



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

# SITUACION AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS Y DE LOS RESIDUOS DE ROCAS ORNAMENTALES

MEMORIA



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

01270

**SITUACION AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS  
Y DE LOS RESIDUOS DE ROCAS ORNAMENTALES**

## INDICE

- 1. INTRODUCCION**
- 2. OBJETIVOS**
- 3. METODOLOGIA DEL ESTUDIO**
- 4. CONCEPTOS Y TIPOS DE ROCAS ORNAMENTALES**
- 5. GRANITOS**
  - 5.1. Ambito Geológico. Variedades
  - 5.2. Procesos de Explotación
    - 5.2.1. Sistemas de arranque en canteras
    - 5.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración
  - 5.3. Situación actual del sector
    - 5.3.1. Producciones
    - 5.3.2. Ubicación y características de las explotaciones de los granitos ornamentales
  - 5.4. Estructuras residuales. Valoración Ambiental
    - 5.4.1. Zona 1.- La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra
    - 5.4.2. Zona 2.- Avila, Toledo, Segovia y Madrid
    - 5.4.3. Zona 3.- Cáceres y Badajoz
    - 5.4.4. Zona 4.- Gerona, Barcelona, Tarragona
    - 5.4.5. Zona 5.- Ciudad Real
- 6. PIZARRAS**
  - 6.1. Ambito Geológico. Variedades
  - 6.2. Actividades extractivas
    - 6.2.1. Sistemas de arranque en canteras
    - 6.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración
  - 6.3. Sistema actual del sector
    - 6.3.1. Producciones

6.3.2. Ubicación y características básicas de las explotaciones de pizarras ornamentales

6.4. Estructuras residuales. Valoración Ambiental

6.4.1. Zona 1.- León, Lugo, Orense, Zamora

6.4.2. Zona 2.- Pontevedra, Coruña, Lugo

6.4.3. Zona 3.- Badajoz

6.4.4. Zona 4.- Segovia

## **7. MARMOLES**

7.1. Ambito Geológico. Variedades

7.2. Actividad extractiva

7.2.1. Sistema de arranque en canteras

7.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración

7.3. Situación actual del sector

7.3.1. Producciones

7.3.2. Ubicación y características básicas de las explotaciones de mármoles ornamentales

7.4. Estructuras residuales. Valoración ambiental

7.4.1. Zona 1.- Vizcaya, Guipuzcoa, Navarra

7.4.2. Zona 2.- Lérida, Gerona, Barcelona, Tarragona

7.4.3. Zona 3.- Castellón, Valencia

7.4.4. Zona 4.- Murcia, Alicante

7.4.5. Zona 5.- Almería

7.4.6. Zona 6.- Málaga, Granada

7.4.7. Zona 7.- Toledo, Ciudad Real, Segovia

## **8. CRITERIOS DE RESTAURACION Y ABANDONO DE LAS ESTRUCTURAS RESIDUALES DEL SECTOR ORNAMENTAL**

## **9. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

## PLANOS

- Mapas de Zonas, de cada Roca Ornamental
- Planos a escala E: 1:50.000, con la ubicación de las escombreras

## ANEJOS

- Fichas de las estructuras residuales recogidas en el Inventario Nacional de Balsas y Escombreras, clasificadas por tipo de Roca Ornamental y Zona

## **SITUACION AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS Y DE LOS RESIDUOS DE ROCAS ORNAMENTALES**

### **1. INTRODUCCION**

Los incrementos de producción de las Rocas Ornamentales experimentados en España, durante los últimos años, activados tanto por el mercado interno como por el externo singularizan una problemática ambiental, debido al número de explotaciones, al tamaño de ellas, al grado de desarrollo técnico existente, a los tipos de sustancias obtenidos, a su dispersión o concentración geográfica, a las balsas y escombreras creadas, etc. Por ello, el conocimiento de su situación actual, y los efectos que producen sobre el Medio Ambiente, constituyen temas de estudio, donde el ITGE está desarrollando trabajos infraestructurales, con el fin de devolver al entorno su aspecto inicial minimizando o corrigiendo las alteraciones ambientales producidas o que se puedan dar.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo a lograr con el presente trabajo, es la evaluación de la situación ambiental en que se encuentran las estructuras residuales: escombreras, balsas o depósitos mixtos, existentes por la explotación del grupo preferencial de Rocas Ornamentales, formado por: las pizarras, los granitos y los mármoles.

Según los tipos de actividades extractivas de cada sustancia, se producen volúmenes distintos de escombros, procedentes en su mayor parte de los recubrimientos no aprovechables y de zonas consideradas como de baja calidad. Esto, plantea el problema de su almacenamiento en los aspectos de estabilidad, seguridad e incidencia Medio-Ambiental.

### **3. METODOLOGIA DE ESTUDIO**

El presente Estudio tiene como fuente de datos principal el Banco correspondiente al Inventario Nacional de Balsas y Escombreras de reciente finalización (1.989).

Su consulta, tratamiento de datos y el análisis de los mismos, han sido objetivos parciales para alcanzar una Evaluación de la problemática Ambiental de las estructuras residuales del subsector de Rocas Ornamentales.

El Estudio se completa con una síntesis extraída de trabajos y fondos documentales, en los aspectos de: ámbito geológico, ubicación de explotaciones y procesos de explotación más usuales, existentes para cada grupo de rocas ornamentales, objeto de este Estudio.

La consulta y tratamiento de datos del Banco de datos del Inventario de Balsas y Escombreras, se ha realizado mediante los correspondientes programas de utilidades del D-BASE III. Los parámetros recogidos en el Archivo Informático son los siguientes:

*CLAVE:* Número de hoja 1:50.000 (numeración militar), octante, número correlativo.

*TIPO DE ESTRUCTURA:* Balsa: B. Escombrera: E. Mixta: M.

*ESTADO:* Activa: A. Parada: P. Abandonada: B.

*PROVINCIA:* Código de Hacienda.

*MUNICIPIO:* Código de INE.

*TIPO:* Codifíquese de acuerdo con la lista-2 adjunta.

*ZONA MINERA:* Codifíquese con dos letras.

*MENA:* Las ocho primeras letras del mineral que se beneficia.

*TIPO DE TERRENO:* Baldío: B. Agrícola: A. Monte Bajo: M. Forestal: F.

*TIPOLOGIA:* Codifíquese por orden de importancia: LLano: P. Ladera: L. Vaguada: V.



**MORFOLOGIA DE EMPLAZAMIENTO:** Codifíquese por orden de importancia: Suave: S. Accidentada: A. Ladera: L. Valle abierto: V. Valle encajado: E. Corta: C.

**EXCAVACION:** Desbroce: D. Tierra vegetal: T. Suelos: S. Sin preparación: N.

**AGUAS EXISTENTES:** Manantiales: M. Cursos: R. Cauces intermitentes: C. Inexistentes: N.

**TRATAMIENTO:** Captación de manantiales: C. Captación de aguas superficiales: D. Sin tratamiento: N.

**NIVEL FREATICO:** Superficial: S. Somero: M. Profundo: P.

**NATURALEZA:** Codifíquese de acuerdo con la lista-1 adjunta.

**ESTRUCTURA:** Masiva: M. Subhorizontal: H. Inclínada: I. Subvertical: V.

**GRADO DE FRACTURACION:** Alto: A. Medio: M. Bajo: B.

**PERMEABILIDAD:** Alta: A. Media: M. Baja: B.

**GRADO DE SISMICIDAD:** Codifíquese de 1 a 9 de acuerdo con la norma PGS.

**NATURALEZA:** Codifíquese de acuerdo con la lista-1 adjunta.

**RESISTENCIA:** Alta: A. Media: M. Baja: B.

**PERMEABILIDAD:** Alta: A. Media: M. Baja: B.

**TIPO DE ESCOMBROS: LITOLOGIA:** Codifíquese de acuerdo con la lista-1 adjunta.

**TAMAÑO:** Codifíquese por orden de importancia: Escollera: E. Grande: G. Medio: M. Fino: F. Heterométrico: H.

**FORMA:** Cúbica: C. Lajosa: L. Mixta: M. Redondeada: R.

**ALTERABILIDAD:** Alta: A. Media: M. Baja: B.

**SEGREGACION:** Fuerte: F. Escasa: E.

**COMPACIDAD IN SITU:** Alta: A. Media: M. Baja: B.

**NATURALEZA:** Tierra: T. Ladrillo: L. Pedraplén: P. Mampostería: M. Escombros: E. Finos de decantación: F.

**NATURALEZA:** Codifíquese de acuerdo con la lista-3 adjunta.

**PLAYA:** Arena: A. Limo: L. Arcilla: C.

**BALSA:** Arena: A. Limo: L. Arcilla: C.

**GRADO DE CONSOLIDACION:** Alto: A. Medio: M. Bajo: B. Nulo: N.

**SISTEMA DE VERTIDO:** Codifíquese por orden de importancia. Volquete: V. Vagón: W. Cinta: I. Cable: C. Tubería: T. Canal: N. Pala: P. Cisterna: S. Manual: M.

**PUNTO DE VERTIDO:** Codifíquese por orden de importancia. Contorno: L. Dique: D. Cola: C.

**TRATAMIENTO:** Compactación por el tráfico: T o mecánica: M. Nulo: N.

**DRENAJE:** Codifíquese por orden de importancia. Infiltración natural: I. Drenaje por chimenea: C.

Aliviadero: S. Drenaje horizontal: H. Drenaje por el pié: P. Bombeo: B. Evaporación forzada: E. Ninguno: N.

*RECUPERACION DEL AGUA:* Total: T. Parcial: P. Nula: N.

*SOBREDENANTE:* Sí: S. No: N.

*DEPURACION:* Primaria: P. Secundaria: S. Terciaria: T. Ninguna: N.

*EVALUACION:* Crítica: C. Baja: B. Media: M. Alta: A.

*COSTRAS:* Desección: D. Oxidación: O. Ignición: I. No existen: N.

*PROBLEMAS OBSERVADOS:* Altos: A. Medio: M. Bajo: B. No existen: N.

*IMPACTO AMBIENTAL:* Alto: A. Medio: M. Bajo: B. Nulo: N.

*ZONA DE AFECCION:* Se refiere al área de influencia en caso de accidente. Caserío: C. Núcleo urbano: N. Carretera: V. Tendido eléctrico: T. Instalaciones Industriales: I. Área de cultivo: A. Cursos de agua: R. Baldío: B. Monte Bajo: M. Cauces intermitentes: E. Corta: P. Forestal: F.

*RECUPERACION:* Alta: A. Media: M. Baja: B. Nula: N.

*DESTINO:* Codifíquese por orden de importancia. Relavado: R. Aridos: A. Cerámica: C. Rellenos: L.

*LEY:* Alta: A. Media: M. Baja: B.

*CALIDAD OTROS USOS:* Alta: A. Media: M. Baja: B.

*PROTECCIONES:* Sí: S. No: N.

*USO ACTUAL:* Codifíquese por orden de importancia. Agrícola: A. Zona verde: Z. Repoblado: R. Edificación: E. Viario: V. Industrial: I. Zona deportiva: D. Ninguno: N.

**LISTA - 1**

MATERIAL	CODIFICACION
Aluvión	ALUVIO
Conglomerados	CONGLO
Gravas, cantos, cascajo, morrillo	GRAVAS
Arenas	ARENAS
Arenas y gravas	AREGRA
Areniscas-Toscas	ARENIS
Calcarenitas. Albero	CALCAR
Calizas	CALIZA
Calizas Fisuradas	CALIFI
Calizas Karstificadas	CALIKA
Calizas Porosas	CALIPO
Calizas Dolomíticas	CADOLO
Margas	MARGAS
Margo calizas	MARCAL
Dolomías	DOLOMI
Carniolas	CARNIO
Cuarцитas	CUARCI
Pizarras	PIZARR
Pizarras silíceas	PIZASI
Lavas	LAVAS
Cenizas	CENIZA
Pórfidos	PORFID
Pórfidos Básicos	PORBAS
Pórfidos Ácidos	PORACI
Aplitas y Pegmatitas	APLIPE
Plutónicas Ácidas	PLUACI
Plutónicas Básicas	PLUBAS
Esquistos	ESQUIS
Mármoles	MARMOL
Neises	NEISES
Limos	LIMOS
Tobas	TOBAS
Granito	GRANIT
Escoria	ESCORI
Calizas y Cuarцитas	CALCUA
Calizas y Pizarras	CALPIZ
Calizas y Arcillas	CALAR

**LISTA - 1**

MATERIAL	CODIFICACION
<p>Arcillas y Pizarras  Arcillas y Arenas  Cuarцитas y Pizarras  Pórfidos y Granitos  Mármol y Nesises  Granitos y Pizarras  Coluvial granular  Coluvial de transición  Coluvial limo-arcilloso  Eluvial  Suelo vegetal  Tierra de recubrimiento  Calizas y Tierras  Pizarras y Tierras  Mármol y Tierras  Granitos y Tierras  Basalto  Basura urbana y Tierras  Escombros y Desmontes  Yesos  Yesos y arcillas  Rañas  Rocas Volcánicas  Pizarras y Rocas Volcánicas  Arcillas  Carbón y Tierras  Margas y Yesos  Granitos y Cuarцитas  Granitos y Calizas  Pizarras y Areniscas  Yesos y Calizas  Arenisca y Caliza  Margas y Tierras</p>	<p>ARPIZ  ARCARE  CUARPI  PORGRA  MARNEI  GRAPIZ  COGRA  COTRAN  COLIA  ELUVIA  SUVEG  TIRRE  CATIER  PIZTIE  MARTIE  GRATIE  BASALT  BASUTI  ESCODES  YESOS  YEARCI  RAÑAS  VOLCAN  PIZVOL  ARCIL  CARTIE  MARYE  GRACUA  GRACAL  PIZARE  YESCAL  ARECAL  MARGTI</p>

## LISTA - 2

### TIPO

Hulla	HU	Glauberita	GL
Antracita	AN	Magnesita	MG
Lignito	LG	Mica	MI
Uranio	UR	Ocre	OR
Otros prod.energ.	OE	Piedra Pómez	PP
Hierro	FE	Sal Gema	SG
Pirita	PI	Sales Potásicas	SP
Cobre	CU	Sepiolita	ST
Plomo	PB	Thenardita	TH
Zinc	ZN	Tripoli	TR
Estaño	SN	Turba	TU
Wolframio	WO	Otros min.no met.	ON
Antimonio	SB	Arcilla	AC
Arsénico	AS	Arenisca	AA
Mercurio	HG	Basalto	BS
Oro	AU	Caliza	CA
Plata	AG	Creta	CT
Tántalo	TA	Cuarcita	CC
Andalucita	AD	Dolomita	DO
Arcilla refractaria	AR	Fonolita	FO
Atapulgita	AT	Granito	GR
Baritina	BA	Margas	MA
Bauxita	BX	Mármol	MR
Bentonita	BT	Ofita	OF
Caolín	CL	Pizarras	PZ
Cuarzo	CZ	Pórfidos	PO
Espato Fluor	EF	Serpentina	SE
Esteatita	ES	Sílice y arc. silíc.	SI
Estroncio	SR	Yeso	YE
Feldespatos	FD	Otros prod.cant.	OC
Vertidos urbanos	VE	Fosfatos	FS
Talco	TL	Asbesto	AB
Asfalto	AF	Manganeso	MN

### LISTA - 3

#### NATURALEZA DE LOS LODOS

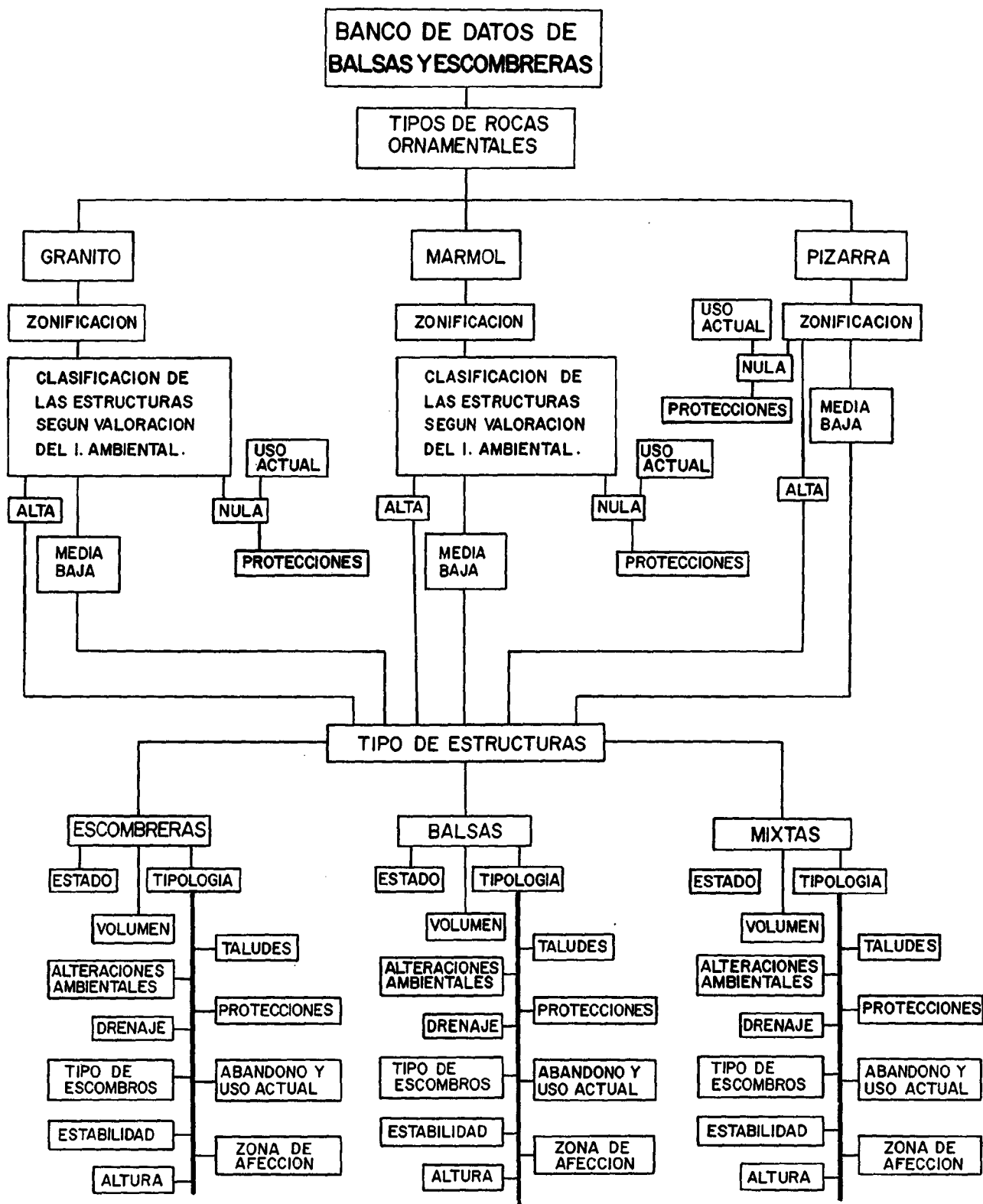
Finos de flotación	F
Finos de separación magnética	M
Finos de lavado	L
De clasificación hidráulica	H
De clasificación mecánica	E
Finos de ciclonado	C
De procesos industriales (corte, pulido, etc.)	I

A efectos de buscar en un futuro soluciones de tipo global, que siempre existen, se ha llevado a cabo una zonificación para cada roca ornamental objeto del estudio, atendiendo a criterios suficientemente amplios de:

- Proximidad geográfica
- Yacimientos de génesis parecidas
- Explotaciones pertenecientes en lo posible a unidades homogéneas del Medio Físico (sentido amplio)
- Explotaciones integradas dentro de una misma Comunidad Autónoma
- Muestra suficiente y representativa de fichas de la zona, a efectos de obtener conclusiones.

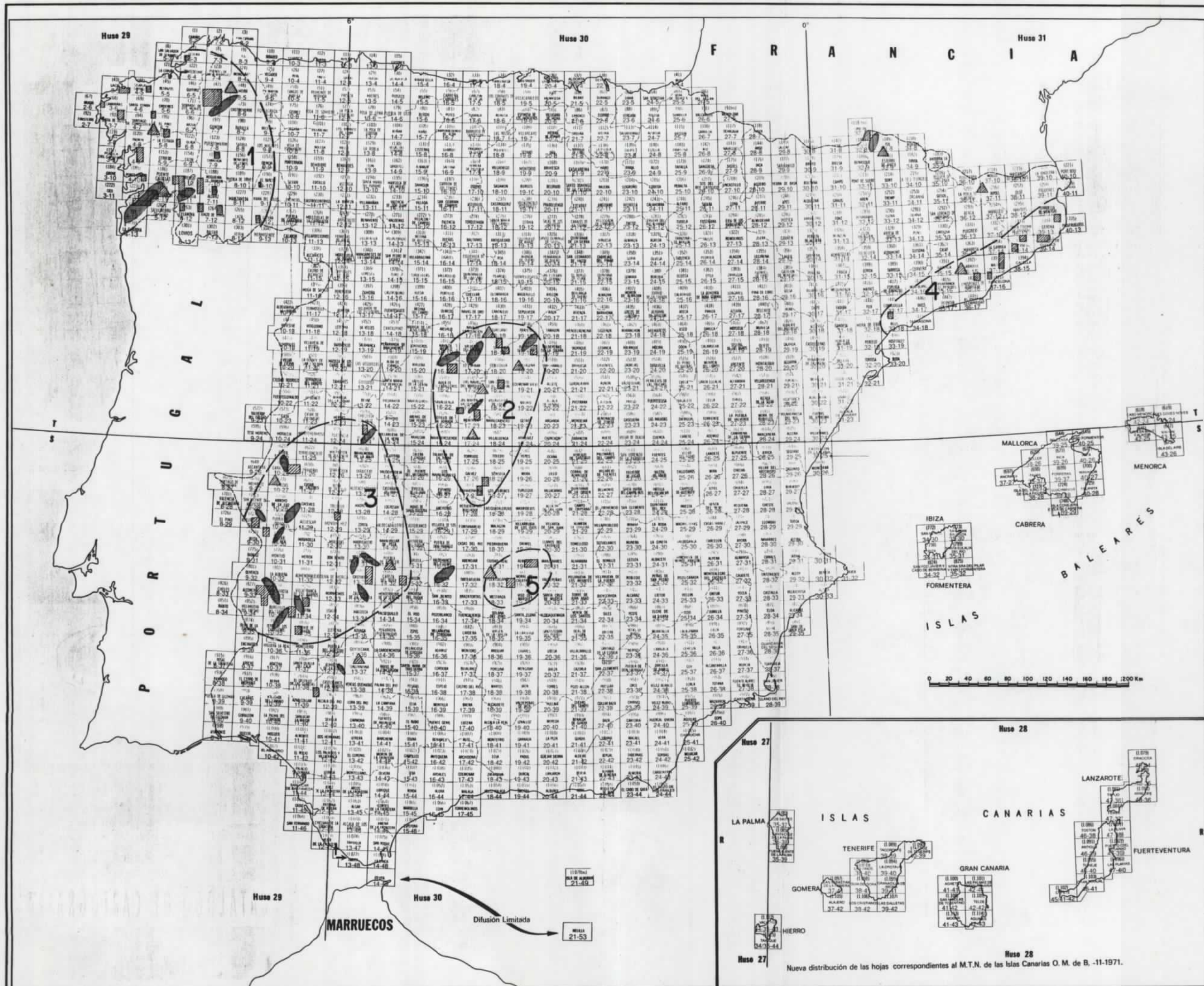
Con ellos se han definido las zonas que se recogen en las Figuras 3.1, 3.2. y 3.3, para cada roca ornamental y sus variedades asimiladas.

La consulta del Banco de Datos fué realizada siguiendo el diagrama que se recoge en el Cuadro 1.

