A	I	I
Química	A	I	CR
Cargas blancas	A	I	CR
Agricultura	A	I	A
Desulfuración gases	A	I	A
Cemento	A	I	A
Papel	A	I	A
Siderurgia	A	I	A
Metalurgia	A	I	A

A- Adecuada CR- Con reservas I- Inadecuada

### Dolomías

La única zona considerada es la de Laminoria, constituida por un paquete de dolomías del Paleoceno, incluida en una serie margo-caliza.

El problema principal de este material es su disposición estratigráfica, que hace complicada su posible explotación.

La calidad de la dolomía mostrada en el análisis tampoco es demasiado favorable como muestran los resultados más significativos.

SiO <sub>2</sub>	0.56
Al <sub>1/2</sub> O <sub>3</sub>	0.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.36
Co	32.5
MgO	18.9
S	0.005
P.p.c.	47.1
CO <sub>3</sub> Ca	58.01
CO <sub>3</sub> Mg	39.45

Según estos resultados y los de la reactividad se puede considerar adecuado con reservas este material para cal dolomítica, Refractario y Agricultura y descartable para vidrio.

## CANTABRIA

### Calizas

Aunque la representación de este material en la Comunidad es enorme, en general la calidad respecto de los usos más específicos es deficiente, debido fundamentalmente a la presencia e Sílice.

De este modo de las cinco zonas seleccionados para el estudio, solo dos han ofrecido unas características adecuadas a los objetivos planteados en el estudio, las zonas de Celis y Orión.

La zona de Celis está constituida por grandes masas de calizas carboníferas, de color gris claro o crema, en las que aparecen frecuentes recristalizaciones de calcita. Sin problemas en cuanto a reservas y canterabilidad, sin embargo su ubicación está un tanto alejada de zonas industriales aunque las comunicaciones son adecuadas.

Los resultados obtenidos en los análisis muestran una calidad excelente y cumple suficientemente las especificaciones requeridas en la práctica totalidad de sectores considerados. Los resultados más significativos son:

SiO <sub>2</sub>	0.07	0.27	0.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.05	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.05	0.03
CaO	55.5	55.0	55.7
MgO	0.17	0.29	0.21
CO <sub>3</sub> Ca	99.07	98.18	99.42
CO <sub>3</sub> Mg	0.36	0.61	0.42
P.p.c	43.9	44.0	43.6

Del mismo modo el comportamiento ante la reactividad ha sido muy bueno con porcentajes medios en torno a 93 % de material reaccionante al final el proceso.

Como recomendaciones específicas se pueden mencionar la realización de sondeos mecánicos para la obtención de muestras en profundidad y comprobar con una amplia serie de análisis la homogeneidad del material.

La zona de Oriñón presenta una enorme masa de calizas arrecifales del Cretácico Urgoniano, de color gris claro a crema con frecuentes recristalizaciones de calcita.

Las condiciones de reservas y de ubicación son excelentes por la cantidad de material existente y al pie e la CN-634. La calidad mostrada en los análisis químicos es la adecuada para la mayor parte de sectores considerados al cumplir suficientemente las especificaciones requeridas.

SiO <sub>2</sub>	0.2	0.19	0.22	0.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.15	0.16	0.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	0.19	0.35	0.04
CaO	55.1	55.0	53.8	54.9
MgO	0.37	0.4	1.3	0.46
S	0.005	0.043	0.038	0.024
CO <sub>3</sub> Ca	98.35	98.18	96.03	98.0
CO <sub>3</sub> Mg	0.77	0.84	2.72	0.96
P.p.c.	43.7	43.8	43.8	43.9

También el ensayo de reactividad ha ofrecido resultados buenos con porcentajes siempre por encima de 90% al final del proceso.

La zona de la Sierra del Hornijo está formada por masas importantes de calizas arrecifales del Cretácico pertenecientes al “complejo Urganiano”, pero que presentan el problema de contener porcentajes elevados de Sílice, que sobrepasan las especificaciones requeridas en la mayor parte de los sectores considerados, por lo cual las perspectivas son escasas, a pesar de sus grandes reservas y su ubicación con comunicaciones adecuadas.

La zona de Solares, seleccionada también para dolomías, está constituida por calizas arrecifales Aptenses, de color gris claro a crema, presenta como ventajas importantes su excelente ubicación respecto a centros industriales y buenos accesos, además de las reservas adecuadas a largo plazo, sin embargo su calidad es bastante deficiente por el alto porcentaje de Sílice que contiene, en torno al 1 %, y también valores altos en  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$ , por lo cual y unido al comportamiento poco favorable en el ensayo de reactividad se ha considerado con escasas perspectivas de utilización de acuerdo con los objetivos propuestos.

Las zonas seleccionadas como posibles alternativas, Puente-Viesgo y Comillas-Oreña, aunque ofrecen reservas importantes y buena situación, presentan el problema de la escasa calidad de la caliza, en el caso de Puente-Viesgo por el elevado porcentaje de MgO y Sílice y en la de Comillas por su alto contenido en Sílice. En el cuadro adjunto se muestran los usos más adecuados para cada una de las zonas.