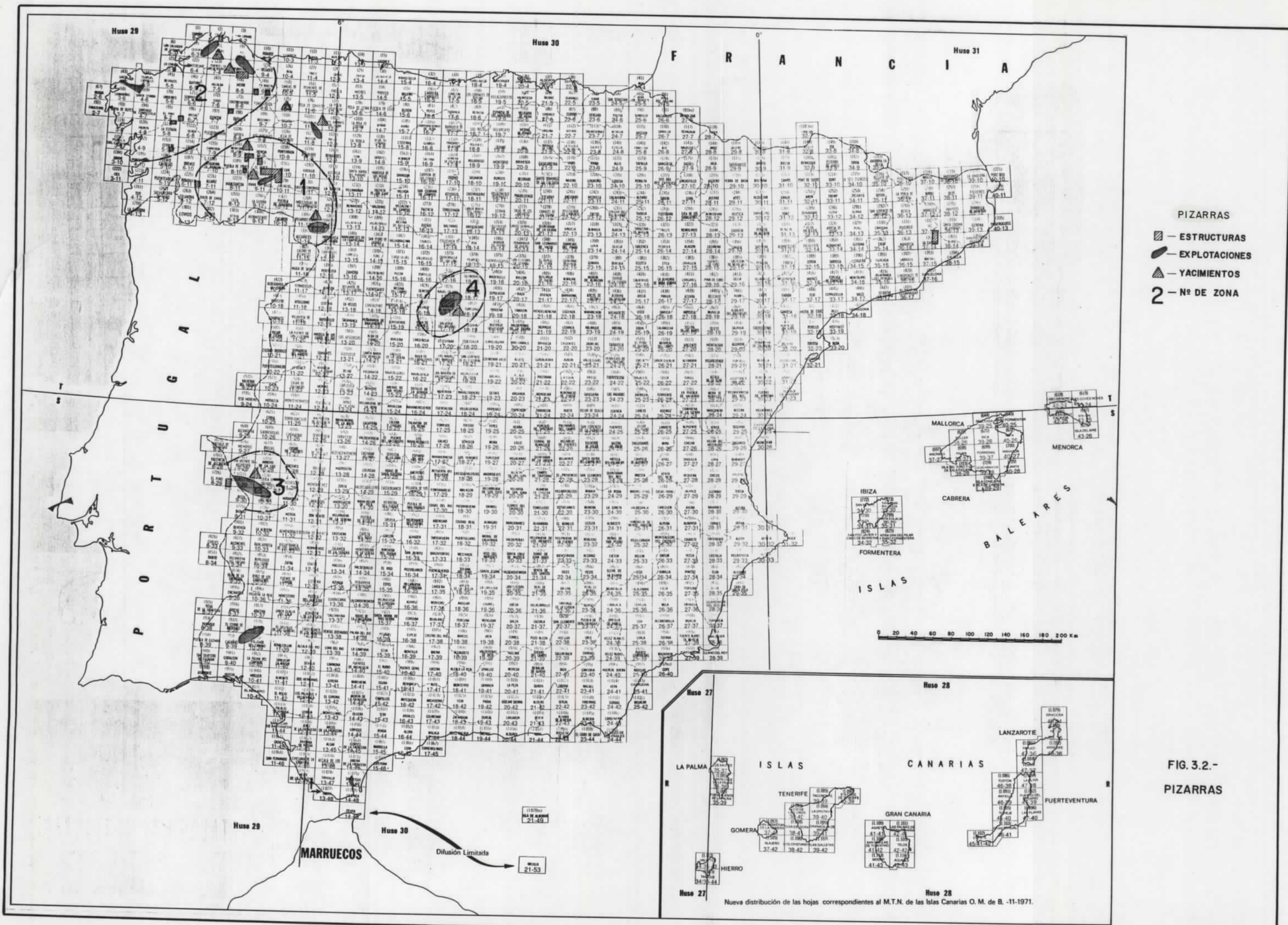


CUADRO 1







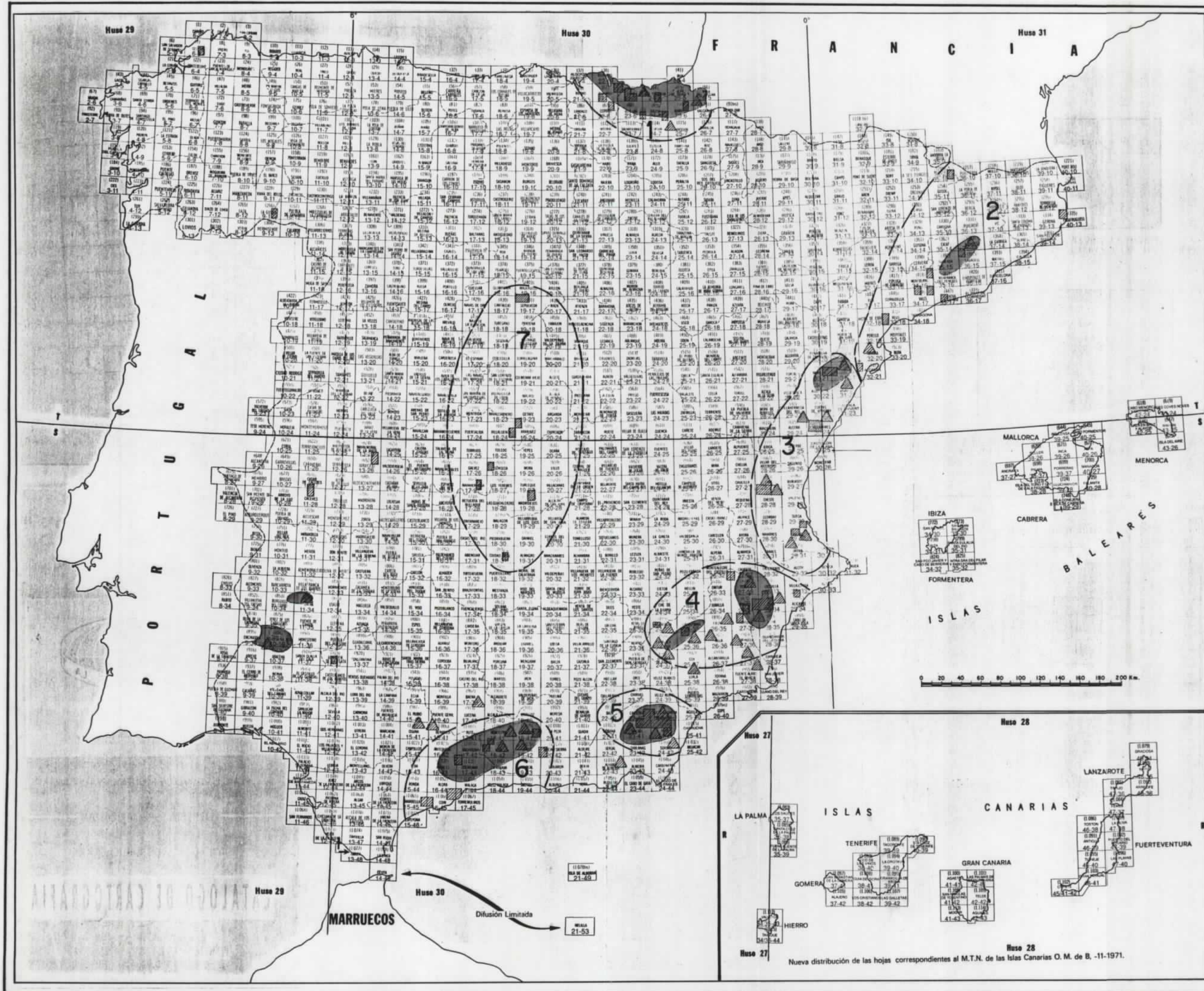


- PIZARRAS
- ESTRUCTURAS
  - EXPLOTACIONES
  - YACIMIENTOS
  - 2 - Nº DE ZONA

FIG. 3.2.-  
PIZARRAS

Nueva distribución de las hojas correspondientes al M.T.N. de las Islas Canarias O.M. de B. -11-1971.







#### **4. CONCEPTO Y TIPOS DE ROCAS ORNAMENTALES**

Se agrupan con el nombre de rocas ornamentales, un sector de las rocas industriales, que se extraen en bloques o en planchas de dimensiones de orden centimétrico o métrico, a los que posteriormente, se les aplica un tratamiento para resaltar sus colores y tonalidades, o bien, sus formas y volúmenes.

La aptitud de una roca para ser ornamental o los principales condicionantes de su calidad, deben atenerse a una normativa española, en donde se caracterizan y evalúan propiedades tales como la porosidad, la permeabilidad, la dureza, la compresión simple, la resistencia al corte, la dilatación térmica, la humedad, la conductividad térmica, la exención de fracturas, la deformación plástica, las inclusiones petrominerales anormales, etc.

En el Anteproyecto de la Ley de Bases de Régimen Minero, se consideran rocas ornamentales: "aquellos materiales litológicos naturales que por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y baja alterabilidad, pueden ser extraídos de sus yacimientos en bloques y que, sometidos a operaciones de lijado, aserrado, corte y acabado, según los casos, permitan obtener piezas que por sus características de estética y resistencia son aptas para su empleo en ornamentación y revestimiento.

En nuestro territorio son numerosas las variedades petrológicas que ofrecen la posibilidad de cumplir estas condiciones: los granitos, las dioritas, las sienitas, los gabros, las serpentinas, los pórfidos, las diabasas, los mármoles, las calizas, las brechas calcáreas, los travertinos, los basaltos, las pizarras, las fonolitas, algunas puzolanas, etc.

La distribución en el ámbito geográfico de nuestro país es muy amplia, existiendo numerosas zonas donde actualmente se extraen o potencialmente pueda

existir su aprovechamiento.

Es práctica común, para el estudio de estas masas rocosas ornamentales, reunir las en los grupos preferenciales de:

- 1.- Granitos
- 2.- Mármoles
- 3.- Pizarras

donde se incluyen las distintas variedades de cada caso.

## **5. GRANITOS**

Las normas españolas definen al granito comercial como: "el conjunto de rocas ígneas, compuestas por diversos minerales, que se explotan generalmente en forma de bloques de naturaleza coherente, y que son utilizados en la edificación como elemento decorativo, aprovechando sus cualidades estéticas, una vez que han sido elaborados por procedimientos tales como: aserrado, pulido, labrado, esculpido, etc.". (Norma UNE: 22-170-85).

Esta definición permite incluir dentro del ámbito de granitos ornamentales, a un conjunto de materiales rocosos mucho más amplio que el que corresponde al concepto petrológico del término "granito".

Desde el aspecto comercial, los granitos ornamentales pueden dividirse, según la proporción de minerales máficos o félsicos, en los grupos:

### **a.- Granitos claros:**

- . Granitos
- . Granodioritas
- . Adamellitas
- . Sienitas, etc.

### **b.- Granitos oscuros:**

- . Gabros
- . Dioritas
- . Diabasas
- . Pórfidos
- . Basaltos, etc.

### **5.1. Ambito geológico. Variedades**

En el territorio español existen numerosos macizos granitos, que por su volumen y propiedades son, en principio, aprovechables para tal finalidad.

Estas manifestaciones graníticas se localizan preferentemente en el Macizo Hespérico, que corresponde a la mitad occidental de la península y en los núcleos de las cadenas montañosas más recientes.

Geográficamente las manifestaciones se distribuyen desde las provincias gallegas hasta Andalucía, pasando por Salamanca, Avila, Zamora, Segovia y Madrid. En la zona de Extremadura aparecen macizos de variedades graníticas también muy apreciados, y en menor cantidad, también aparecen afloramientos en Cataluña (Fig. 5.1.).

Las variedades de granito más reconocidas, y catalogadas son las que a continuación se citan, según la localización geográfica provincial que se refleja en la figura 5.2.

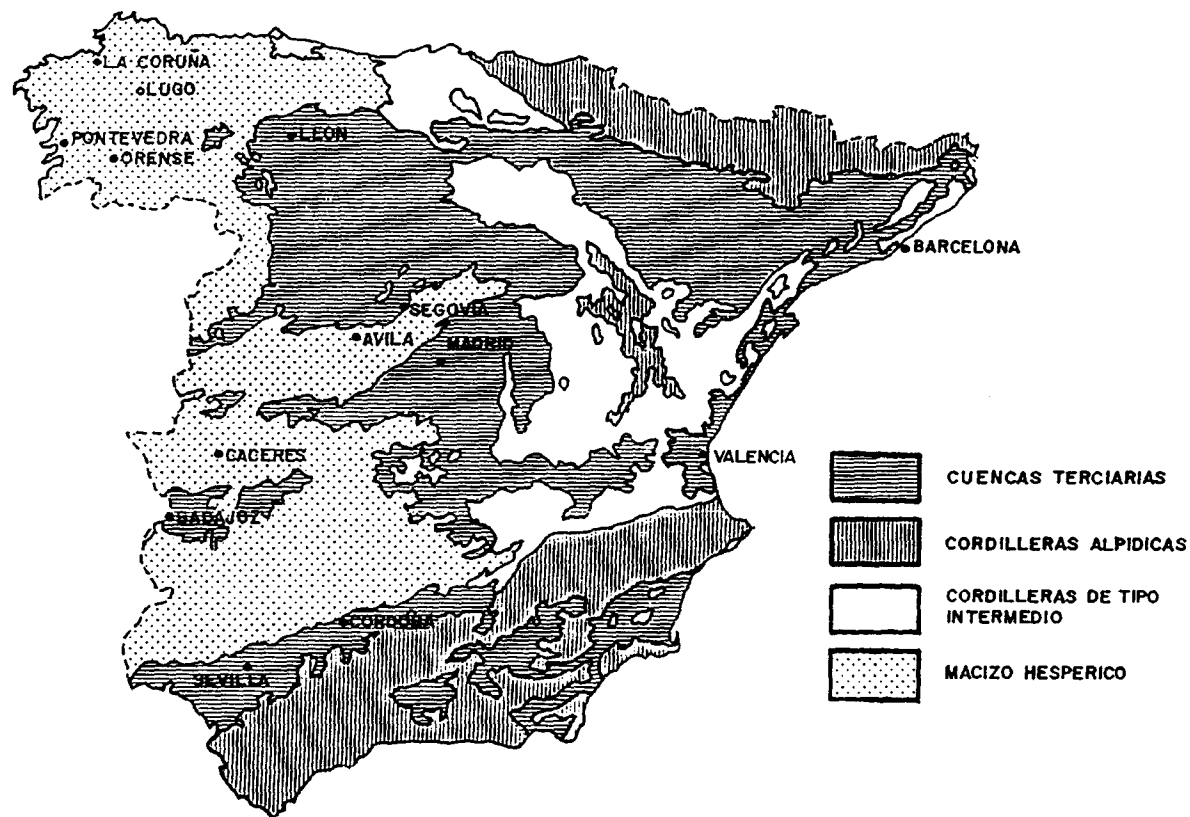


FIG. 5.1

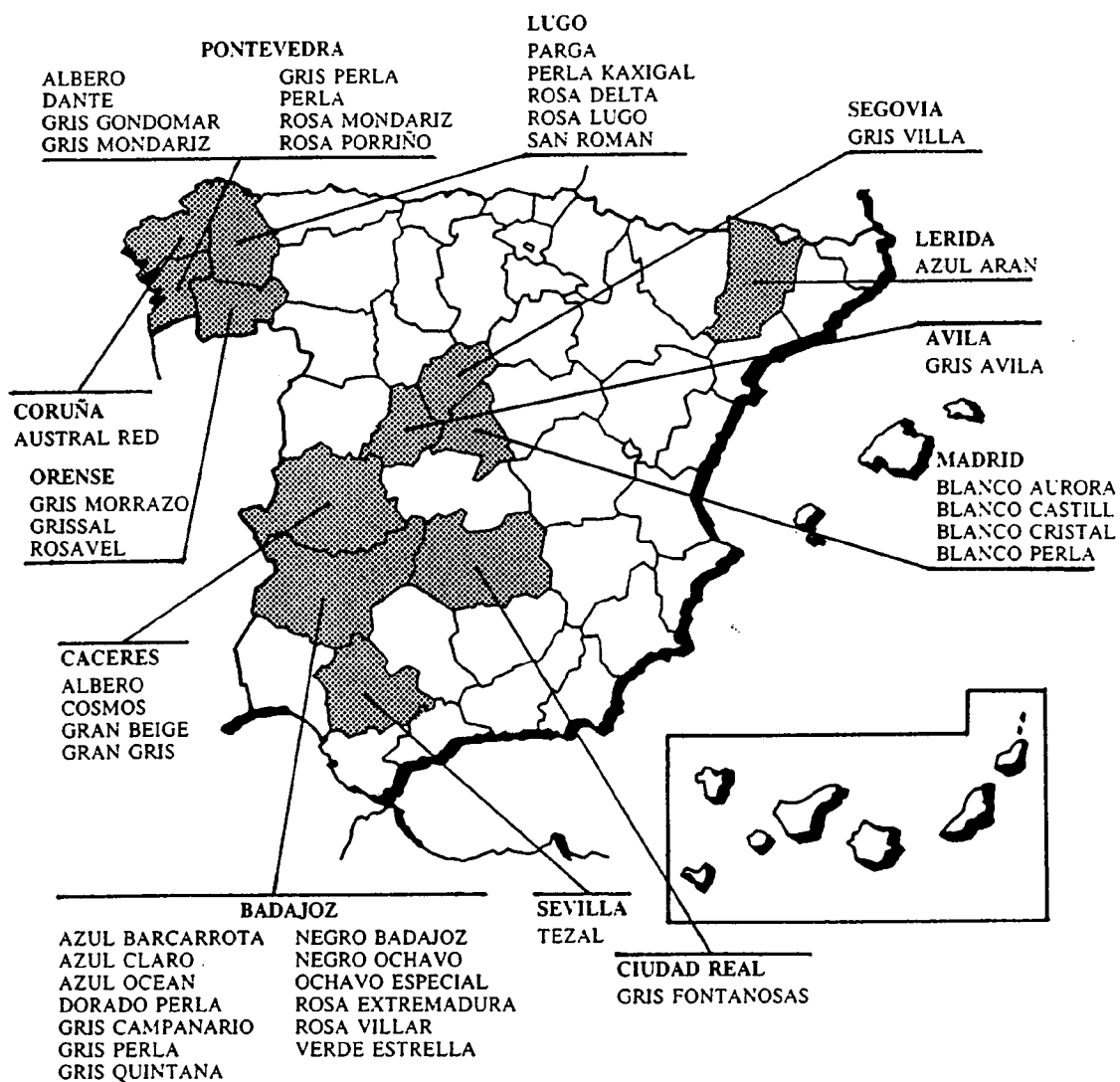


FIG. 5.2.- GRANITOS. LOCALIZACION GEOGRAFICA



Avila:	Gris Avila
Segovia:	Gris Villa
Badajoz:	Azul Ocean
	Azul Claro
	Dorado Perla
	Gris Perla
	Gris Quintana
	Gris Campanario
	Negro Badajoz
	Negro Ochavo
	Negro Ochavo Especial
	Rosa Extremadura
	Rosa Villar
	Verde Estulla
	Azul Barcarrota
Avila:	Gris Avila
Segovia:	Gris Villa
Badajoz:	Azul Ocean
	Azul Claro
	Dorado Perla
	Gris Perla
	Gris Quintana
	Gris Campanario
	Negro Badajoz
	Negro Ochavo
	Negro Ochavo Especial
	Rosa Extremadura
	Rosa Villar
	Verde Estrella
	Azul Barcarrota

Cáceres:	Gran Beige
	Gran Gris
	Cosmos
	Albero
Sevilla:	Tezal
Coruña:	Austral Real
Lugo:	San Román
	Rosa Lugo
	Perla Kaxigel
	Rosa Delta
	Parga
Orense:	Gris Morrazo
	Grissal
	Rosarel
Pontevedra:	Albero
	Gondomar
	Mondariz
	Perla
	Rosa Dante
	Rosa Porriño
	Gris Perla
	Rosa Mondariz
Lérida:	Azul Aran
	Blanco Aurora
	Blanco Castilla
	Blanco Cristal
	Blanco Perla
Ciudad Real:	Gris Fontanosas

Las zonas geográficas, donde hasta la fecha se han desarrollado estudios e investigaciones por parte del I.T.G.E., de granito ornamental, las resume Muñoz P. en su figura 5.3., donde también se señalan las áreas más favorables para obtener este recurso.

## **5.2. Procesos de explotación del granito**

Las técnicas de arranque van desde las cuñas de madera húmeda, o metálicas que estratégicamente colocados en los afloramientos graníticos, abren bloques definidos según triedros, que aprovechaban los "andares" del granito, hasta las técnicas de corte con soplete de gas-oil, o mecanizadas, cuya aplicación correcta puede concretarse mediante la realización de estudios que contemplan las propiedades mecánicas del macizo a explotar.

### **5.2.1. Sistema de arranque en canteras**

Los yacimientos suelen ser grandes masas aflorantes en terrenos de escasa pendiente, en laderas o en crestones de los sistemas montañosos.

Los métodos de arranque que desde antiguo se utilizan son:

- 1.- Técnicas de arranque estacionales, mediante las cuales y aprovechando las diaclasas y juntas de las masas graníticas, se provocaba el desprendimiento de bloques.
- 2.- El arranque por aplicación de voladuras controladas de corte.

Los factores más importantes de este método son:

- La elección del equipo mecanizado de perforación

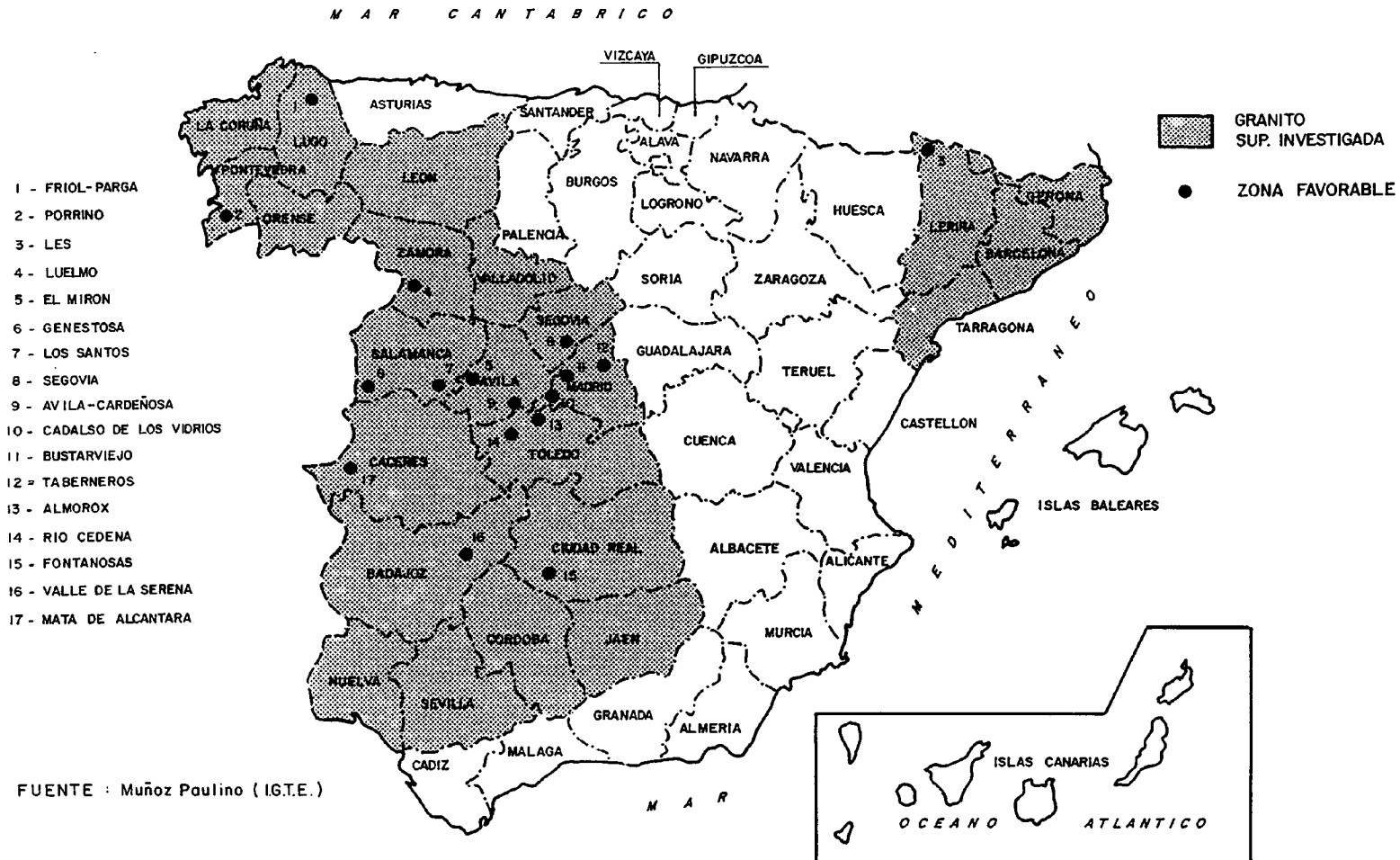


FIG. 5.3. ZONAS DE ESTUDIO DE GRANITO ORNAMENTAL

- El diseño y ejecución de la perforación
- La utilización de los explosivos adecuados en la carga de los barrenos.

Los trabajos de perforación en la cantera pueden dividirse en tres fases:

- Perforación primaria, para lograr el arranque de bloques de gran volumen, entre 100 - 4000 m<sup>3</sup>.

El perfil debe ser el requerido preservando del daño, tanto al bloque como a la roca circundante. El éxito de la voladura de corte depende enteramente de la cuadrícula de perforación y de la precisión en la ejecución de los barrenos.

La operación de arranque comienza con la creación de dos caras libres en los laterales del gran bloque, bien aprovechando los contactos geológicos, bien mediante la perforación de barrenos secantes o la realización del corte con lanza térmica.

Seguidamente, se realiza la perforación sobre los planos posterior vertical y horizontal en la base del bloque ( Fig. 5.4).

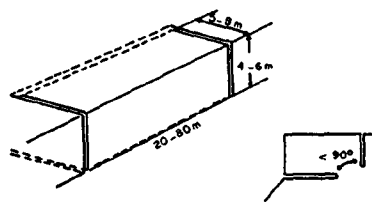
La perforación de los barrenos se lleva a cabo con diámetros pequeños (27-36 mm) y separaciones variables entre los 10-30 cm.

En una segunda etapa, se procede por una forma similar a la de antes, a la subdivisión del bloque en unidades de menor tamaño, oscilando entre los 15-100 m<sup>3</sup>.

El bloque una vez determinado, debe volcarse sobre el piso de la cantera donde se dispone un lecho de arena que amortigüe la caída y se evite su

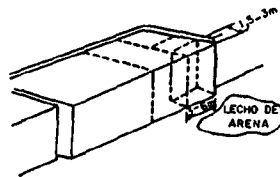
rotura. Entre los sistemas utilizados para volcar el bloque, se encuentran: la tracción mediante cabrestante, los empujadores hidráulicos en el plano posterior, y la utilización como explosivo tipo de la pólvora negra para despegar el bloque.

El elemento granítico con esa disposición en la plaza de la cantera debe subdividirse en dimensiones manipulables por los equipos y medios disponibles, para ello mediante la perforación y la aplicación de cuñas se inducirá el escuadrado definitivo de los bloques en tamaños de 5 a 10 m<sup>3</sup>.



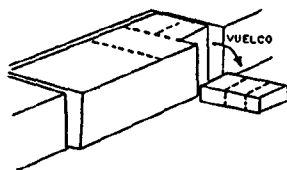
#### 1ª Etapa

Realización de perforaciones laterales



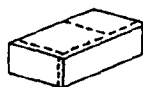
#### 2ª Etapa

Subdivisión de bloques in situ



#### 3ª Etapa

Volcado de unidades y posterior subdivisión de bloques



#### 4ª Etapa

Escuadrado de bloque comercial mediante perforación y acuñado

**Fig. 5.4.- Fases sucesivas del arranque por la técnica de la voladura controlada del corte (Método Finlandés)**

La perforación primaria con la ejecución de una larga fila de barrenos, rectos y paralelos, plantea grandes exigencias frente al equipo a utilizar, y también respecto al operador, dado que el factor precisión está directamente relacionado con la cantidad de roca inutilizable. Este tipo de voladura de corte, tiene como objetivo, el dirigir el efecto de detonación de un barreno al siguiente, pero si estos están desalineados, el efecto rompedor se distribuye entre la roca circundante, ocasionando una amplia zona de roca destrozada.

La puesta en práctica de este método de arranque lleva consigo la limpieza de la zona de explotación, mediante la eliminación de los niveles de recubrimiento y de granito alterado. Para ello, es normal el empleo de medios mecánicos (excavados, etc) en aquellos materiales que están sueltos o que tienen cohesiones muy pequeñas.

### 3.- El método de corte con lanza térmica

Este sistema de corte utilizado en la familia de los granitos, aprovecha el contenido en sílice de esta roca para que con el efecto del soplete conseguir temperaturas superiores a los 600° C.

El sistema empleado en los granitos consiste en una lanza de longitud variable, por cuyo interior discurren dos canalizaciones de gasóleo y aire comprimido, que confluyen en una cámara donde se produce la combustión.

La energía generada produce el proceso de fracturación y expulsión de los componentes del granito en forma de escamas. La grieta obtenida es del orden de 60-80 mm.

Las mayores alteraciones de tipo ambiental son:

- \* El elevado nivel de ruidos, que afecta a la explotación y su entorno (superior a 120 dB).
- \* La producción de polvo.
- \* La influencia en la calidad de la roca cuando ésta se presenta fracturada, de tal forma que su utilización no es aconsejable.
- \* El elevado coste respecto a otros.

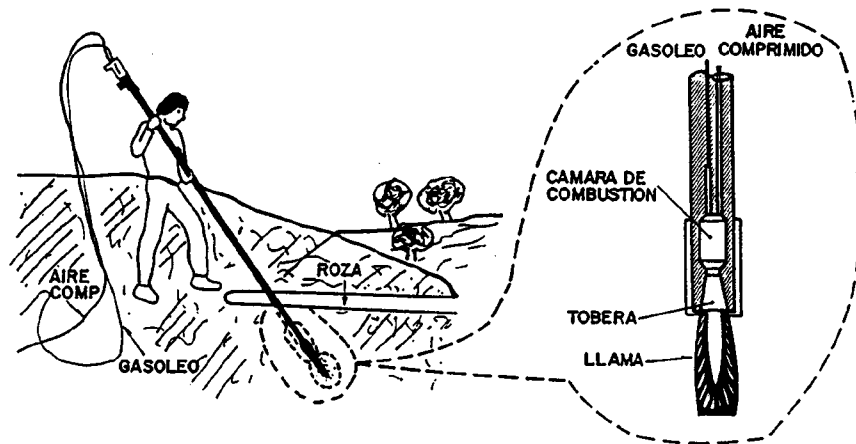


Fig. 5.5.- Arranque con lanza térmica

#### 4.- El método de corte con chorro de agua

Su aplicación al sector de rocas ornamentales está en consonancia con la incorporación de equipos hidráulicos de corte con la potencia adecuada.



El equipo básico consiste en un sistema hidráulico accionado por un motor eléctrico, acoplado a una bomba hidráulica de alta presión, que a su vez acciona un multiplicador de presión.

Las microfacturas creadas por efecto del impacto del chorro son las que originan el mecanismo de rotura. A una velocidad de 300 m/s, la presión creada es del orden de 150 MPa; y en velocidades de 500 m/s, se alcanzan valores de 300 MPa, superiores a la resistencia de la compresión de gran parte de rocas.

La aplicación de esta técnica supone un avance importante en los sistemas de corte, investigándose actualmente el uso de mayores presiones, frente a otros tipos de rocas.

## **5.- Otros métodos de corte**

Otros sistemas de corte que se aplican en fase experimental o que se encuentran en vías de mejorar su aplicación industrial son:

- el corte con hilo diamantado
- el corte por rayo laser

### **5.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración**

Una vez obtenidos los bloques en las canteras, son transportados a las naves o "telares" para su transformación.

La operación inicial consiste en su aserramiento, hasta conseguir planchas de 2-3 cm de espesor.

El material residual que puede producirse en esta fase, puede estimarse entre un 12-15%.

Seguidamente, los tableros son llevados a los trenes de pulido, a las máquinas de apomazado, esculpido o flameado, según el destino de las piezas.

El apomazado o arenado, trata la superficie de la plancha granítica con granalla (0,5 mm-1,3 mm), hasta eliminar la rugosidad superficial.

El pulido, permite obtener una superficie lisa mediante la utilización de diferentes muelas abrasivas de grano progresivamente decreciente.

El flameado, es un tratamiento superficial reservado a las rocas ígneas de estructura granitoide sobre las que se aplica una llama a elevada temperatura alimentada por una mezcla de combustible y oxígeno.

El esculpido es un tratamiento con cincel que permite obtener un determinado tamaño de grano.

En cada una de estas opciones, la producción de materias residuales, en raras veces supera el 3% y siempre la gama de tamaños está comprendida entre limos y arenas.

### **5.3. Situación actual del sector**

#### **5.3.1. Producciones**

La gran aceptación internacional de las distintas variedades de granitos ornamentales españoles, junto con el auge experimentado por el sector de la construcción en nuestro país, durante los últimos años, ha hecho que la producción

aumente invariablemente. Otro tanto, puede decirse de la línea seguida por la explotación de estos productos.

Así, según datos estadísticos recogidos en el anuario de Piedras Naturales 1990/91, la producción de granitos alcanzó las 962.000 t. valoradas en unos 56.511 millones de pesetas en 1989, con una previsión de 1.058.000 t (65.250 x 10<sup>6</sup> ptas) en 1990 (Cuadros 5.1 y 5.2).

	AÑOS								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>3</sup> t)	301	351	450	512	597	653	875	962	1058
IMPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	34	69	63	74	80	102	123	154	184
EXPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	132	176	284	335	367	366	430	492	572
CONSUMO NAC. (x 10 <sup>3</sup> t)	203	244	229	251	310	389	568	624	670

Fuente (Anuario Piedras Naturales 89/90) \* Datos estimados

**CUADRO 5.1.**

	AÑOS								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	9370	13356	16414	24731	30311	34148	4900	56511	62250
IMPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	735	1084	1357	2060	2221	2917	3345	4624	5670
EXPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	878	2204	5176	6876	7541	8817	9049	11487	12476
CONSUMO NAC. (x 10 <sup>6</sup> Pts)	9277	12200	12595	19915	24991	28194	43296	49648	58444

Fuente (Anuario Piedras Naturales 89/90) \* Datos estimados

**CUADRO 5.2.**

### **5.3.2. Ubicación y características básicas de las explotaciones de los granitos ornamentales**

De los datos extraídos del Catálogo de Granitos (ITGE) y del anuario de Piedras Naturales 1990/91 (Roc. Maquina, S.A.) se ha confeccionado el Cuadro 5.3. En este punto a la variedad de granito correspondiente, se incluye la provincia y el término municipal donde se explota y las características de la cantera y de la masa rocosa, cuando se conocen.

A efectos de tener una visión global, de este sector, pueden indicarse las siguientes conclusiones:

La estructura de las empresas extractivas, que no disponen de instalaciones de transformación, suelen ser familiares, con unos medios técnicos en general muy limitados y presentando un gran riesgo de vulnerabilidad, por su dispersión y minifundismo. La defensa de sus calidades y precios en el mercado frecuentemente no la pueden conseguir.

Según datos del sector de la piedra natural en España, el número de empresas que explotan granitos es de unas 270 que dan empleo a unos 1210 trabajadores. Aproximadamente el 90 por 100 de estas empresas tienen menos de 25 empleados.

CUADRO 5.3.- CANTERAS DE GRANITOS ORNAMENTALES

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
AVILA	GRANITO GRIS AVILA	PIEDRAHITA CARDEÑOSA NINGORRIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud con muy escasa fracturación</li> <li>- Tamaño de bloques: grandes</li> <li>- Reservas Medias</li> <li>- Tamaño de grano medio: varía entre 1.0 y 2.0 mm</li> <li>- Observaciones: Ausencia de fisuraciones y otras discontinuidades en la matriz de la roca, por lo tanto su comportamiento al pulido y tratamiento mecánico debe ser aceptable salvo anomalías locales</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO AZUL CLARO	TALGA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de mediana longitud y algo fracturados</li> <li>- Presentan ligeras alteraciones y gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Reservas medias</li> <li>- Son relativamente abundantes</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO AZUL OCEAN	JEREZ DE LOS CABALLEROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones de frentes de longitud mediana y fracturados</li> <li>- Presencia de alteraciones y gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques medianos. Reservas medianas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO DORADO PERLA	ALBURQUERQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud. Poca fracturación con alteraciones y gabarros</li> <li>- Bloques de tamaño grande. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO GRIS PERLA	ALBURQUERQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud. Poca fracturación con alteraciones y gabarros</li> <li>- Bloques de gran tamaño. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO GRIS QUINTANA	QUINTANA DE LA SERENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud y poco fracturados, con pocas alteraciones y gabarros</li> <li>- Bloques de gran tamaño. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO GRIS CAMPANARIO	CAMPANARIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de mediana longitud y poco fracturados con presencia de gabarros</li> <li>- Bloques de gran tamaño. Grandes reservas</li> <li>- Roca presentando buenas condiciones para el pulido</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
BADAJOS	GRANITO NEGRO BADAJOS (Diorita)	BURGUILLAS DEL CERRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud media y fracturación irregular</li> <li>- Presencia aislada de gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques grandes</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO NEGRO OCHAVO (Diorita)	BURGUILLAS DEL CERRO BARCARROTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud media y fracturación irregular con presencia de gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO OCHAVO ESPECIAL (Diorita)	VALENCIA DEL VENTOSO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud y fracturación irregular</li> <li>- Presencia aislada de alteraciones y gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Grandes reservas</li> <li>- Parece existir un tránsito de la roca hacia las Granodioritas</li> <li>- La ausencia de alteraciones y otras discontinuidades en la matriz de la roca, hacen esperar un pulido y comportamiento mecánico excelente</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO ROSA EXTREMADURA	BURGUILLO DEL CERRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud media y algo fracturados</li> <li>- Presencia de alteraciones y gabarros</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO ROSA VILLAR (Granodiorita)	VILLAR DEL REY	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de amplitud variable</li> <li>- Tamaño de bloques grande</li> <li>- Grandes reservas. Gran calidad ornamental</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO VERDE ESTRELLA	HIGUERAS DE LA SERENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud mediana y fracturados con apreciables alteraciones</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Grandes reservas</li> </ul>
BADAJOS	GRANITO AZUL BARCARROTA	BARCARROTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de explotación de las canteras son de mediana longitud</li> <li>- Pocas fracturaciones, que permiten configurar bloques de tamaño medio a grande</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
CACERES	GRANITO GRAN BEIGE	GARROVILLAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud y no fracturados</li> <li>- Escasas alteraciones</li> <li>- Tamaño de bloques grandes. Grandes reservas</li> </ul>
CACERES	GRANITO GRAN GRIS (Granodiorita)	GARROVILLAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud y escasa fracturación</li> <li>- Presencia aislada de gabarros. Tamaño de bloques grande. Grandes reservas</li> <li>- La escasa alteración y la ausencia de discontinuidades de la matriz hacen esperar un buen comportamiento al pulido y tratamiento mecánico</li> </ul>
CACERES	GRANITO COSNOS	CUACOS DE YUSTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud y prácticamente nula fracturación</li> <li>- Alteraciones puntuales y presencia de gabarros aislada</li> <li>- Tamaño de bloques: grande</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
CACERES	GRANITO-ALBERO	MALPARTIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud, con irregularidades y fracturas</li> <li>- Tamaño de bloque medio-pequeño</li> </ul>
CIUDAD REAL	GRANITO-GRIS FONTANOSAS	FONTANOSAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantera de tipo ladera</li> <li>- Los frentes son de gran longitud</li> <li>- Fracturación muy escasa, por lo que pueden extraerse bloques de gran tamaño</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
LA CORUÑA	GRANITO AUSTRAL RED	SANTA EUGENIA DE RIBEIRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Bloques de tamaño medio</li> <li>- Reservas medias</li> </ul>
LERIDA	GRANITO AZUL ARAN	LES (VALLE DE ARAN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de cantera se hallan situados en un yacimiento en forma de filón de gran anchura, configurado verticalmente entre esquistos metamórficos</li> <li>- La fracturación y el diaclasado es escaso, por lo que pueden ser extraídos bloques de gran tamaño</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
LUGO	GRANITO SAN ROMAN	PARGA-FRIOL-SAN ROMAN DE VILLALBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de mediana longitud, con fractura irregular</li> <li>- Presencia de alteraciones</li> <li>- Tamaño de bloques grandes</li> <li>- Grandes reservas</li> </ul>
LUGO	GRANITO PERLA KAXIGAL	LUGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud. Fracturación irregular</li> <li>- Presencia de alteraciones</li> <li>- Bloques de gran tamaño</li> <li>- Grandes reservas</li> <li>- Ausencia de discontinuidades que garantizan un buen pulido y un buen comportamiento mecánico</li> </ul>
LUGO	GRANITO ROSA DELTA	BENADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud</li> <li>- Tamaño de bloques grandes</li> <li>- Grandes reservas</li> <li>- Tamaño de grano: 10 a 35 mm. Cuarzo y biotita (3 a 8 mm)</li> <li>- El tamaño de grano tan grueso representa un inconveniente para el pulido, es fácil que los granos salten</li> <li>- Existe una fisuración</li> </ul>
LUGO	GRANITO-PARGA	PARGA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de explotación de canteras son de mediana longitud</li> <li>- Pueden configurarse y extraerse bloques de gran tamaño</li> <li>- Existen determinadas concentraciones de minerales oscuros</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
LUGO	GRANITO-ROSA LUGO	HOSTEIRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de explotación alcanzan longitudes importantes</li> <li>- La fracturación es escasa</li> <li>- Pueden determinarse bloques de grandes dimensiones</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>



<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
MADRID	GRANITO BLANCO AURORA	LOZOYUELA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de explotación son de gran longitud y presentan la extracción de bloques de grandes medidas</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
MADRID	GRANITO BLANCO CASTILLA	VALDENANCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de explotación son de gran longitud</li> <li>- Fracturación escasa</li> <li>- Se extraen bloques de dimensiones medias a grandes</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
MADRID	GRANITO BLANCO CRISTAL	CADALSO DE LOS VIDRIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de cantera son de gran longitud</li> <li>- Se extraen bloques de gran tamaño</li> <li>- Importantes reservas</li> </ul>
MADRID	GRANITO BLANCO PERLA	VALDENANCO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los frentes de cantera, son de longitud media</li> <li>- No presenta fracturaciones en amplios dominios, por lo que pueden extraerse bloques de grandes medidas</li> </ul>
ORENSE	GRANITO GRIS MORRAZO	TOEN-MUGARES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud variable. Fracturados y alterados</li> <li>- Bloques de tamaño grande</li> <li>- Reservas medias</li> <li>- Al no observarse discontinuidades importantes dentro de la matriz, debe expresarse un buen comportamiento mecánico y al pulido</li> </ul>
ORENSE	GRANITO GRISSAL	CORNEIRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Fracturación escasa</li> <li>- Alteraciones puntuales</li> <li>- Tamaño de bloques: grande</li> <li>- Grandes reservas</li> <li>- Escasas discontinuidades en la matriz, por lo que las propiedades mecánicas y de pulido deben ser aceptables</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
ORENSE	GRANITO ROSAVEL	PADRENDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de gran longitud. Fracturación escasa.</li> <li>- Aleraciones locales y variaciones de tonalidad</li> <li>- Tamaño de bloques: grande</li> <li>- Reservas medias</li> <li>- Tamaño de grano: Megacristales de feldespato (4 cm). La matriz varía entre 4 y 6 mm de tamaño medio. El tamaño de grano puede representar un inconveniente en la calidad del pulido, ya que los granos pueden saltar.</li> <li>- Fracturaciones que manifiestan discontinuidades en la roca en lámina delgada</li> </ul>
ORENSE	GRANITO+GRIS PERLA	MEIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las explotaciones de canteras presentan frentes de gran longitud</li> <li>- La fracturación es escasa-muy escasa, por lo que pueden alcanzarse grandes tamaños</li> <li>- Puede presentar alguna alteración</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-ALBERO	TUY	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud e irregulares</li> <li>- Abundante fracturación y gabarros. Tamaños medio-pequeños</li> <li>- Grandes reservas</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-GONDOMAR	GONDOMAR-TOMIÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de longitud media</li> <li>- Escasa fracturación</li> <li>- Bloques de tamaño medio</li> <li>- Reservas medias</li> <li>- No existen discontinuidades en la matriz de la roca por lo que cabe esperar un excelente comportamiento mecánico y al pulido</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-MONDARIZ	PORRIÑO PUENTEAREAS SALVATIERRA SALLEDA DE CASELAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Escasa fracturación y presencia de gabarros</li> <li>- Bloques de tamaño grande</li> <li>- Grandes reservas</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-PERLA	MEIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Bloques de tamaños diversos</li> <li>- Pocas reservas</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>CARACTERISTICAS DE LA EXPLOTACION Y DE LA MASA ROCOSA</u>
PONTEVEDRA	GRANITO-ROSA DANTE	PORRIÑO PUENTEAREAS SALVATIERRA SILLEDA DE CASELLAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Fracturación escasa, Presencia de gabarros</li> <li>- Bloques de tamaño grande</li> <li>- Grandes reservas</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-ROSA PORRIÑO	PORRIÑO MOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones en frentes de gran longitud</li> <li>- Fractuación escasa</li> <li>- Bloques de tamaño grande</li> <li>- Grandes reservas</li> </ul>
PONTEVEDRA	GRANITO-GRIS VILLA (Granodiorita)	VILLACASTIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotaciones con frentes de pequeña longitud</li> <li>- Fracturación media con algún gabarro</li> <li>- Tamaño de bloques grande</li> <li>- Grandes reservas</li> <li>- Buen comportamiento mecánico y también al pulido</li> </ul>
SEGOVIA	GRANITO-GRIS VILLA	VILLACASTIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frenes de cantera de pequeña longitud</li> <li>- Fracturas medianas a pocas</li> <li>- Tamaños variables</li> </ul>
SEVILLA	GRANITO-TEZAL	EL PEDROSO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explotación con frentes de longitud pequeña</li> <li>- Escasa fracturación</li> <li>- Presencia aislada de gabarros</li> <li>- Bloques de tamaño medio</li> <li>- Reservas medias</li> <li>- Alta calidad de pulido ya que las discontinuidades son escasas</li> </ul>

#### **5.4. Estructuras residuales. Valoración Ambiente**

Su estudio, según los criterios expuestos en el apartado 3, se ha llevado a cabo conforme a las zonas siguientes: Fig. 3.1.

Zona 1.- Provincias: La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra

Zona 2.- Provincias: Avila, Toledo, Segovia, Madrid

Zona 3.- Provincias: Cáceres, Badajoz

Zona 4.- Provincias: Gerona, Barcelona, Tarragona

Zona 5.- Provincias: Ciudad Real

La muestra elegida, en todos los casos corresponde a las fichas existentes en cada zona, en el Banco informatizado del Inventario de Balsas y Escombreras.

##### **5.4.1. Zona 1.- La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra**

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos y el porcentaje de residuos de la explotación del granito respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 5.4.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	GRANITO		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
LA CORUÑA	E	329.748.350	1.862.506	27	0,5
	B	18.458.300	12.500	1	0,06
	M	202.000	50.000	2	24,7
LUGO	E	3.751.150	104.300	34	2,8
	B	4.664.150	6.000	3	0,12
ORENSE	E	7.560.405	85.000	57	1,12
	B	736.470	3.500	5	0,47
PONTEVEDRA	E	631.500	331.050	119	52,4
	B	63.530	16.000	5	25,1
	M	36.000	30.000	2	83,3

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

#### CUADRO 5.4.

El tamaño de la muestra de estudio es de 142 fichas correspondientes a estructuras residuales en la zona.

Todas las estructuras correspondientes a esta zona, presentan un impacto ambiental medio-bajo. Las conclusiones obtenidas del estudio se han reflejado gráficamente siempre que la muestra es representativa del parámetro de análisis.

Gráfico 1.1.