	Celis	Orión S. del Hornijo	Solares	Puente	Viesgo
Vidrio	A	CR	I	I	I
Química	A	A	I	I	I
Cargas blancas	A	A	I	I	I
Agricultura	A	A	CR	A	A
Desulfuración					
gases	A	A	I	CR	CR
Cemento	A	A	I	CR	I
Papel	A	A	I	I	I
Siderurgia	A	A	I	CR	CR
Metalurgia	A	A	I	CR	CR

A- Adecuada CR- Con reservas I- Inadecuada

## Dolomías

Las dolomías en esta Comunidad han sido desde hace tiempo profusamente investigadas por empresas privadas y actualmente se hallan en explotación varias de las zonas estudiadas, siendo una de las regiones de mayor producción a nivel nacional.

Este interés demuestra una calidad adecuada para su utilización en la mayor parte de los sectores considerados en el estudio, y en concreto se destina la práctica totalidad de la producción a los sectores el Vidrio, Siderurgia y Cal dolomítica.

Todas estas zonas se hallan ubicadas estratégicamente, próximas a zonas industriales y con buenas comunicaciones, como las de Monte Brusco, Bueras y Solares que son las que mayor interés presentan.

Las zonas de Bueras y Solares, la primera en explotación y la segunda a punto de comenzar, presentan reservas importantes y una calidad adecuada que permite su uso en todos los sectores considerados.

La zona de Monte Brusco, con menores reservas y calidad inferior, presenta la problemática de su ubicación próxima a una playa bastante frecuentada con los siguientes problemas que esta conlleva. Las otras dos zonas seleccionadas, la de Puentenansa y la de Comillas-Oreña presentan bastante problemas que las hace totalmente descartables.

En concreto la de Puentemansa además de su complicada posición estratigráfica y sus escasas reservas, presenta una calidad poco adecuada.

La de Comillas-Oreña, presenta en principio problemas de explotación derivadas de la naturaleza de la dolomitización, en bolsadas dispersas y con escasa continuidad y además por la calidad deficiente debido al elevado contenido en Hierro, debido a que asociados a las dolomías aparecen importantes mineralizaciones de Sulfuros. Esto hace que sean totalmente descartables para los usos propuestos en el estudio.

En el cuadro adjunto se resúmen los posibles usos propuestos para el material de las distintas zonas.

	Bueas	Solares	Monte Brusco	Comillas-Oreña	Puentemansa
Vidrio	A	A	CR	I	I
Siderurgia	A	A	A	I	I
Cal	A	A	A	I	I
Refractario	A	A	A	I	I
Agricultura	A	A	A	I	I

A- Adecuada CR- Con reservas I- Inadecuada

## BIBLIOGRAFIA.

## **BIBLIOGRAFIA**

Berton, Y. et Le Berre, P. (1.982)  
Guide de la prospection des materiaux de carriere  
B.R.G.M.

Boynton, R.S. (1.980)  
Chemistry and Technology of Lime and Limestone  
John Wiley & Sons

Carbonífero y Pérmico de España  
X Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero.  
I.G.M.E. (1.983)

El Cretácico de España  
Universidad Complutense de Madrid  
Madrid (1.982)

Enciclopedia Salvat de las Ciencias. Tomo VIII  
Salvat S.A.  
Madrid (1.968)

Klockmann, F. y Ramdohr, P. (1.961)  
Tratado de Mineralogía  
Gustavo Gili (Barcelona)



Orús,F. (1.985)  
Materiales de Construcción  
Dossat. Madrid

Proceedings of Minerals and Chemicals in Glass and Ceramics  
An Industrial Minerals Meeting  
Corning, NY, (1.981)

Industrial Minerals. Mayo 1.988  
Burnt Lime/Dolime. Seeking markets green

I.G.M.E.(1.987)  
Estudio sobre Normativas y Aplicaciones Industriales de Calizas y Dolomías.

I.G.M.E.(1.985)  
Posibilidades de rocas Ornamentales en Asturias y Cantabria.

I.G.M.E.(1.985)  
Estudio básico de Magnesitas, Dolomías y Ofitas en Asturias, Cantabria y País Vasco.

I.G.M.E.  
Mapa Geológico Nacional, escala 1:200.000  
Hojas Nos. 2 - Avilés  
3 - Oviedo  
4 - Santander  
5 - Bermeo  
9 - Cangas del Narcea  
10 - Mieres  
11 - Reinosa  
12 - Bilbao

I.G.M.E.  
Mapa de Rocas Industriales escala 1:200.000  
Hojas Nos. 2 - Avilés  
3 - Oviedo  
4 - Santander  
9 - Cangas del Narcea  
10 - Mieres  
11 - Reinosa  
12 - Bilbao-Bermeo

**I.G.M.E.(1.972)**

**Estudio Geológico de la Provincia de Alava**

**I.G.M.E.**

**Mapa Geológico Nacional escala 1:50.000**

**Hojas Nos.** 28 - Grado  
29 - Oviedo  
30 - Villaviciosa  
31 - Ribadesella  
33 - Comillas  
34 - Torrelavega  
35 - Santander  
36 - Castro Urdiales  
38 - Bermeo  
39 - Lequeitio  
51 - Belmonte de Miranda  
52 - Proaza  
55 - Beleño  
57 - Cabezón de la Sal  
59 - Villacarriedo  
60 - Valmaseda  
63 - Eibar  
75 - Naviego  
100 - Degaña  
113 - Salvatierra  
139 - Eulate