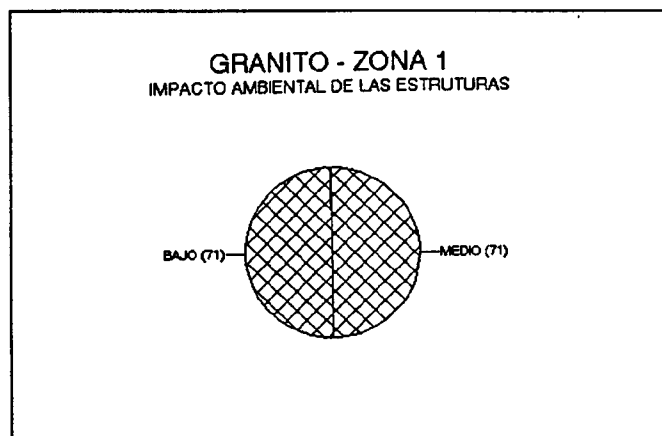


Gráfico 1.2.

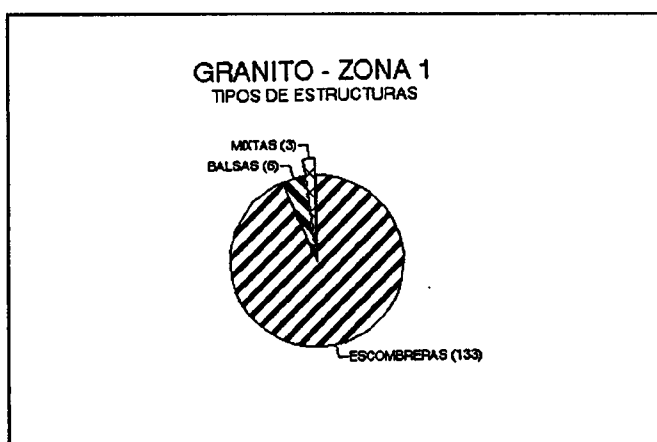
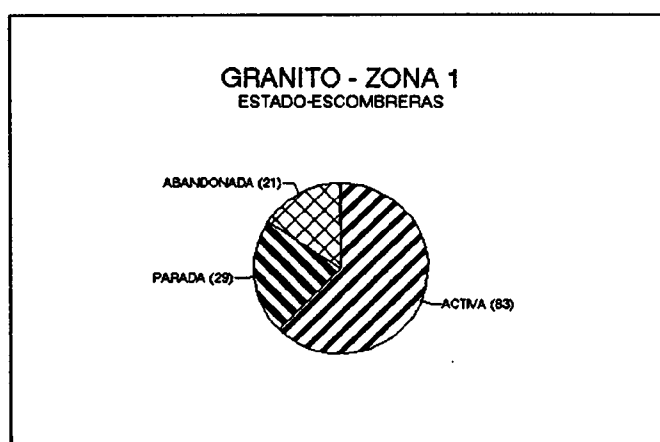


Gráfico 1.3.



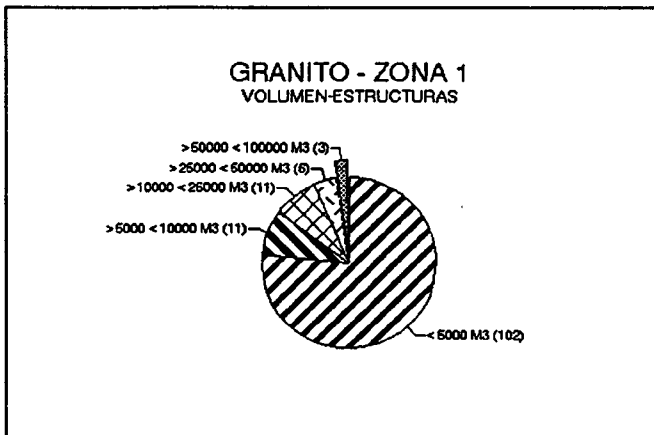


Gráfico 1.4.

Gráfico 1.5.

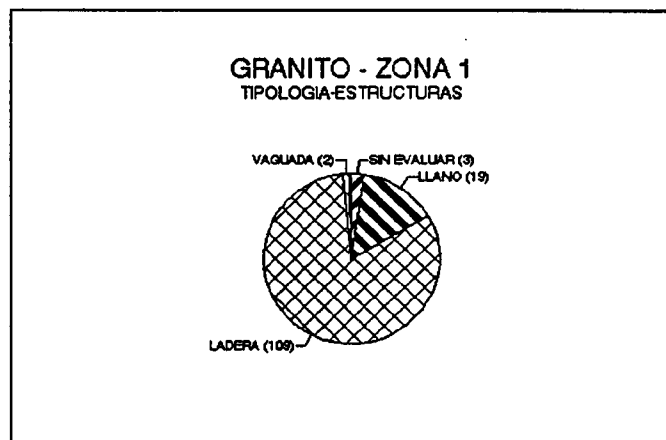
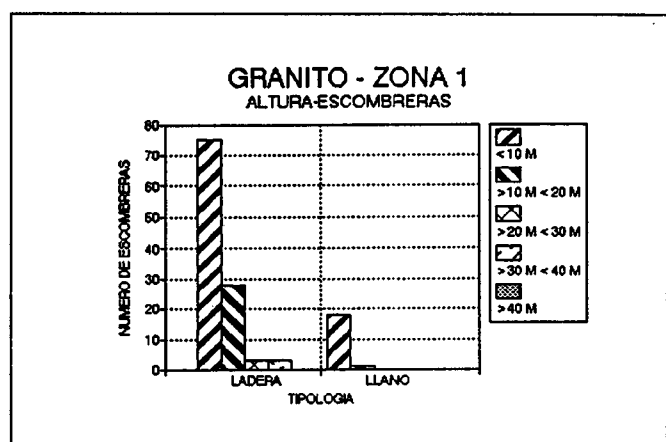


Gráfico 1.6.



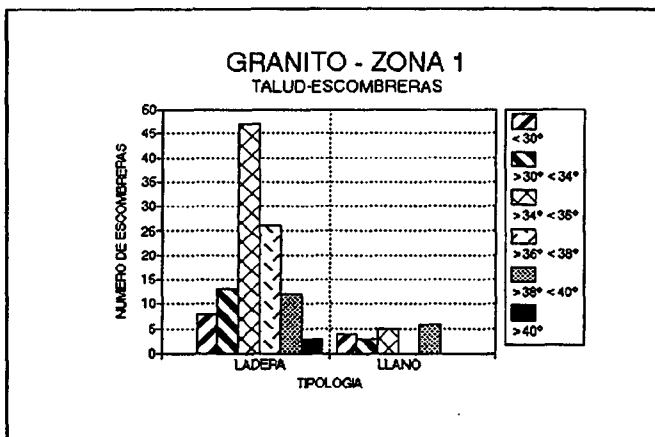


Gráfico 1.7.

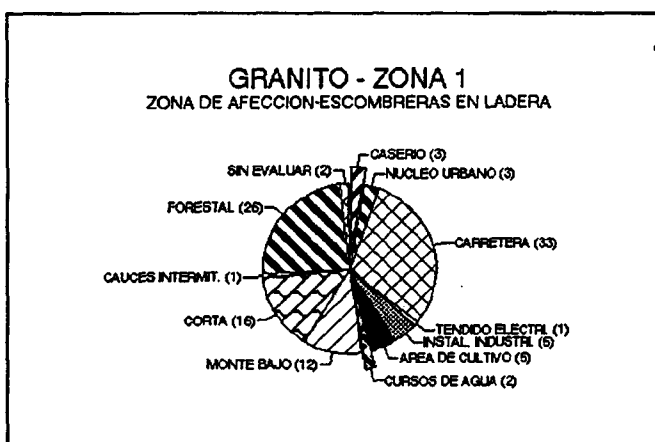


Gráfico 1.8.

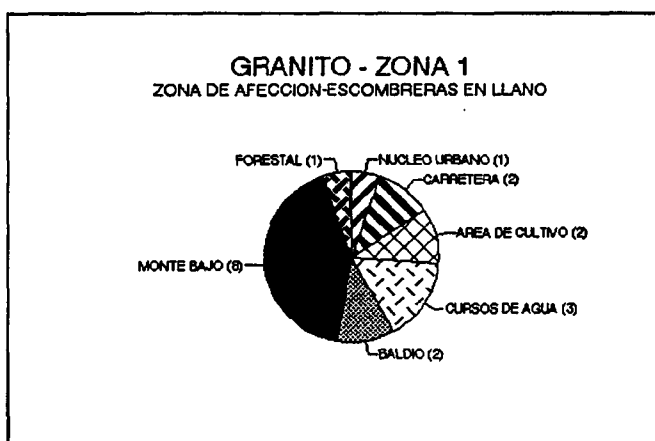


Gráfico 1.9.



Gráfico 1.10.

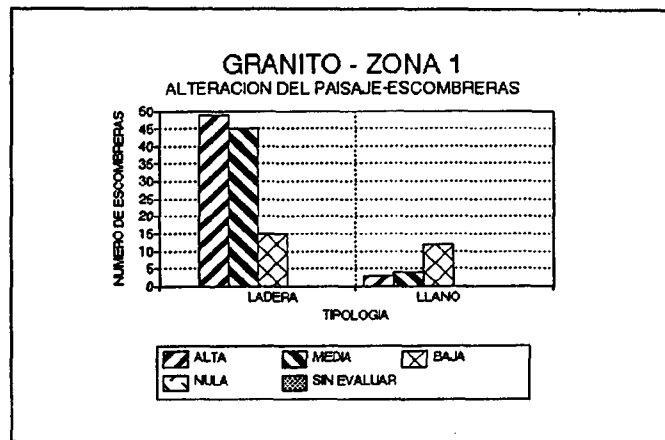


Gráfico 1.11.

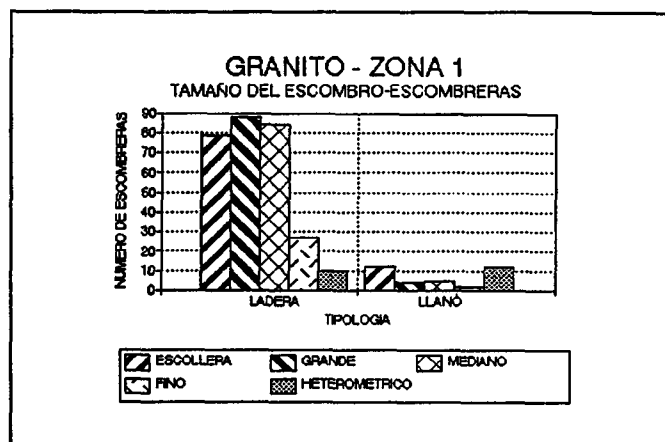


Gráfico 1.12.

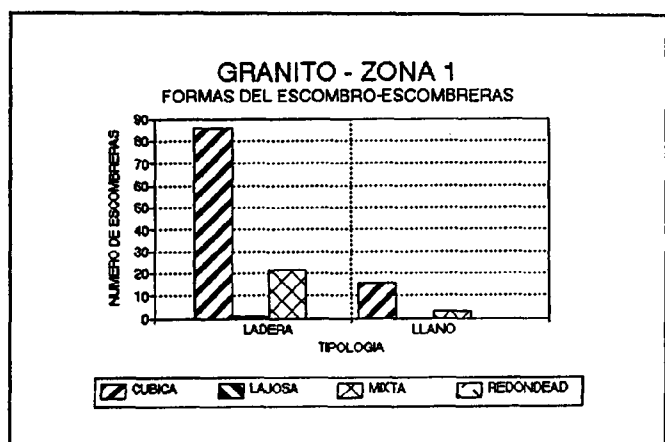


Gráfico 1.13.

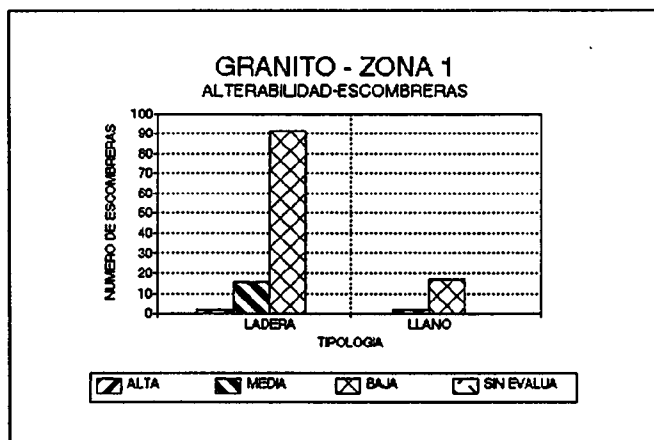
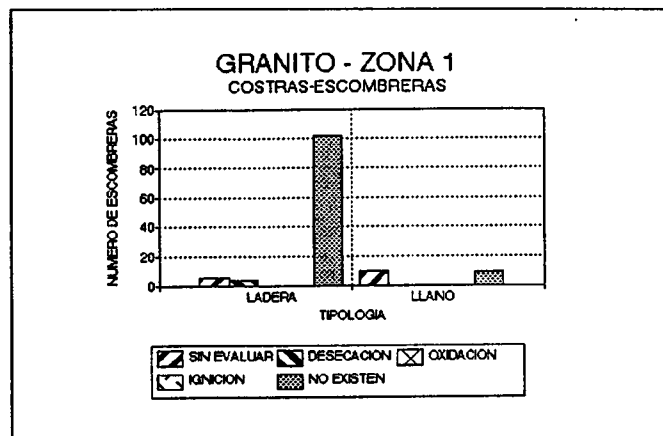
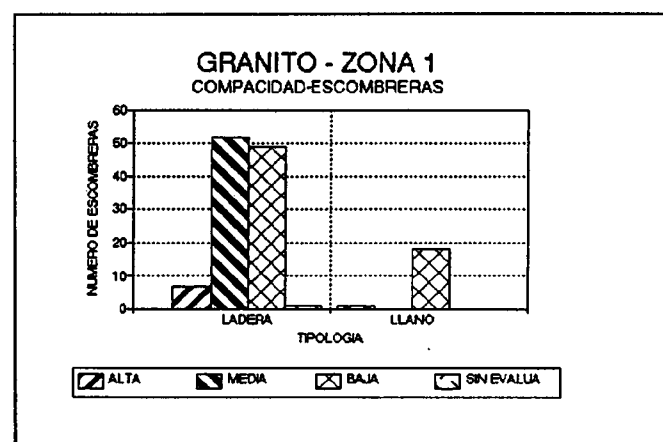


Gráfico 1.14.

Gráfico 1.15.



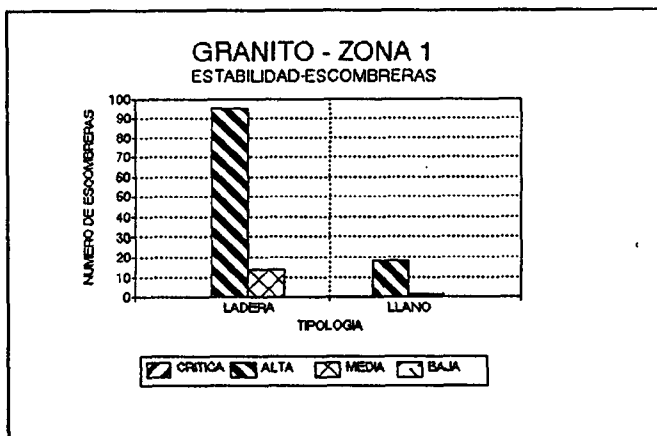


Gráfico 1.16.

Gráfico 1.17.

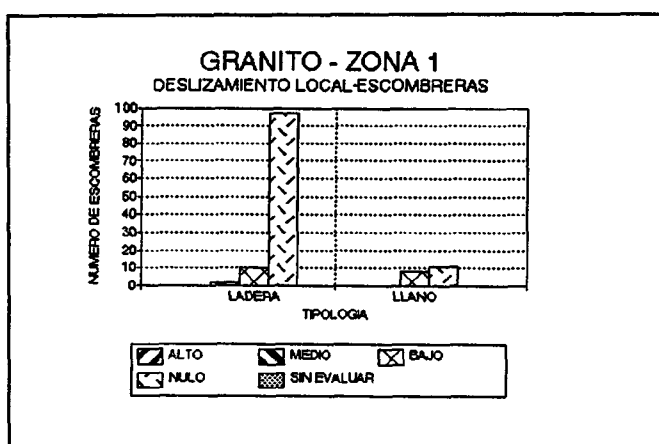
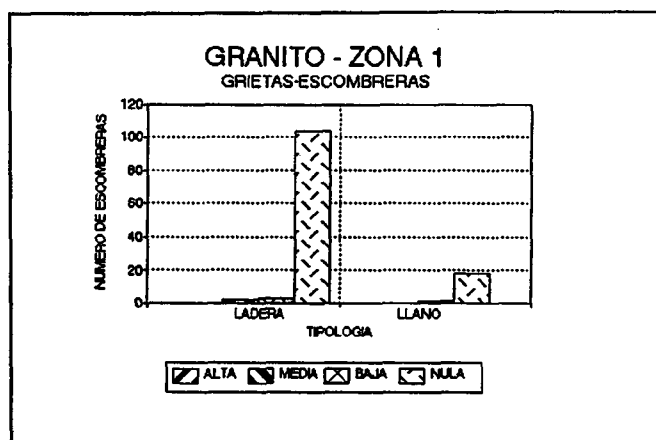


Gráfico 1.18

Gráfico 1.19.

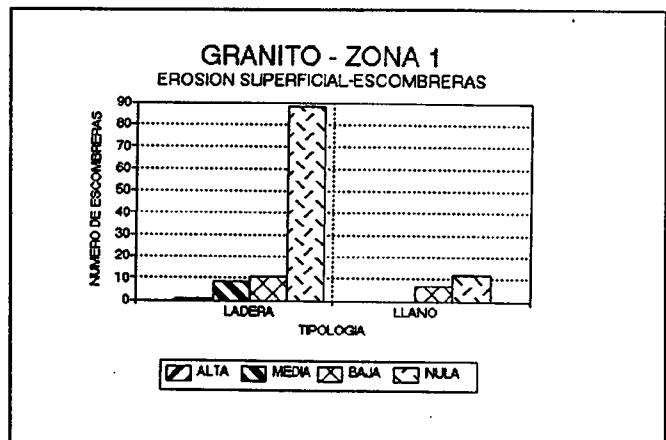


Gráfico 1.20.

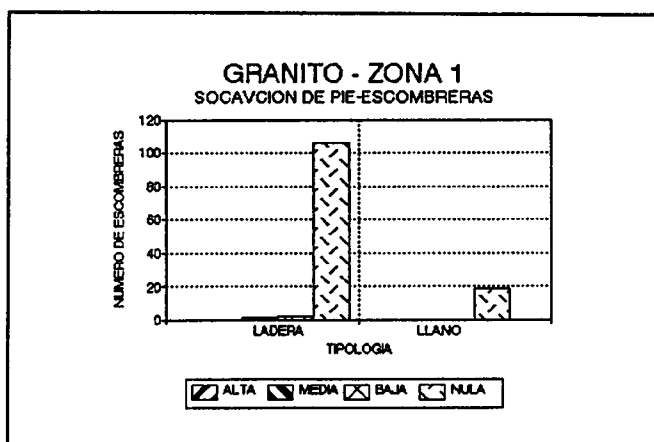
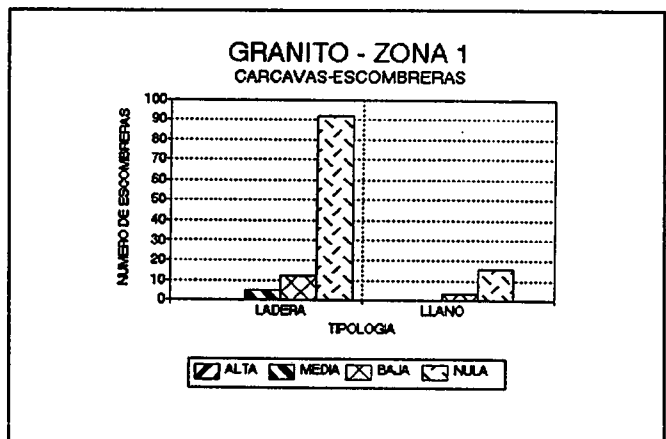


Gráfico 1.21.

#### 5.4.2. Zona 2.- Avila, Toledo, Segovia, Madrid

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos, y el porcentaje de residuos de la explotación del granito, respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 5.5.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	GRANITO		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
AVILA	E	402.930	27.700	44	6,8
	B	11.025		1	
TOLEDO	E	1.520.200	6.500	3	0,42
SEGOVIA	E	696.180	2.800	22	0,40
MADRID	E	1.247.493	55.200	119	4,4

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 5.5.**

El tamaño de la muestra de estudio es de: 17 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

En esta zona sólo existen estructuras tipo escombrera. Se han representado gráficamente aquellas escombreras que presentan un impacto ambiental medio-bajo.

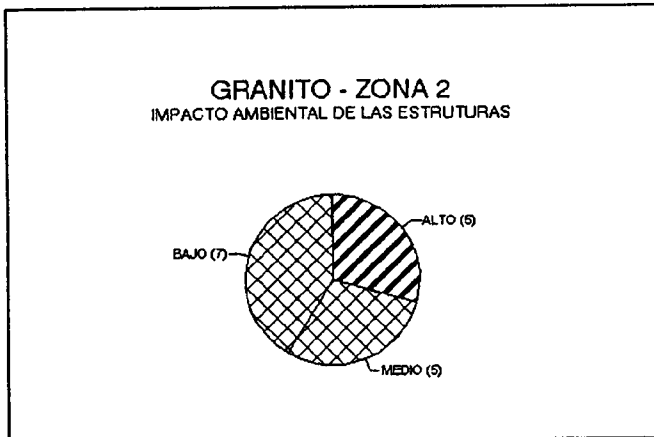


Gráfico 2.1.

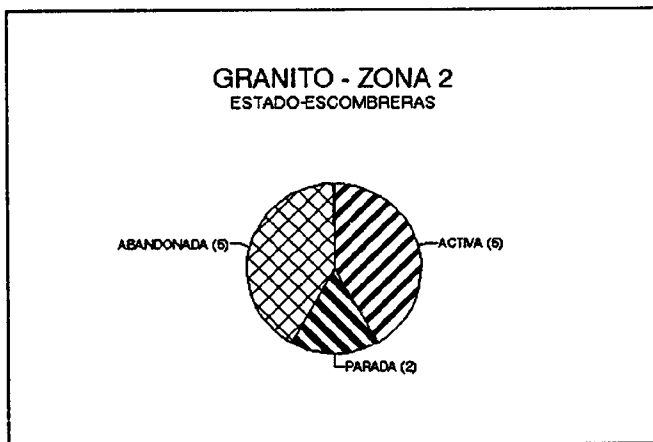


Gráfico 2.2.

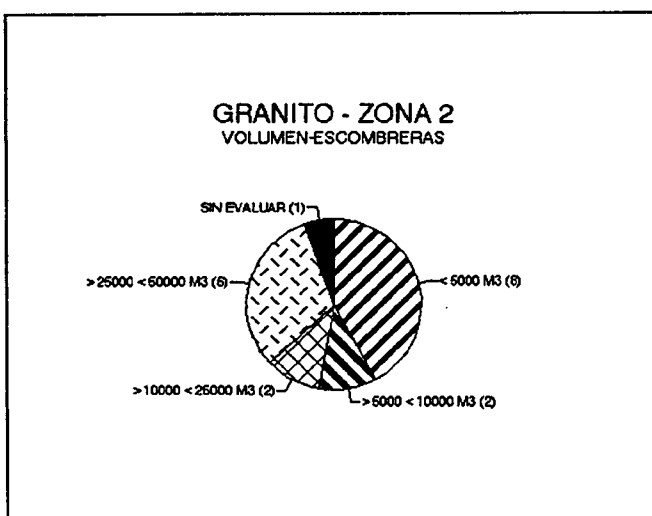


Gráfico 2.3.

Gráfico 2.4.



Gráfico 2.5.

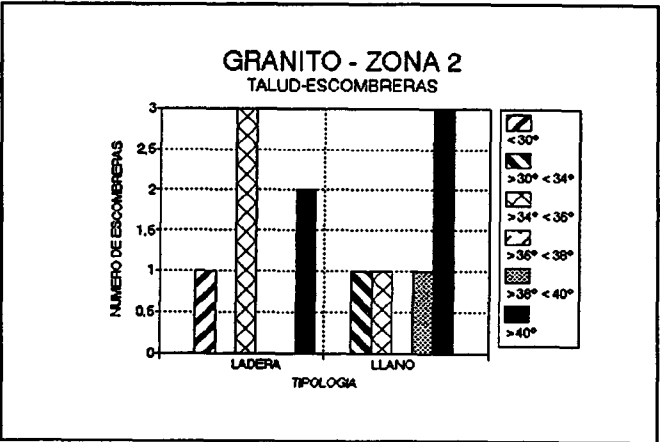


Gráfico 2.6.



GRANITO - ZONA 2  
ZONA DE AFECCION-ESCOMBRERAS EN LLANO

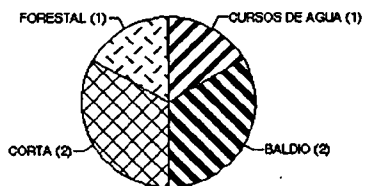
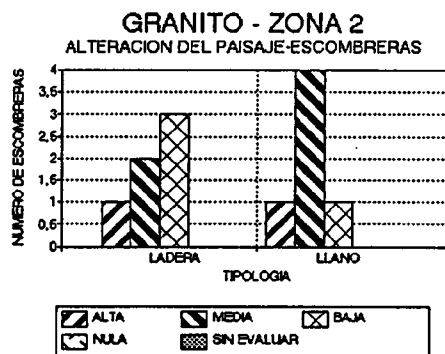


Gráfico 2.7.

Gráfico 2.8.



GRANITO - ZONA 2  
ALTERACION VEGET.-ESCOMBRERAS EN LLANO

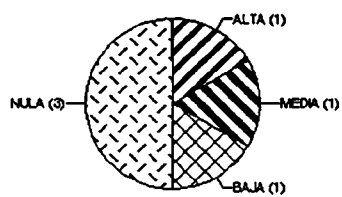


Gráfico 2.9.



Gráfico 2.10.

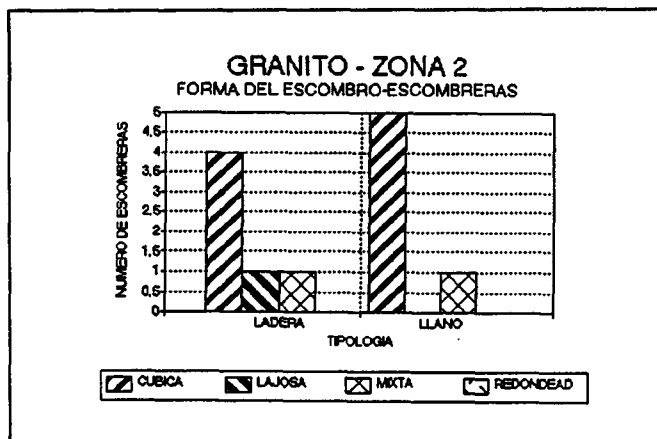
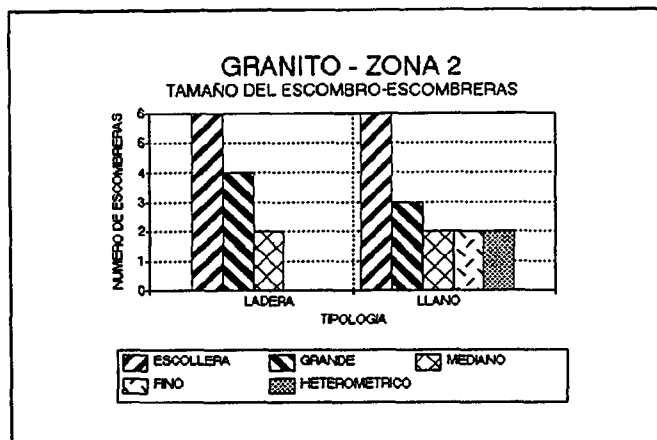
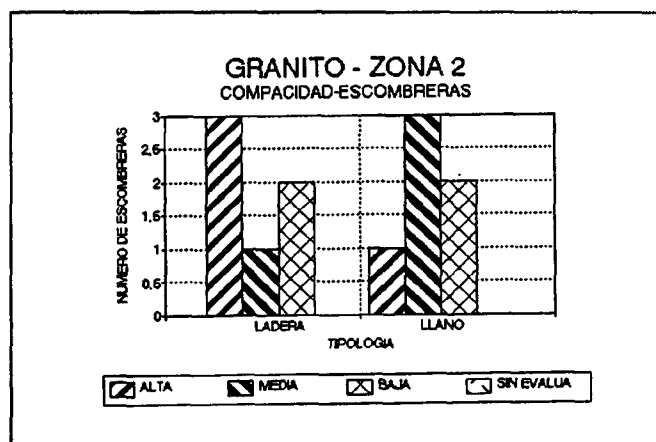


Gráfico 2.11.

Gráfico 2.12.



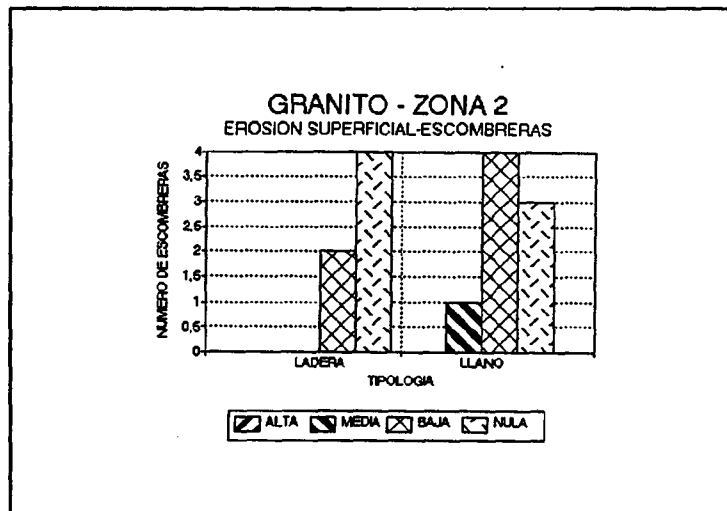


Gráfico 2.13.

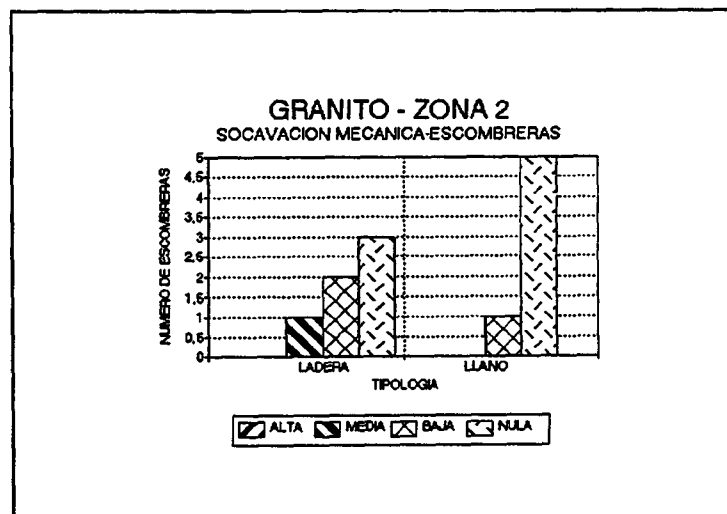


Gráfico 2.14.

### 5.4.3. Zona 3.- Cáceres y Badajoz

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos y el porcentaje de residuos de la explotación del granito respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 5.6.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m³)	GRANITO		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m³)	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
CACERES	E	3.934.655	29.700	9	0,75
	B	390.650	---	1	---
BADAJOZ	E	12.921.615	565.725	95	4,3
	B	988.900	1.500	1	
	M	1.403.000	3.000	1	0,15 0,21

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 5.6.**

El tamaño de la muestra de estudio es de 41 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

Las estructuras situadas en la zona 3 presentan un impacto ambiental medio-bajo.

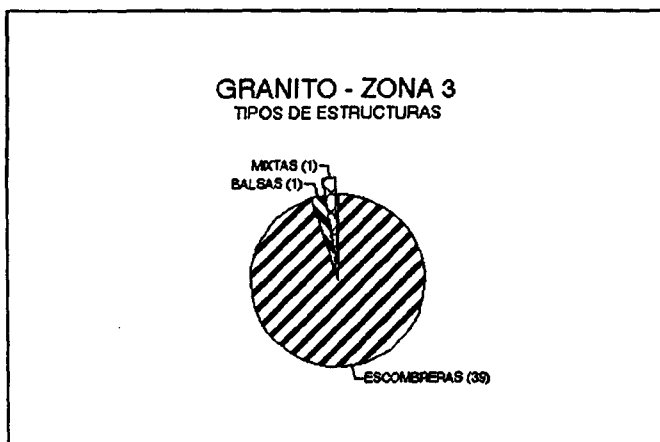


Gráfico 3.1.

Gráfico 3.2.

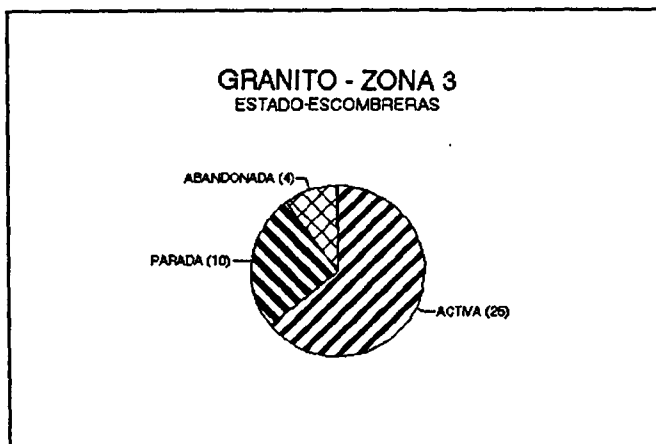


Gráfico 3.3.

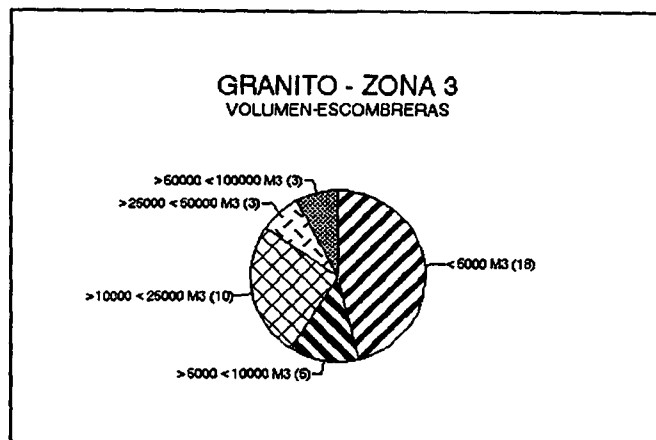


Gráfico 3.4.

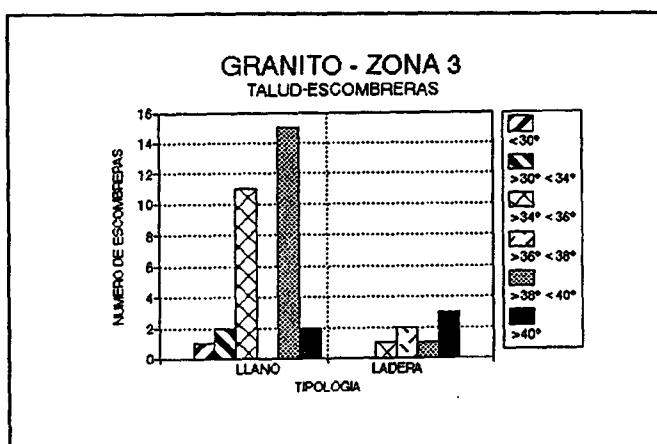


Gráfico 3.5.

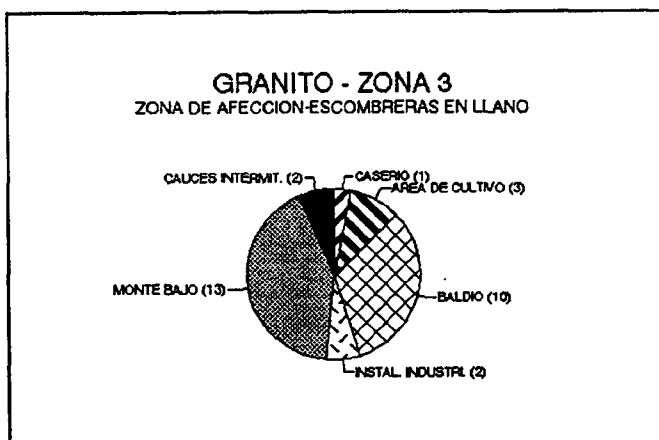


Gráfico 3.6.

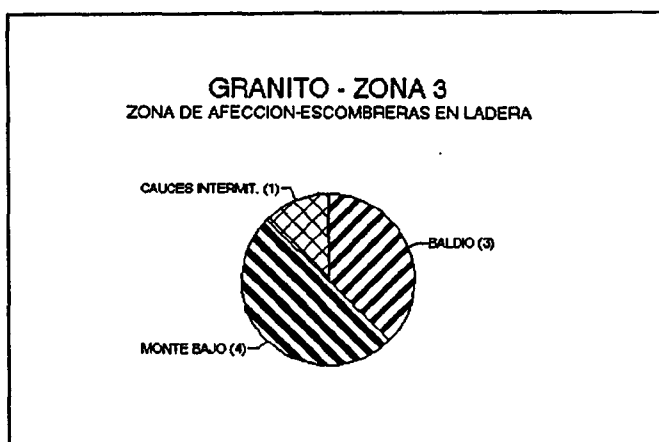
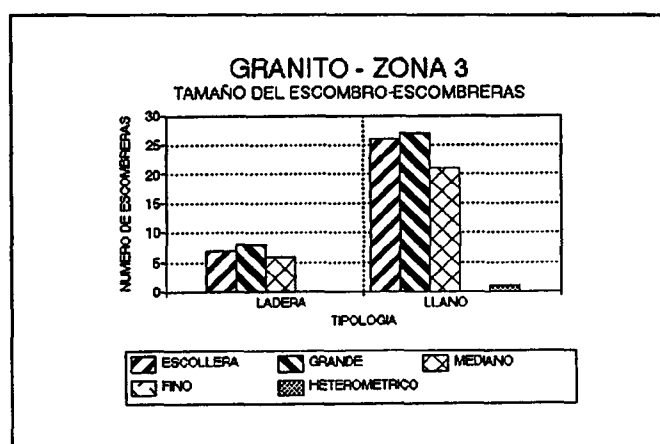


Gráfico 3.7.

Gráfico 3.8.



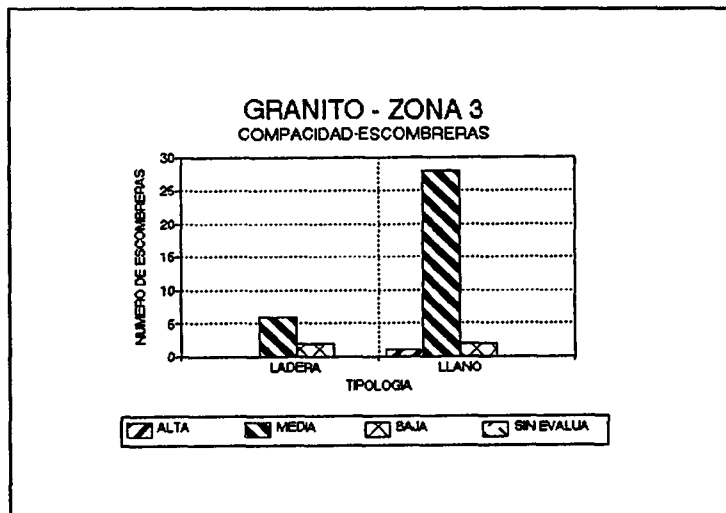


Gráfico 3.9.

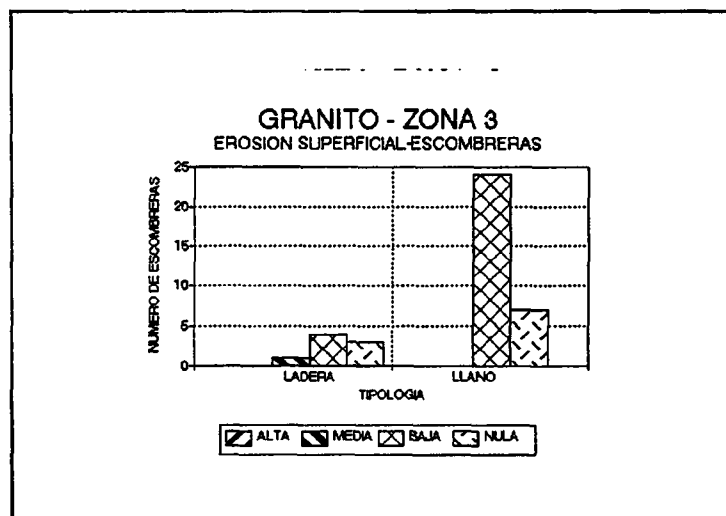


Gráfico 3.10.

#### 5.4.4. Zona 4.- Gerona, Barcelona y Tarragona

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles el nº de vertederos, y el porcentaje de residuos de la explotación del granito respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 5.7.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA A E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m³)	GRANITO		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m³)	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
GERONA	E B	2.097.880 60.750	27.000	19 1	1,28
BARCELONA	E	55.823.050	48.700	29	0,08
TARRAGON	E	4.215.110	9.500	19	0,23

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 5.7.**

El tamaño de la muestra de estudio es de 11 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

En la zona 4 las estructuras tipo escombreras tienen un impacto ambiental alto.



Gráfico 4.1.

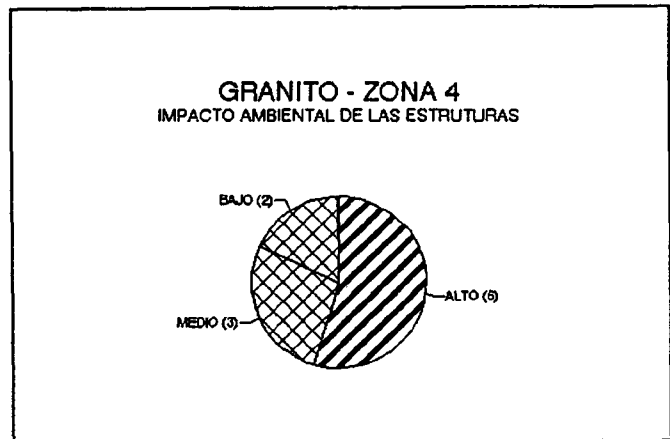


Gráfico 4.2.

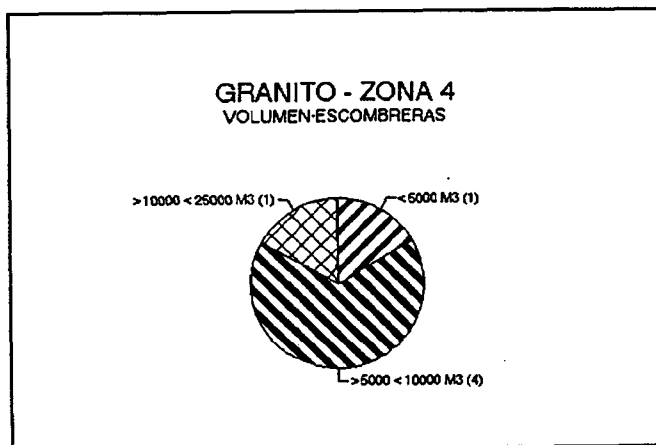
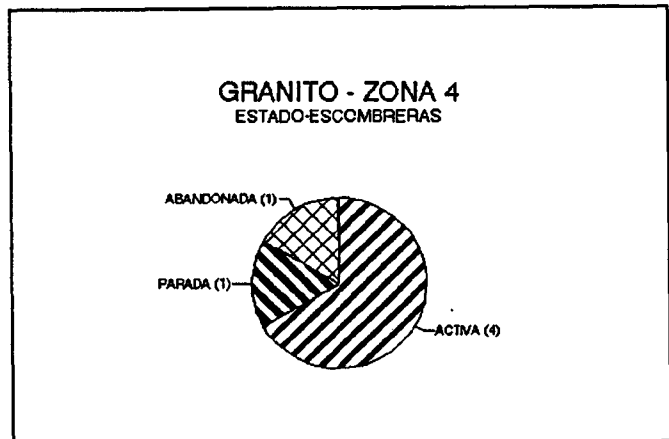


Gráfico 4.3.

#### 5.4.5. Zona 5.- Ciudad Real

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos, y el porcentaje de residuos de la explotación del granito respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 5.8.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTÉRILES (m <sup>3</sup> )	GRANITO		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCEN- TAJE %
CIUDAD REAL	E	110.491.500	312.800	6	0,28

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 5.8.**

El tamaño de la muestra de estudio es de 6 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

En la zona 5 la muestra obtenida es reducida, guardando resumidas las conclusiones que se han obtenido en los siguientes gráficos.



Gráfico 5.1.

Gráfico 5.2.

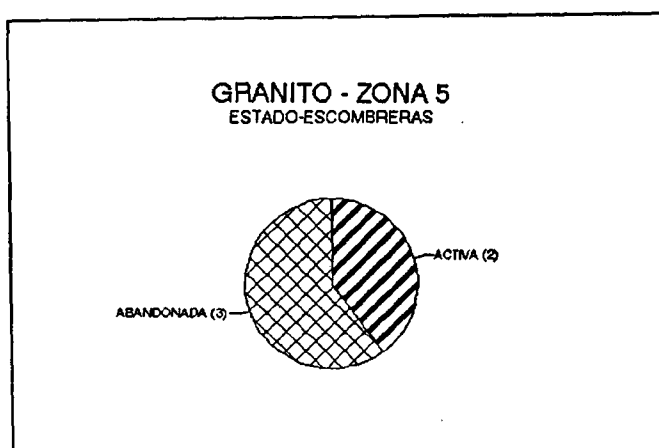
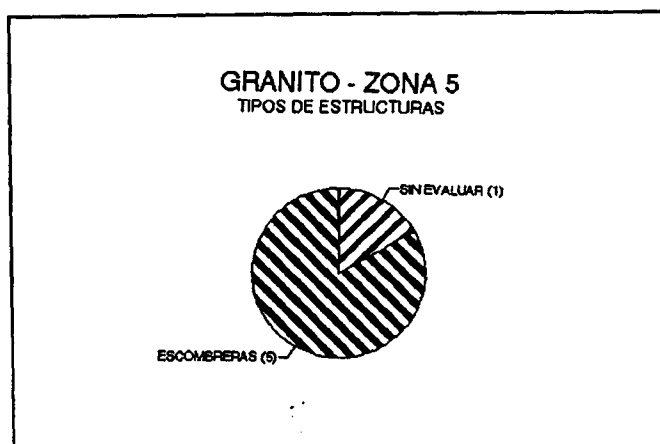


Gráfico 5.3.

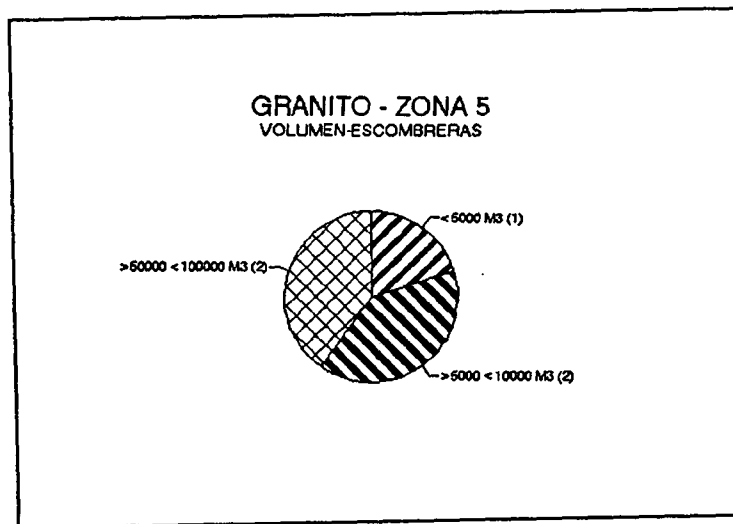


Gráfico 5.4.

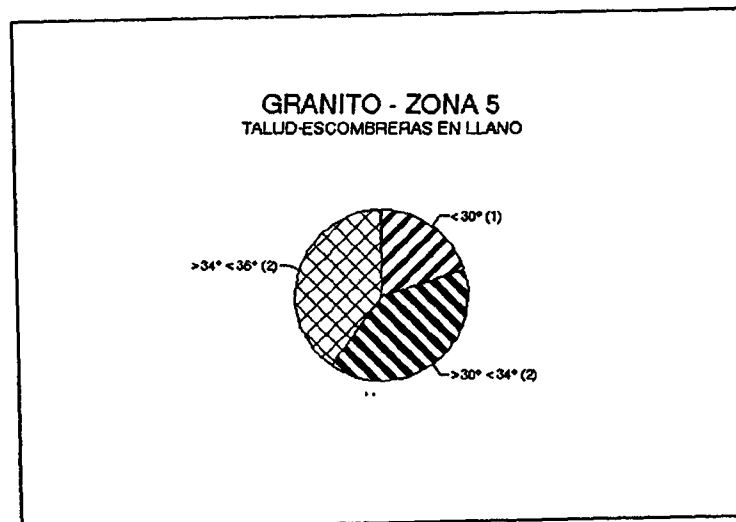


Gráfico 5.5.

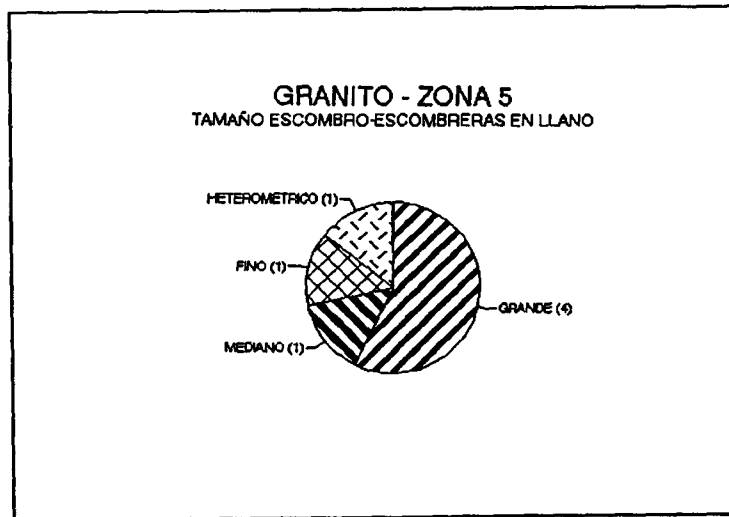


Gráfico 5.6.

## **6. PIZARRAS**

Al hablar de las pizarras, es tendencia aceptada añadir un segundo término, con el fin de aclarar sus especiales características de composición, estructura, uso, etc. Así es frecuente encontrar términos como "cuprífera", "arcillosa" ó "pizarra para techar" entre otras.

Los principales componentes minerales de estas rocas microgranudas, originadas por un metamorfismo regional de sedimentos arcilloso, son la sericita, el cuarzo y los minerales del grupo de la clorita. También es frecuente, que contengan óxidos y sulfuros de hierro, minerales arcillosos y carbonatos. Es importante resaltar la diferencia que supone el que la pirita que se encuentra ocasionalmente en las pizarras sea primaria o secundaria. la primera que procede de las rocas adyacentes, llega en forma de macrocristales que no son alterados por los agentes atmosféricos, y no perjudica a la calidad del material. Por el contrario, la pirita secundaria, formada en la pizarra como el resultado de procesos de sulfatación de los óxidos de hierro, es atacada por la meteorización, produciendo oxidaciones y su disgregación. Las pizarras que lo presentan en su composición, su calidad resulta muy afectada.

### **6.1. Ambito geológico. Variedades**

Aunque en nuestro país, los yacimientos de pizarras para techar sólo se localizan en determinadas zonas, correspondientes a las formaciones del Paleozoico Inferior, existen muchas otras áreas con afloramientos de pizarras, en formaciones afectadas por la Orogenia Hercínica.

Las zonas con yacimientos en explotación y recursos reconocidos se pueden agrupar en las diez siguientes: Valdeorras, La Cabrera, El Caurel, A Terra

Chá, Monte Rande, Alto Bierzo, Los Oscos, Aliste, Bernardos y Villar del Rey (Fig. 6.1.).

## **VALDEORRAS**

En esta región de la provincia de Orense se localiza la mayor concentración de explotaciones de pizarra de todo el país, y donde se encuentran instaladas la mayor parte de las principales empresas del sector.

Geológicamente esta región se encuadra en la Zona Asturoccidental Leonesa, según la clásica división del Macizo Hespérico. Sin embargo, estudios más recientes consideran que, al menos en parte, debe incluirse en la Zona Galaico-Castellana, puesto que en el borde occidental la sucesión estratigráfica del Paleozoico está representada de forma incompleta, apoyándose los materiales del Ordovícico Inferior sobre los gneises porfiroides precámbricos del "Ollo de Sapo" mientras que en el resto de la Zona Asturoccidental-Leonesa se encuentran las formaciones cámbricas.

Los yacimientos más importantes de Pizarras para Cubiertas se localizan en la formación de las pizarras negras ("Pizarras de Luarca") del Ordovícico Medio (Llanvirniense-Llandeiloense) y en determinados niveles de la serie ("Formación Agüeira") del Ordovícico Superior (Caradociense-Ashgillense). Pero también se explotan, en San Vicente de Leira, unas capas estrechas que al parecer pertenecen al Ordovícico Inferior (Tremadociense).

La configuración estructural de esta región es debida fundamentalmente a los pliegues, muy frecuentes y de todas las escalas, con la esquistosidad principal como plano axial buzando generalmente al Sur en toda la región.

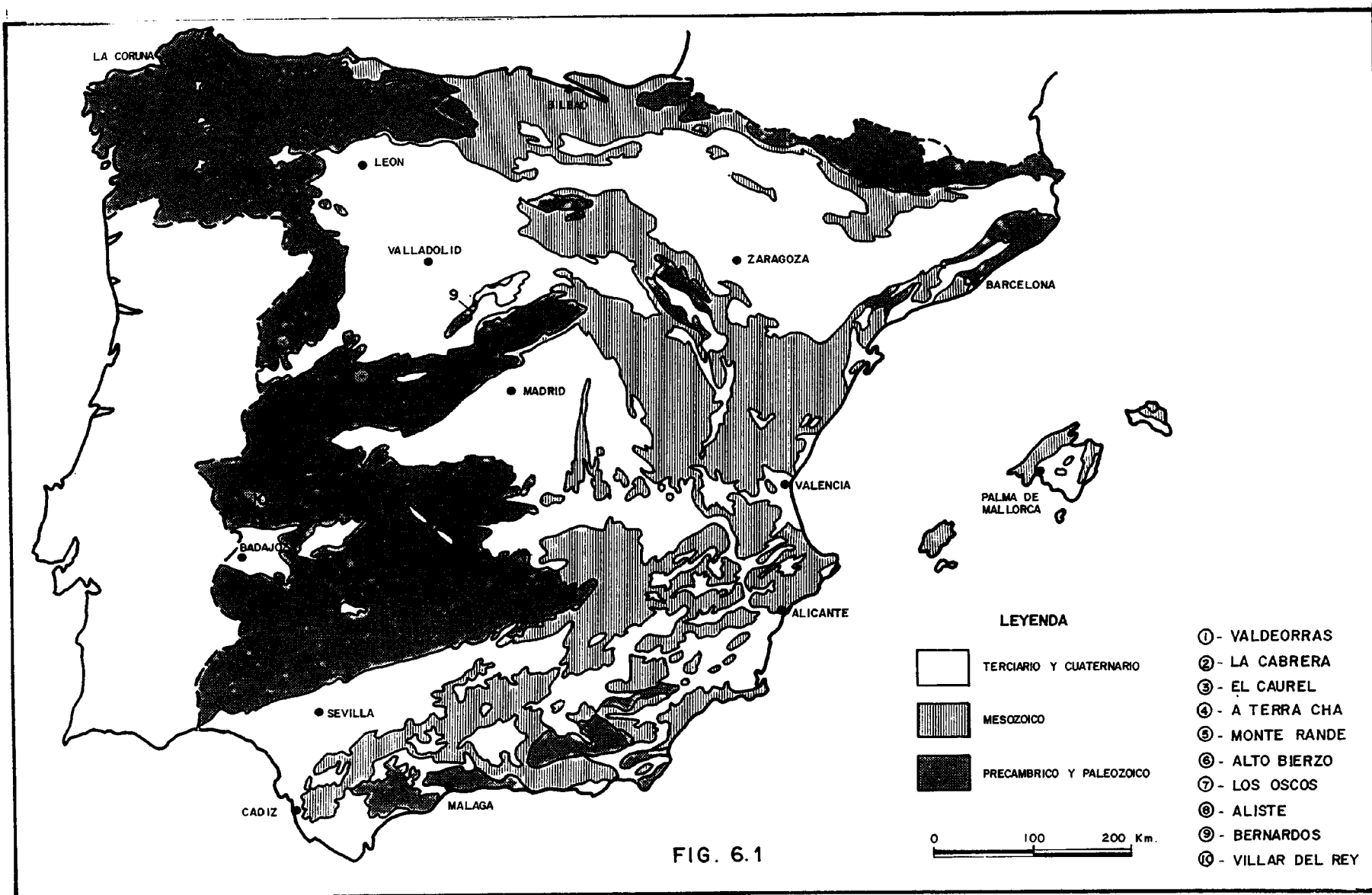


FIG. 6.1



Los yacimientos se localizan donde afloran las capas productivas, tanto en charnelas como en flancos de los pliegues y donde los factores tectónicos secundarios permiten un mayor aprovechamiento en la extracción de las masas de roca.

Los principales yacimientos, donde se concentran las explotaciones, son los de Casayo, Castañeiro, Mormeau, Rozadais, Los Molinos, Domiz, Vianzola, Penedo y San Vicente, aunque también se localizan labores en otros puntos dispersos.

Las pizarras de los mismos niveles estratigráficos tienen características comunes, pero también se pueden apreciar diferencias entre los distintos yacimientos e incluso dentro de uno mismo, debido a ligeras variaciones de composición, relaciones entre esquistosidad y estratificación, elementos tectónicos secundarios, etc.

Los especialistas distinguen los prototipos más comunes de cada área de explotación, considerándolos variedades distintas de Pizarras para Cubiertas, con unas características y cualidades ratificadas por la experiencia.

Los recursos de esta zona son prácticamente ilimitados, con posibilidades de nuevas labores además de las ya existentes. Varios yacimientos se encuentran en avanzado proceso de explotación a cielo abierto, mientras en otros se están iniciando y preparando nuevos frentes.

## **LA CABRERA**

Esta región de la provincia de León es colindante con Valdeorras, siendo un área montañosa de similares características geográficas y geológicas.

En esta zona se encuentran varias importantes explotaciones de pizarra y se están iniciando otras con grandes perspectivas de producción.

Geológicamente esta zona pertenece a la misma unidad que Valdeorras, presentando similares características litoestratigráficas y estructurales.

Los niveles de pizarras potencialmente explotables son los mismos que en la zona anterior, dependiendo la viabilidad de los yacimientos de los mismos tipos de factores generales y locales.

En la actualidad, las principales explotaciones se encuentran en San Pedro de Trones, cabecera del río Benuza, la Baña y Odollo.

Los recursos de esta zona están aún por descubrir y desarrollar en toda su capacidad, pero sin duda se puede estimar que son de gran magnitud, como lo demuestran recientes investigaciones.

## **EL CAUREL**

Geográficamente esta región se encuentra en el vértice entre las provincias de Lugo, Orense y León.

En esta zona se localizan las importantes explotaciones de Pizarra de Quiroga (Lugo) y las labores iniciadas en las proximidades de Oencia (León).

Geológicamente esta región se sitúa en la Zona Asturoccidental-Leonesa, según la clásica división del Macizo Hespérico. La sucesión estratigráfica presenta un mayor desarrollo del Paleozoico Inferior, con representación de formaciones del Cámbrico.

Esta zona se caracteriza estructuralmente por los grandes pliegues tumbados que configuran su morfología y la situación topográfica de las diversas unidades litoestratigráficas.

Los niveles explotados en los yacimientos de esta zonas pertenecen a las "Pizarras de Luarca" del Ordovicio Medio (Llanvirniense-Llandeiloense) aflorantes en un área extensa por efecto de la intersección de los flancos de los pliegues subhorizontales con la topografía.

Los recursos de Pizarras para Cubiertas de esta zona pueden considerarse prácticamente ilimitados, al ritmo de explotación actual, posibilitando el desarrollo de nuevas labores en un futuro.

#### **A TERRA CHA**

Esta zona comprende la región central de la provincia de Lugo, conocida como A Terra Cha por las suaves formas topográficas.

En los términos municipales de Mondoñedo, Lorenzana, Pastoriza y Pol se encuentran varios centros donde se explotan las peculiaridades pizarras de color verde.

Geológicamente esta zona se localiza en la Zona Asturoccidental-Leonesa, según la citada división del Macizo Hespérico. Estratigráficamente se caracteriza por la presencia de un Cámbrico de gran espesor (areniscas, pizarras y calizas) que se apoya sobre una importante serie del Precámbrico (Serie de Villalba).

Estructuralmente es una zona configurada por grandes pliegues acostados, con la esquistosidad principal como plano axial, perteneciente al sector

oriental de la macroestructura del "Domo de Lugo".

Los niveles de pizarra que se explotan en las labores de esta zona son capas de las pizarras de Candana, formación de edad Cámbrico Inferior. Son capas estrechas pero de gran continuidad, aprovechándose cuando afloran en superficie.

Todas las explotaciones de esta zona producen el mismo tipo de pizarra, conocida como "Verde Lugo". También se produce en poca cantidad una variedad de tonalidad más grisácea.

Los recursos de este tipo de pizarras son geológicamente ilimitados, aunque las condiciones topográficas dificultan el descubrimiento de nuevos yacimientos.

## **MONTE RANDE**

En el término municipal de Ortigueira, al Norte de la provincia de La Coruña, en Monte Rande, se encuentran unas explotaciones de Pizarra de considerables dimensiones y elevada producción.

Geológicamente esta zona se localiza en el flanco occidental del Anticlinorio del "Olla de Sapo" incluido en la Zona Galaico-Castellana del Macizo Hespérico. La serie estratigráfica del Paleozoico comienza en el Ordovícico inferior apoyándose sobre los gneises porfíroides precámbricos.

Los niveles en explotación son capas de la formación de las pizarras negras ("Pizarras de Luarca") del Ordovícico Medio (Llanvirniense-Llandeiloense) que afloran en unas largas corridas de dirección NE-SO.

En esta zona la esquistosidad y estratificación están en posición vertical, caracterizando la forma de explotación en los frentes de trabajo.

Los recursos disponibles de estas pizarras son también geológicamente muy elevados, al ritmo de explotación actual.

Las Pizarras de estas labores presentan la particularidad de los grandes tamaños de placas que se consiguen regularmente.

### **ALTO BIERZO**

Al N. de la región del Bierzo, en la provincia de León, se encuentran las explotaciones de pizarra de Anllares, Páramo del Sil y San Pedro de Olleros además de otras pequeñas labores artesanales en otros puntos.

Geológicamente esta región se localiza en el flanco occidental del Anticlinorio del Narcea, dentro de la Zona Asturoccidental-Leonesa.

Las formaciones paleozoicas en esta zona alcanzan una gran potencia, formando una serie continua desde el Cámbrico al Silúrico, sobre la que se apoyan discordantemente los materiales del Carbonífero (Estefaniense) y postpaleozoicos.

Estructuralmente es una región de grandes bloques asimétricos, con la esquistosidad principal en posición vertical, donde se ponen de manifiesto la interferencia entre las distintas fases de deformación hercínicas.

Los niveles potenciales como pizarras para Cubiertas de esta zona son algunas capas de la formación "Pizarras de Luarca" del Ordovícico Medio (Llanvirniense-Llandoiloiense) que afloran en grandes corridas de dirección NO-SE.

Aunque esta zona tiene limitaciones por factores tectónicos, los recursos disponibles son muy considerables, permitiendo el desarrollo de nuevas explotaciones.

## **LOS OSCOS**

Esta zona comprende los territorios situados en el límite entre las provincias de Lugo y Asturias, donde se localiza la importante explotación de Villarchao (Lugo) y otras labores artesanales.

Geológicamente está situada en el mismo dominio paleográfico que la Zona del Alto Bierzo, en la Zona Asturoccidental-Leonesa, entre el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo y el Anticlinorio del Narcea.

Estructuralmente es una zona muy plegada, con superposición de las deformaciones producidas por las distintas fases hercínicas.

Los niveles potenciales como Pizarras para Cubiertas son algunas capas de la formación "Pizarras de Luarca" del Ordovícico Medio (Llanvirniense-Llandeiloense) que afloran en estrechas bandas de dirección N-S.

Los recursos de Pizarra de esta zona previsiblemente no son tan elevados como en las anteriores, pero son suficientes para garantizar la vida de las explotaciones ya existentes y alguna más que se puede desarrollar en el futuro.

Las pizarras que se producen en Villarchao son las más representativas de esta zona, siendo de una calidad muy estimable y con la particularidad de los grandes tamaños que se consiguen con regularidad.

## **ALISTE**

En el valle del río Aliste, al Oeste de la provincia de Zamora, se localizan varias explotaciones de Pizarras para Cubiertas, alguna de ellas de grandes dimensiones.

Geológicamente esta zona se encuentra en la parte central del Sinclinal de Alcañices, incluido en la Zona Galaico-Castellana del Macizo Hespérico, donde la serie paleozoica está representada a partir del Ordovícico Inferior apoyándose sobre los materiales precámbricos.

Estructuralmente es una zona con pliegues muy apretados y frecuentes, con la esquistosidad en posición vertical, lo que condiciona las formas de explotación de las capas productivas.

Los niveles potenciales son unas capas de gran espesor de pizarras negras y grises que, deben pertenecer al Ordovícico Medio y Superior, aunque está aún por precisar.

Estas pizarras afloran en corridas de dirección NO-SE con notable continuidad, siguiendo la orientación general de las estructuras, por lo que los recursos de Pizarra de esta zona geológicamente pueden ser de gran magnitud, aunque están aún por investigar con mayor precisión.

## **BERNARDOS**

Próximas a la población de Bernardos, en la provincia de Segovia, se localizan dos conocidas explotaciones de pizarra.

Esta zona se encuentra en un área de afloramientos paleozoicos situados al S. de la Cuenca del Duero, incluida geológicamente en la Zona Galaico-Castellana del Macizo Hespérico.

Las dos explotaciones se encuentran muy próximas, trabajando unas capas de pizarras muy silíceas de tonalidades verdosas con intercalaciones de pizarras negras que se atribuyen al Complejo Esquisto-Grauváquico, de edad indefinida entre el Precámbrico Superior y Cámbrico Inferior.

Estructuralmente están en un flanco de pliegue, donde en general la estratificación y la esquistosidad principal forman un bajo ángulo, encontrándose las capas casi horizontales en las explotaciones.

La mayor parte de estas pizarras se destinan a la fabricación de losas para pavimentación y revestimientos decorativos, pero también se elaboran placas de pizarras para Cubiertas cuando lo solicita el mercado y las capas explotadas lo permiten.

Estas pizarras gozan de merecido prestigio por haber sido utilizadas en varios edificios históricos y modernos de gran fama.

## **VILLAR DEL REY**

En las proximidades de Villar del Rey, al N. de la provincia de Badajoz, se encuentra actualmente en explotación un conocido yacimiento de pizarras para cubiertas.

Estas labores se localizan geológicamente en la estructura denominada como el Sinclinatorio de Sao Mamede-La Codosera, que es cortado y desplazado por



la falla de Plasencia-Alentejo, situándose en el límite entre la Zona Lusoriental-Alcudiana y la Zona de Ossa-Morena, según la ya citada división del Macizo Hespérico.

En esta estructura están representados materiales paleozoicos desde el Ordovícico Inferior hasta el Devónico Medio.

Los niveles explotados son capas estechas en posición vertical, con la esquistosidad casi paralela a la estratificación, aflorantes en condiciones favorables a lo largo del flanco S. del Sinclinorio.

Los recursos de Pizarra de esta zona son limitados, pero suficientes para asegurar larga vida a las labores ya existentes y alguna otra que pueda iniciarse en el futuro.

Estas pizarras son muy estimadas en varios países, presentando la peculiaridad de los grandes tamaños que se pueden elaborar con bastante regularidad.

Hay tres formas de uso industrial de las pizarras, según el tamaño, en bloques, como gravas y en polvo. En cuanto a la utilización de la pizarra con fines ornamentales, existe una gran variedad de productos tanto en interiores como en exteriores: baldosas, bóvedas, peldaños de escalera, etc, resaltando por su importancia las pizarras destinadas para cubiertas. Estas se agrupan en cuanto a su denominación genérica en:

- a.- Por el color: negras, grises, y de color especial
- b.- Por el aspecto superficial: lisas, estrías y rugosas

c.- Por su potencial alterabilidad: poco alterables, de mediana alterabilidad y muy alterables.

Las variedades de pizarras más reconocidas, y catalogadas, son las que a continuación se citan, según la localización geográfica provincial que se refleja en la figura 6.2.

LUGO:	El Caurel - Quiroga Los Oscos - Villarchao Verde Lugo
LEON:	Alto Bierzo - Anllaros La Cabrera - Benuza La Cabrera - La Baña La Cabrera - Odollo La Cabrera - San Pedro de Trones
BADAJOS:	Villar del Rey
ORENSE:	Valdeorras - Casayo Valdeorras - Castañeiro Valdeorras - Domiz Valdeorras - Los Molinos Valdeorras - Mormean Valdeorras - Penedo Rayado Valdeorras - Rozadais Valdeorras - San Vicente Valdeorras - Vianzola

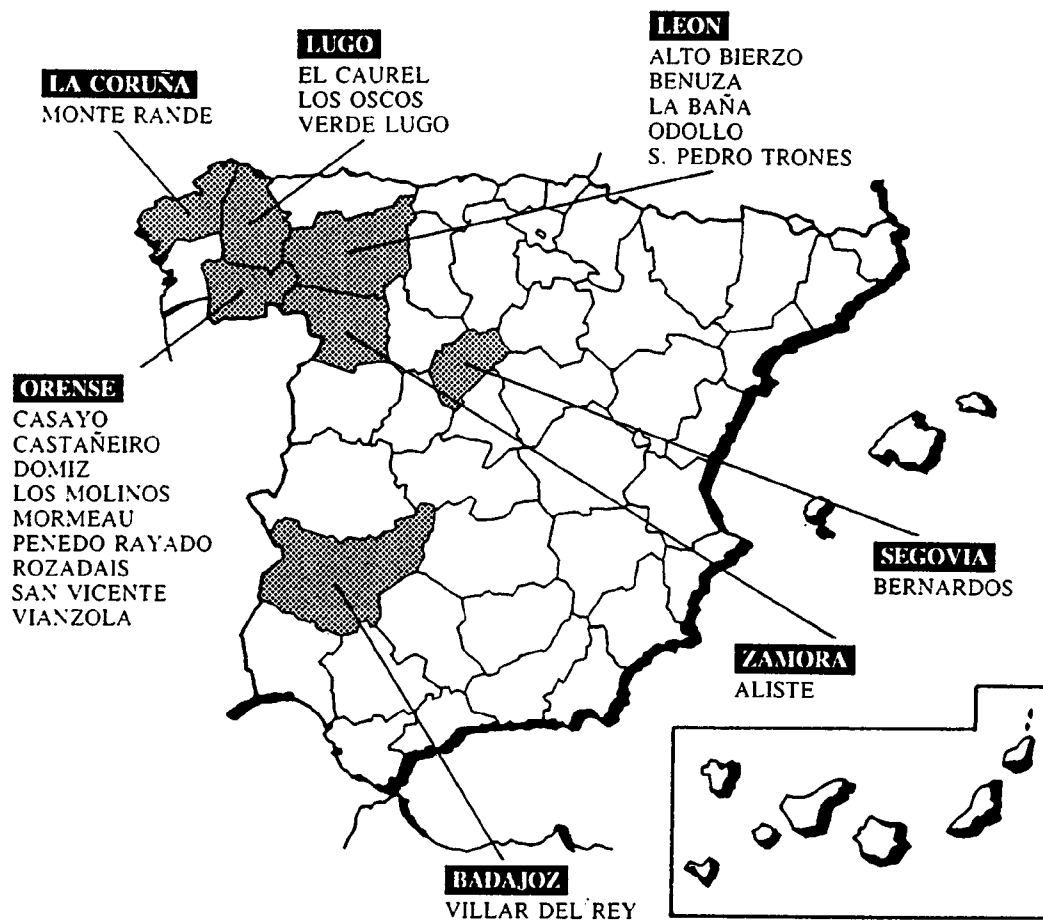


FIG.6.2

LA CORUÑA:	Monte Rande
ZAMORA:	Aliste
SEGOVIA:	Bernardos

Las zonas geográficas, donde hasta la fecha, se han desarrollado estudios e investigaciones por parte del I.T.G.E. de pizarras ornamentales, las sintetiza Muñoz P. en su figura 6.3.

## **6.2. Actividades extractivas**

Es en la década de 1950-1960, cuando se inicia realmente la expansión industrial de las pizarras en nuestro país, en base a la fuerte demanda exterior y a las posibilidades de los yacimientos existentes en algunas regiones del noroeste de la península.

Hasta esos años las pizarra se explotaban en labores artesanales, cuya limitada producción era destinada a uso local, y excepcionalmente, para cubiertas de edificios notables.

Es en las provincias de Orense y León donde se encuentran los mayores yacimientos y extracciones activas de pizarras industriales. Estas explotaciones se realizan a cielo abierto, en grandes canteras con la utilización de maquinaria pesada y explosivos.

También en estos últimos años se han iniciado labores subterráneas, marcando una alternativa que puede ser viable en determinadas circunstancias geotécnicas del macizo rocoso.

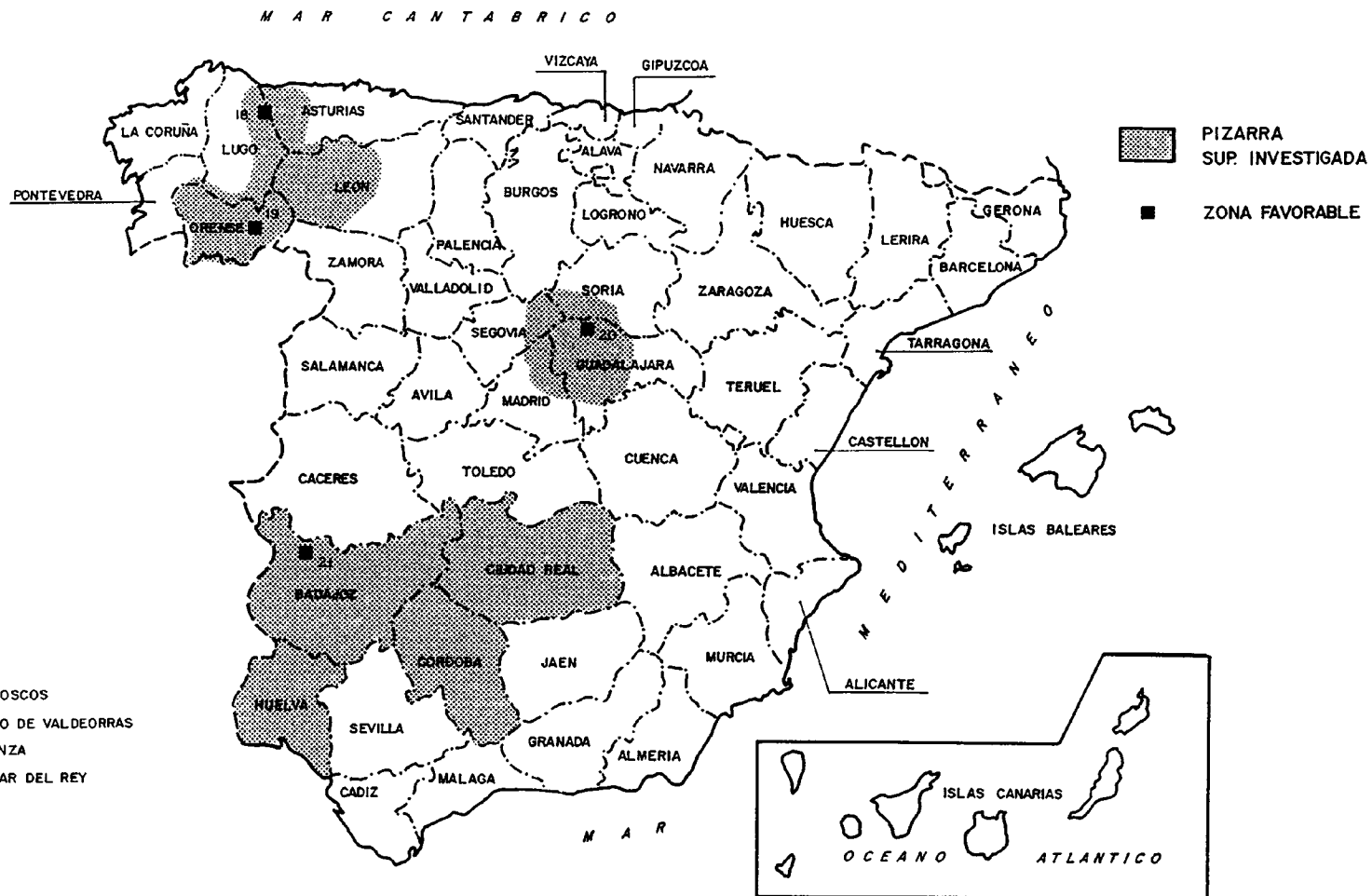


FIG. 6.3

El objetivo prioritario en las labores de extracción consiste en arrancar grandes bloques (rachones) de pizarra productiva que posteriormente deben ser transportados a los talleres próximos para su tratamiento.

Es en esos talleres donde se cortan los "rachones" en bloques menores, se labran las placas de pizarra que posteriormente se recortan con la forma y tamaños comerciales.

#### **6.2.1. Sistemas de arranque en canteras**

Los yacimientos objeto de explotación, en términos globales, se presentan en capas bastante plegadas e irregulares, con afloramientos visibles, en laderas, en fondos de valles o escarpes, que complican los esquemas teóricos de labores. Los sistemas de arranque de mayor utilización son los siguientes:

##### **1.- Arranque mediante perforación y voladuras controladas**

Después de unas labores cuidadosas de arranque tanto de los estériles del nivel de recubrimiento (Fig. 6.4.), como en la proporción del frente de cantera al objeto de no dañar los niveles de pizarras dada su fragilidad a los efectos dinámicos que originan las voladuras.

En el arranque del estéril suelen adoptarse esquemas de perforación amplios, con empleo de explosivo del tipo: GOMA 2 para la carga de fondo y anfo para la carga de columna.

El proceso a seguir en el arranque de la capa de pizarra, es muy similar en todos los casos, y está en función de las características de la capa, de su potencia y de su buzamiento (Fig. 6.5).

Si las condiciones son favorables, se diseña el arranque en tajos direccionales, descendentes, marcándose el tamaño de las bancadas.

En cada bancada y antes de cada operación, se estudia el volumen aproximado del bloque o rachón que se quiere extraer para lo que se diseña el adecuado esquema de perforación y voladuras.

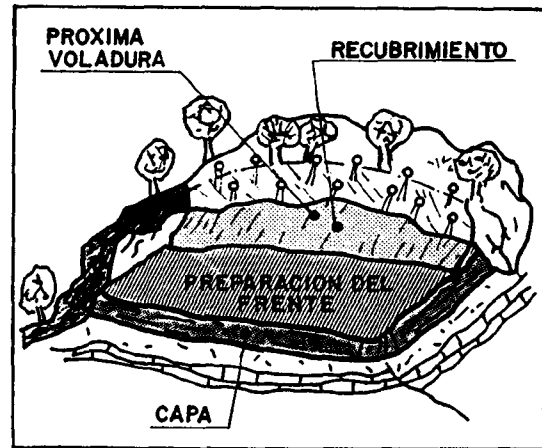


Fig. 6.4.

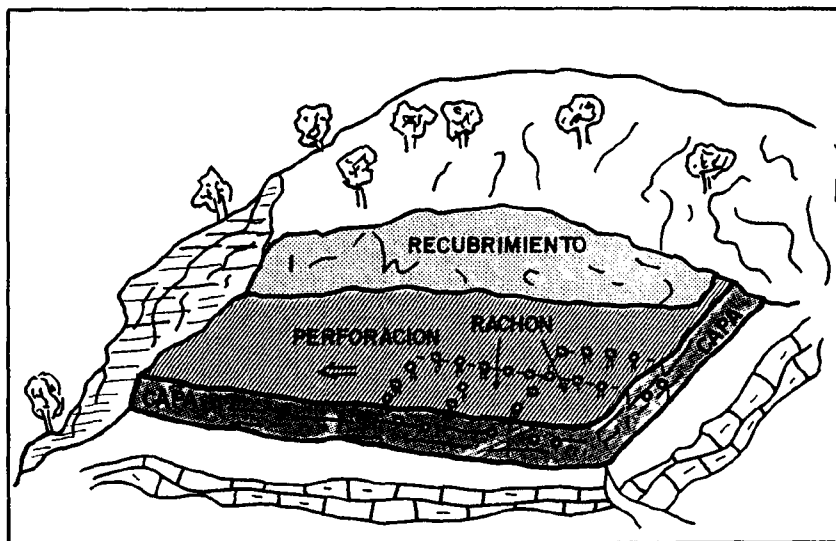


Fig. 6.5.

La perforación de estos barrenos debe realizarse sensiblemente perpendicular a los planos de foliación de la capa, con un pie de metro y un espaciamiento

adecuados. El despegue del bloque suele facilitarse con la ejecución de una o dos zapateras en la base.

Los explosivos más recomendados para estas voladuras son las pólvoras, y la mecha lenta.

El rendimiento obtenido mediante este proceso de arranque puede calificarse como bajo, si bien es rentable en bastantes casos, dado el alto precio de esta roca en el mercado, una vez elaborada. Puede estimarse un rendimiento final del producto de cantera, a producto elaborado, entre el 8-15%.

Puede también evaluarse entre un 50-70% del volumen extraído, lo que se produce de estériles de recubrimiento y roca no aprovechable.

## 2.- Arranque por medios mecánicos

En los casos de capas pizarrosas de escaso buzamiento, donde se suponen frentes uniformes y potentes, se vienen empleando medios mecánicos para el arranque de la roca como la cortadora de disco o la cortadora de brazo (Fig. 6.6).

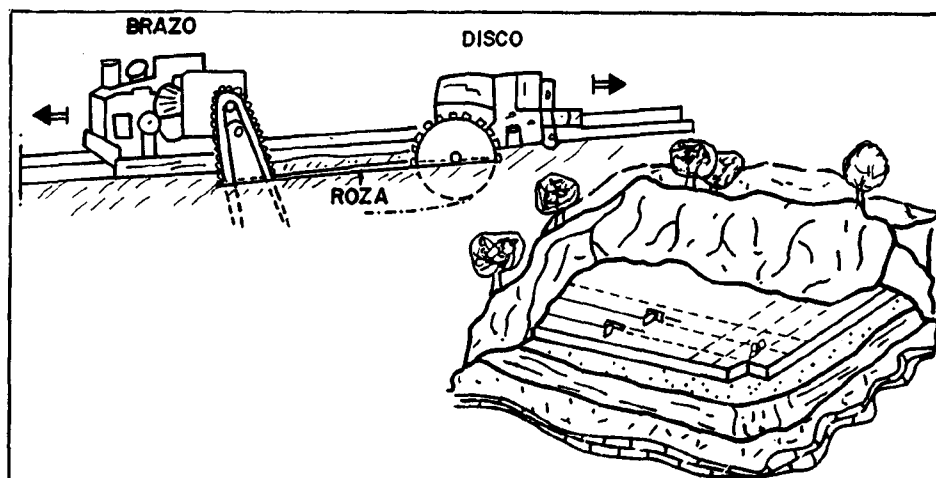


Fig. 6.6.



#### **\* CORTADORAS DE DISCO**

Son máquinas de motor eléctrico o diesel, de potencias aproximadas a los 65 KW, montadas sobre orugas, o raíles que llevan como elemento cortador un disco diamantado de 1,5-3 mm. El uso de este sistema permite obtener desde el principio los bloques sin necesidad de fases intermedias.

La movilidad y el giro del equipo le hacen apto para efectuar los cortes en varias direcciones.

Como ventajas deben señalarse:

- La obtención de bloques paralelepípedicos, con gran regularidad en sus aristas
- Unos frentes de explotación con escasas interferencias, entre los medios utilizados y el personal
- Unos rendimientos elevados, que pueden variar entre 5 y 8 m<sup>2</sup>/h
- Obtención de bloques, con tamaños hasta de 3 x 2 x 0,7 m.

Como inconvenientes, hay que señalar:

- La necesaria preparación del frente de trabajo.
- La limitación de la maniobra de corte a una pendiente menor a los 15°, condicionando su validez, a las capas que cumplen con este requisito.
- La altura de los bancos de explotación, está condicionada por el radio del disco.
- Las capas deben ser muy homogéneas
- Las dimensiones de los bloques a obtener resultan limitadas.

#### \* CORTADORA DE BRAZO

La rozadora consta básicamente de un brazo, móvil y orientable sobre el que se desplaza una cadena provista de picas o de elementos de corte. El dispositivo cortador o brazo mide de 1,5 a 3 m y la anchura de corte que produce es de unos 3-4 cm.

El sistema de accionamiento es electrohidráulico con potencias entre 10 y 60 KW, deslizándose todo el conjunto sobre carriles, en la dirección del corte, con velocidades de avance de 2 a 10 cm/min. Las pendientes máximas que admite se sitúan en torno a los 15°.

El material que constituye las picas, es carburo de tungsteno para materiales de baja resistencia y abrasividad, y compuestos diamantados cuando los valores de estos parámetros así lo aconsejan.

Los rendimientos horarios de corte con esta técnica, están comprendidos entre 4 y 10 m<sup>2</sup>/h.

Es frecuente la utilización de esta técnica en los cortes horizontales, en combinación con otros sistemas para los cortes verticales.

Dado que muchas pizarras son bastante abrasivas, los resultados obtenidos mediante cortadoras de disco dan mejores rendimientos que las de brazo.

De todas formas, sea cual fuere el modelo adoptado, acorde con las características del yacimiento debe tenderse a la utilización de los medios mecánicos por sus múltiples ventajas respecto al arranque con explosivos, si no se efectúan diseños correctos de los esquemas de perforación y voladuras.

En todos los casos, las labores de despegue de los bloques, tienen su complemento en la utilización de medios mecánicos como las palas cargadoras y las retroexcavadoras.

#### **6.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración**

Los bloques o rachones procedentes de las explotaciones se transportan a las naves para ser labrados, en un proceso que consta de las siguientes etapas:

- a.- Del bloque o rachón se obtienen por exfoliado sub-bloques de espesores de  $< 20$  cm.
- b.- Estos son aserrados para obtener prismas de dimensiones aproximadas de  $20 \times 25 \times 35$  cm.
- c.- Cada prisma se subdivide por las hiendas, en otros, de espesores 15 mm (aprox.).
- d.- Cada prisma de 15 mm, se exfolia en placas de 4-5 mm (aprox.).
- e.- Cada placa de 4-5 mm se lleva a las tijeras y le dan los tamaños comerciales:  $320 \times 200 \times 4$  mm;  $300 \times 220 \times 4$  mm, etc.

### 6.3. Situación actual del sector

#### 6.3.1. Producciones

Según datos estadísticos recogidos en el anuario de Piedras Naturales 1990/91, la producción de pizarras en nuestro país alcanzó en 1989 las 411.000 t, valoradas en 20.525 millones de pesetas. Los cuadros 6.1. y 6.8. recogen la evolución experimentada por este sector en la última década.

	AÑO								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>3</sup> t)	228	247	331	292	296	348	401	411	421
IMPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
EXPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	163	182	246	227	231	283	335	343	353
CONSUMO NAC.(x 10 <sup>3</sup> t)	65	65	65	65	65	65	66	68	68

Fuente (Anuario Piedras Naturales 89/90)

\* Datos estimados

**CUADRO 6.1.**

	AÑOS								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	6427	7151	10130	10781	11004	13394	17441	20525	23035
IMPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
EXPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	4595	5269	8013	8381	8588	10892	14571	17510	19837
CONSUMO NAC.(x 10 <sup>6</sup> Pts)	1832	1882	2117	2400	2416	2502	2870	3015	3198

Fuente (Anuario Piedras Naturales 89/90) \* Datos estimados

## CUADRO 6.2.

Como puede observarse de estos datos, la industria de la pizarra es un sector casi exclusivamente exportador, con porcentajes que varían entre el 70 y el 83 por ciento, según los años.

El número de empresas extractivas de pizarras, en el año 1988 era de 126, que daban empleo a unos 5500 trabajadores.

La infraestructura tecnológica es muy variable, con empresas que aplicaban en el arranque labores artesanales y presentaban un alto grado de vulnerabilidad hasta explotaciones consolidadas con tecnologías de vanguardia.

### 6.3.2. Ubicación y características básicas de las explotaciones de pizarras ornamentales

Con los datos extraídos del catálogo de Pizarras (ITGE) y el Anuario de Piedras Naturales 1990/91 (R. Maquinaria), se ha realizado el cuadro 6.3., donde a la variedad de pizarras que se explota, se incluye la provincia, el término

municipal, y las características de la cantera y de la masa rocosa cuando son conocidas.

Como síntesis general, las explotaciones de pizarras presentaban importantes movilizaciones de escombros, hasta conseguir el material de las características deseadas, lo que se traduce en ratios elevados y profundidades de hueco notables (60 - 100 m).

La estabilidad de las bancadas, en ocasiones se ve comprometida por los altos valores de sus taludes, las discontinuidades entre materiales, la presencia de agua, y en algún caso, a la forma de realizar el arranque.

En las proximidades de las explotaciones se suelen situar las industrias transformadoras del material extraído, las cuales también originan residuos pizarrosos.

En las zonas de altos valores pluviométricos, el riesgo de contaminación de las aguas superficiales es elevado dada la elevada cantidad de partículas finas que se originan, y por otra parte, a la no existencia de balsas de decantación, o mal funcionamiento de las mismas.

Como alteraciones ambientales, que también se producen, aunque con carácter local y discontinuo, pero que deben señalarse, son las derivadas de los trabajos de perforación, voladura, transporte y tratamiento en planta de las pizarras extraídas, que afectan al medio atmosférico, en su composición y ruidos, así como, a la vegetación existente en el entorno al depositarse en ella las partículas más finas.

CUADRO 6.3.- PIZARRAS ORNAMENTALES

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO.MUNICIPAL</u>	<u>POBLACION</u>	<u>PARAJE</u>	<u>ENCAUDRE GEOLOGICO</u>	<u>CARACTERISTICAS MAS DESTACABLES</u>
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	CASAYO	CASAYO	- Niveles superiores de las "Pizarras de Luarca" (Llanvirmiense-Llandelloiense) - Sinclinatorio de Truchas	- Color negro - Superficie lisa y homogénea - Pizarras para cubiertas, en ambientes con baja contaminación atmosférica
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS (CASTAÑEIRO)	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	CASAYO	CASTAÑEIRO	- Niveles de la formación "Pizarras de Luarca" (Llanvirmiense-Llandelliense) - Sinclinatorio de Truchas	- Color negro - Superficie lisa y homogénea - Pizarras para cubiertas, en ambientes con baja contaminación atmosférica - Punteado regular de minerales metálicos de forma redondeada ( 3 mm)
ORENSE	PIZARRA	CARBALLEDA DE	SOUTADOIRO	MORNEAU	- Pizarras de tramo inferior de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillliense) - Sinclinatorio de Truchas	- Color gris - Superficie lisa y homogénea - Punteado de minerales metálicos de pequeño tamaño ( 2 mm) - Pizarras para cubiertas, en todos los climas y condiciones atmosféricas
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS (ROZADAIS)	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	CASAYO	ROZADAIS	- Pizarras del tramo medio de la "Formación Agüeira" (Casadociense-Ashgillliense) - Sinclinatorio de Truchas	- Color negro - Superficie lisa con lineaciones - Frecuentes inclusiones de minerales metálicos, de formacúbica y pequeño tamaño - Pizarras para cubiertas, en ambientes con moderada contaminación atmosférica
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	LARDEIRA	Aº DE LOS	- Pizarras del tramo inferior de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillliense) - Sinclinatorio de Truchas	- Color gris - Superficie lisa con algunos nudos dis- persos. Punteado de minerales metálicos - Pizarras para cubiertas, en todos los climas y condiciones atmosféricas

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>POBLACION</u>	<u>PARAJE</u>	<u>ENCAUDRE GEOLOGICO</u>	<u>CARACTERISTICAS MAS DESTACABLES</u>
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS (DOMIZ)	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	DOMIZ	DOMIZ	- Pizarras del tramo medio de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillense) - Sinclinorio de Truchas	- Color gris - Superficie lisa y homogénea - No se observan inclusiones de minerales metálicos - Pizarras para cubiertas, en todos los climas y condiciones atmosféricas
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS	CARBALLEDA DE VALDEORRAS	LARDEIRA	VIANZOLA (R.Sotillo)	- Pizarras del tramo medio de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillense)	- Color gris - Superficie finamente estriada - Inclusiones de minerales metálicos de pequeños tamaño ( 3 mm)
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS (PENEDO RAYADO)	CARBALLEDA VALDEORRAS	CARBALLEDA	Mte. PENEDO RAYADO	- Pizarras del tramo medio de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillense)	- Color gris - Superficie ligeramente rugosa - Minerales metálicos, dispersos y de pequeño tamaño ( 2 mm) - Pizarras para cubiertas, en ambientes con baja contaminación atmosférica
ORENSE	PIZARRA VALDEORRAS (SAN VICENTE)	VILLAMARTIN DE VALDEORRAS	S.VICENTE LEIRA	S.VICENTE DE LEIRA	- Pizarras del Tremadociense - Flanco oriental del "Sinclinal del Sil" (Zona Asturoccidental-Leonesa)	- Color gris - Superficie ligeramente rugosa y estriada. Frecuentes inclusiones de minerales metálicos de pequeño tamaño ( 3 mm)
LEON	PIZARRA LA CABRERA	EL PUENTE DE DOMINGO FLOREZ	S.PEDRO DE TORRES	S.PEDRO DE TORRES	- Pizarras del tramo medio de la "Formación Agüeira" (Caradociense-Ashgillense) - Sinclinorio de Truchas - Zona Asturoccidental-Leonesa	- Color gris - Superficie lisa con lineaciones - Punteado de minerales metálicos, de forma cúbica ( 2 mm)



<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>POBLACION</u>	<u>PARAJE</u>	<u>ENCAUDRE GEOLOGICO</u>	<u>CARACTERISTICAS MAS DESTACABLES</u>
LA CORUÑA	PIZARRA MONTE RANDE	ORTIGUEIRA	ORTIGUEIRA ESPASANTE	MONTE RANDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras de Luearca (Llanvirmiese-Llandei-loiese)</li> <li>- Fanco occidental del Anti-clinorio del "Ollo de Sapo" (Zona Galaico-Castellana)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color gris</li> <li>- Superficie con algunas rugosidades</li> <li>- Inclusiones de minerales pequeños y dispersos</li> <li>- Pizarras para cubiertas, en todas las conciciones atmosféricas</li> </ul>
LEON	PIZARRA ALTO BIERZO (Anllares)	PARAMO DEL SIL	ANLLARES	ANLLARES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras de Luearca (Llanvirmiese-Lladeilioiese)</li> <li>- Dominio del Navia y Alto Sil (Zona Asturoccidental-Leonesa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color gris</li> <li>- Superficie algo rugosa</li> <li>- Inclusiones de minerales metálicos pequeños y dispersos</li> <li>- Pizarras para cubiertas en todas las condiciones atmosféricas</li> </ul>
LUGO	PIZARRA LOS OSCOS (Vilarchao)	FONSAGRADA	LAMAS DE CAMPO VILARCHAO	LAMAS DE CAMPO VILARCHAO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras de Luearca (Llanvirmiese-Llandei-loiese)</li> <li>- Dominio del Navia y Alto Sil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color gris</li> <li>- Superficie muy lisa</li> <li>- No se aprecian inclusiones de minerales metálicos</li> <li>- Pizarras para cubiertas, en todos los climas y condiciones atmosféricas</li> </ul>
ZANORA	PIZARRA "ALISTE"	S.VICENTE DE LA CABEZA	BERCIANOS DE ACSIITE	BERCIANOS DE ALISTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras del Ordovícico medio.</li> <li>- Sinclinal de Alcañices (Zona Galaico-Castellana)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color gris. Superficie lisa, con alineaciones, incluso minerales metálicos muy dispersos y de pequeño tamaño</li> <li>- Pizarras para cubiertas, en ambientes con baja contaminación atmosférica</li> </ul>
SEGOVIA	PIZARRA "BERNARDOS"	BERNARDOS	BERNARDOS	LAS CANTERAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras verdes de Bernardos (Precámbrico superior-Cámbrico Inferior-Complejo esquisto-grauvágénico)</li> <li>- Zona Galaico-Castellana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color gris-verdoso</li> <li>- Superficie rugosa. Inclusiones de minerales metálicos muy pequeños ( 2 mm)</li> <li>- Pizarras para dubiertas, placas de solado, revestimiento.</li> </ul>

<u>PROVINCIA</u>	<u>VARIEDAD</u>	<u>TNO. MUNICIPAL</u>	<u>POBLACION</u>	<u>PARAJE</u>	<u>ENCAUDRE GEOLOGICO</u>	<u>CARACTERISTICAS MAS DESTACABLES</u>
BADAJOS	PIZARRA VILLAR DEL REY	VILLAR DEL REY	VILLAR DEL REY	LA PIZARRERA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paleozoico Inferior</li> <li>- Flanco Sur del Sincli-</li> <li>- Sao Marmada-La Codosera (Zona OSSA-MORENA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color negro</li> <li>- Superficie muy lisa y homogénea</li> <li>- Inclusiones de minerales metálicos de pequeño tamaño</li> <li>- Pizarras para cubiertas, en ambientes con baja contaminación atmosférica</li> </ul>
HUELVA	PIZARRA VERDE CORONADA	CALAÑAS	CALAÑAS		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pizarras con sericita, dorita, cuarzo, mosco- vita y feldespato, turma- lina y minerales opacos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Color verde grisáceo</li> <li>- Superficie ligeramente rugosa</li> <li>- Frecuentes inclusiones de minerales metálicos</li> <li>- Pizarras para cubiertas, solados y re- vestimientos. Apta para cualquier condi- ciones atmosféricas.</li> </ul>

#### **6.4. Estructuras residuales. Valoración Ambiental**

Su estudio, según los criterios expuestos en el apartado 3 se han llevado a cabo diferenciando las zonas siguientes: (ver fig. 3.2).

- ZONA 1.- Provincias: León, Lugo, Orense, Zamora
- ZONA 2.- Provincias: Pontevedra, Coruña, Lugo
- ZONA 3.- Provincias: Badajoz
- ZONA 4.- Provincias: Segovia

La muestra elegida, en todos los casos corresponde a las fichas existentes en cada zona, en el Banco informatizado del Inventario de Balsas y Escombreras.

##### **6.4.1. Zona 1.- León, Lugo, Orense, Zamora**

De acuerdo con los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vértederos, y el porcentaje de residuos de las explotaciones de pizarra se rezumen en el cuadro 6.4.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E.B.M.	VOLUMEN TOTAL DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	PIZARRA		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (M <sup>3</sup> )	Nº DE ESTURCTURAS	PORCENTAJE
ORENSE	E	7.560.405	6.478.050	244	85,6
	B	736.470	61.000	5	8,2
	M	224.500	118.000	4	52,0
ZAMORA	E	880.460	83.000	13	9,4
		40.560			
LUGO	E	3.751.150	615.000	39	16,4
	B	4.664.150			
	M	150.000	150.000	1	100,0
LEON	E	889.695.094	2.415.500	84	0,27
	B	941.871	400	8	0,042
	M	415.800		1	

E = Escombreras, B = Balsas, M = Mixtas

#### CUADRO 6.4.

El tamaño de la muestra de estudio es de 241 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

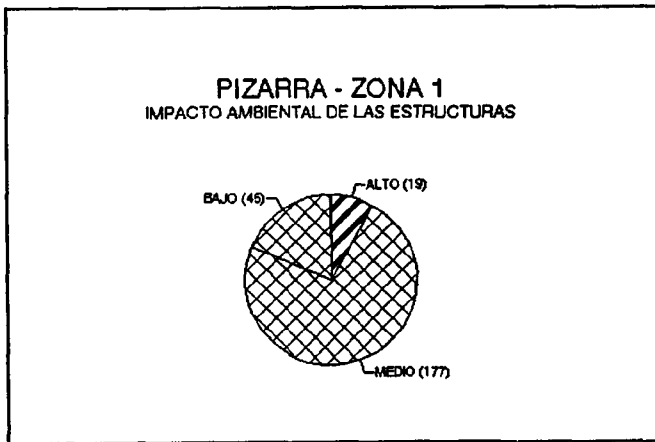


Gráfico 1.1.

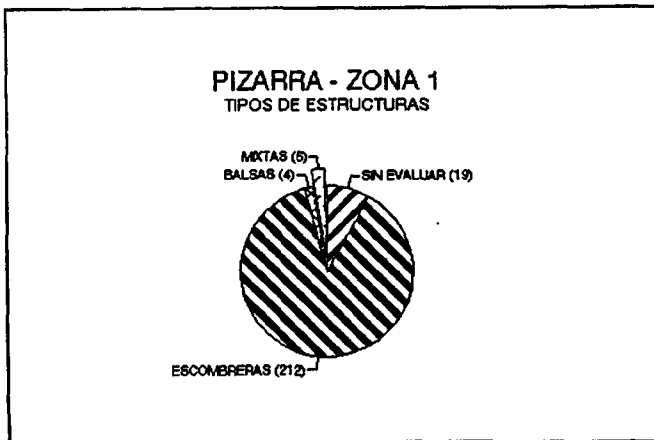


Gráfico 1.2.

Gráfico 1.3.

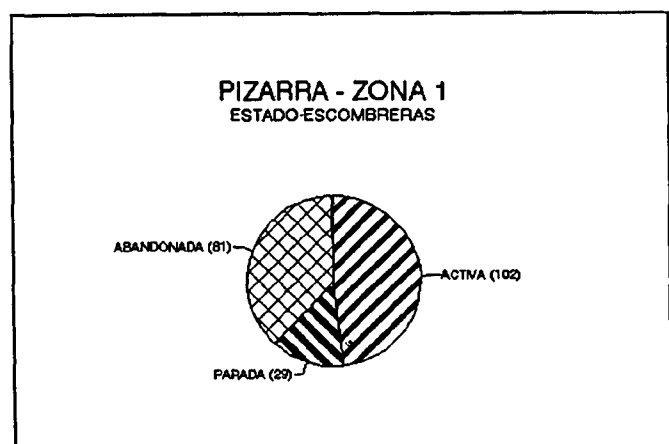


Gráfico 1.4.

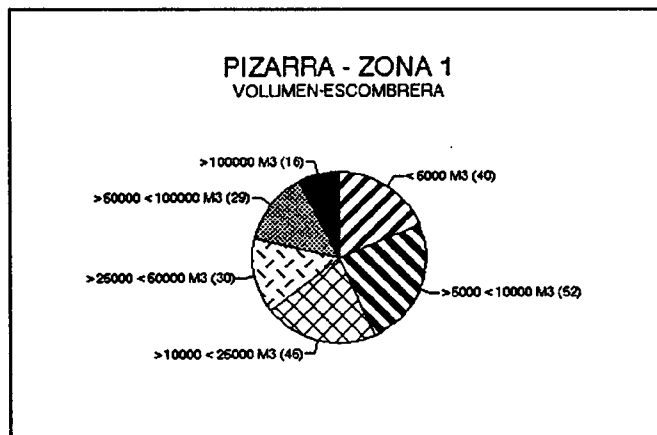


Gráfico 1.5.

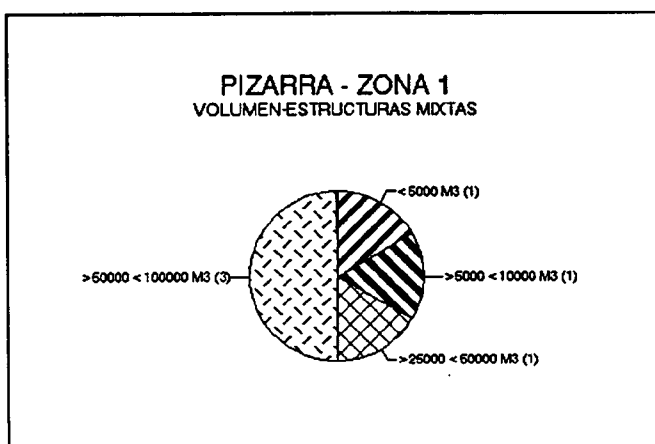
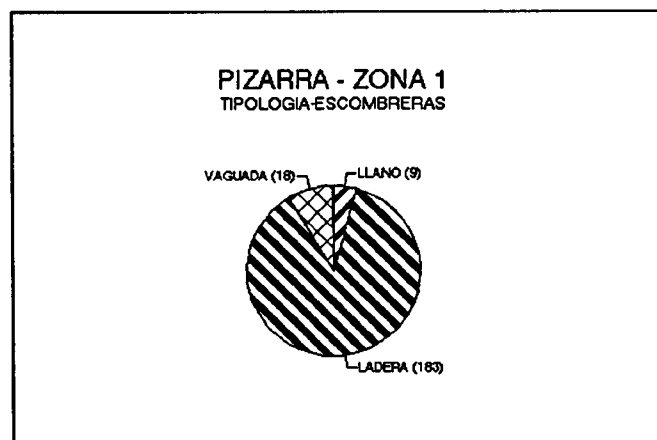


Gráfico 1.6.

Gráfico 1.7.

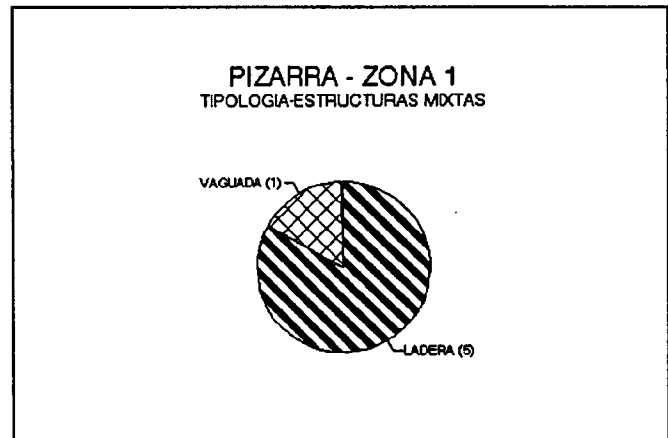


Gráfico 1.8.

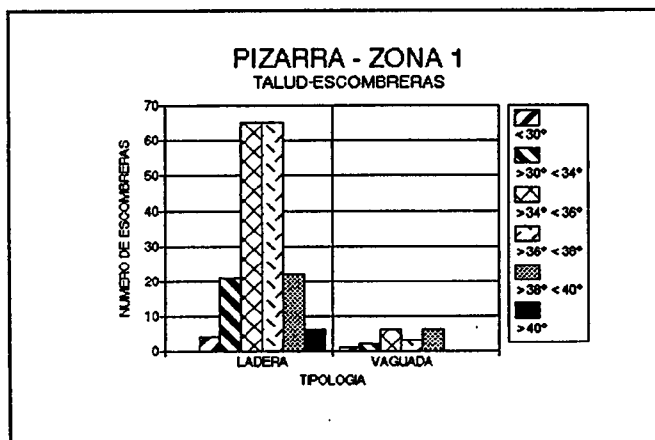
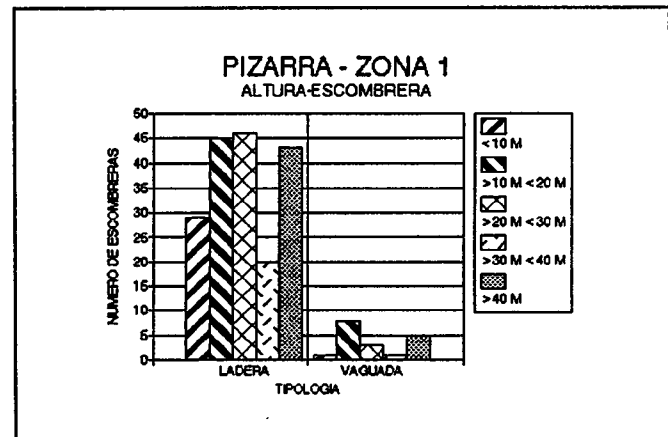


Gráfico 1.9

Gráfico 1.10.

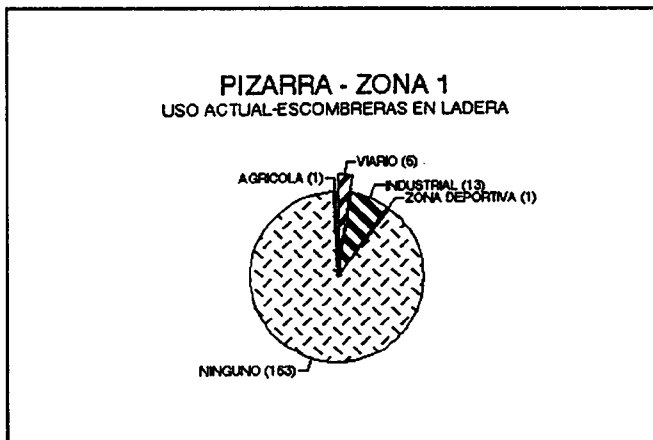
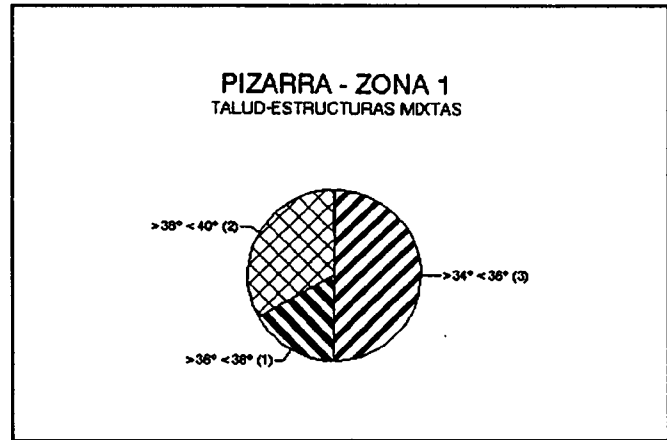


Gráfico 1.11.

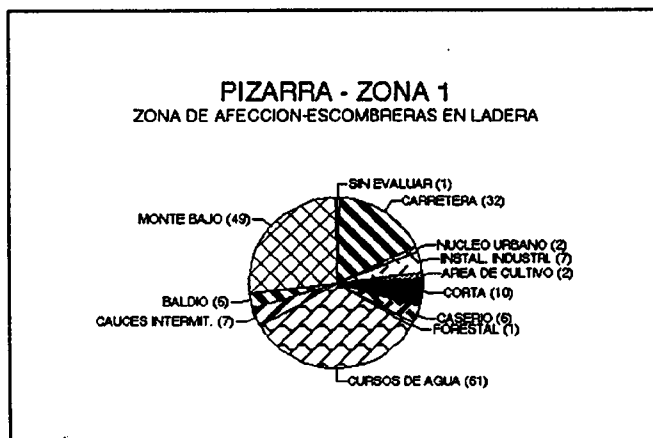


Gráfico 1.12.



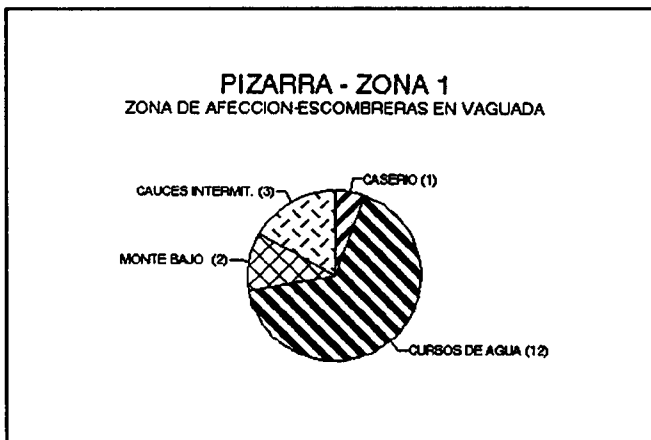


Gráfico 1.13.

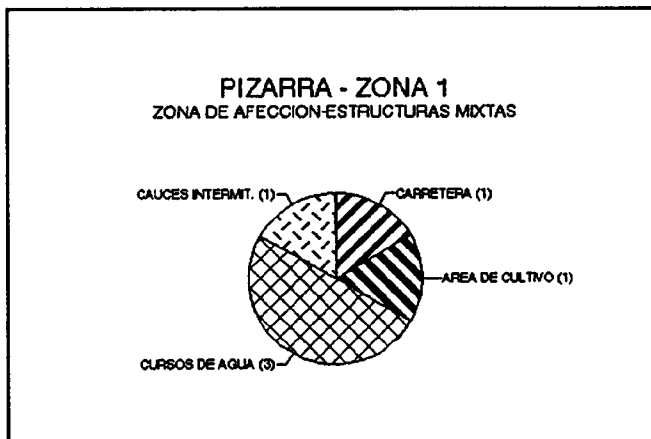


Gráfico 1.14.

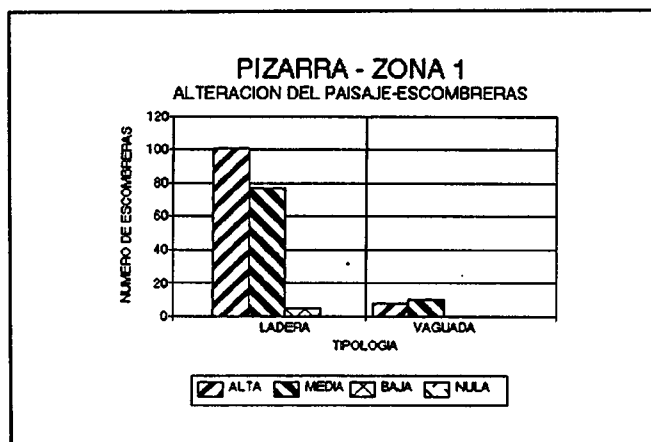


Gráfico 1.15.

Gráfico 1.16.

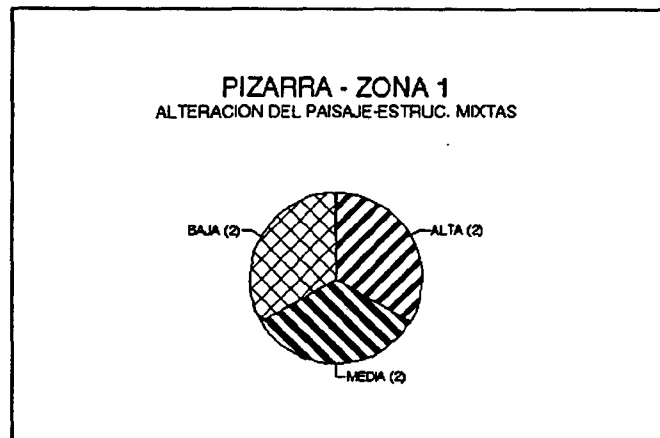


Gráfico 1.17.

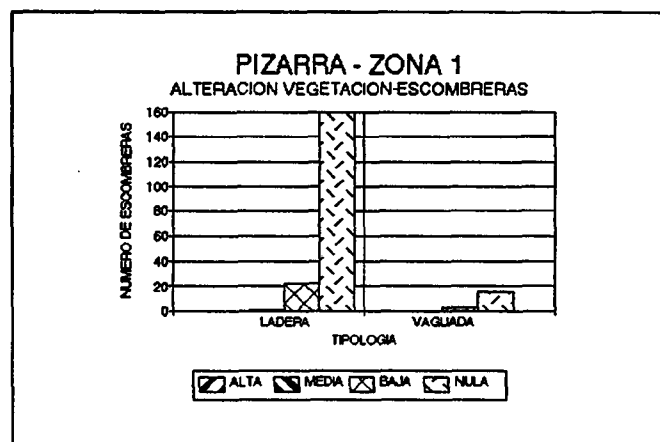
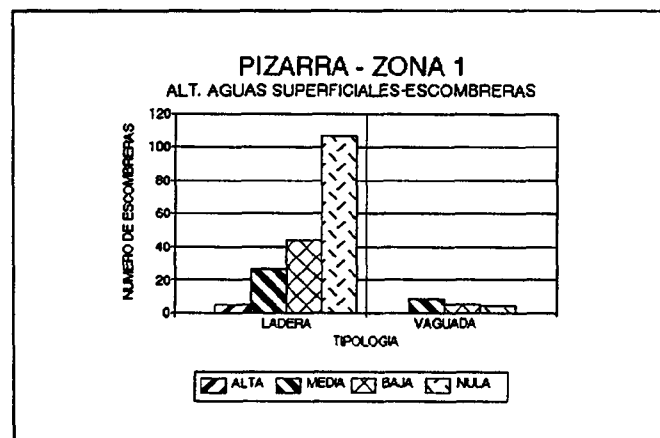


Gráfico 1.18.



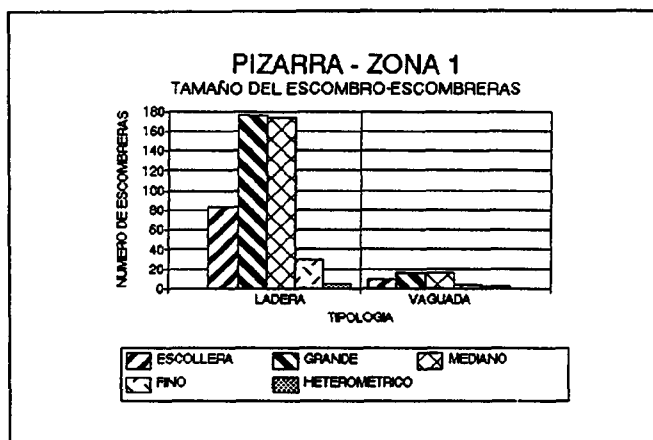


Gráfico 1.19.

Gráfico 1.20.

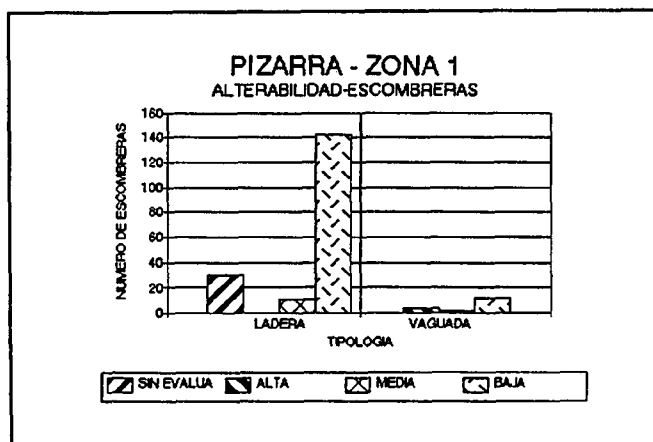
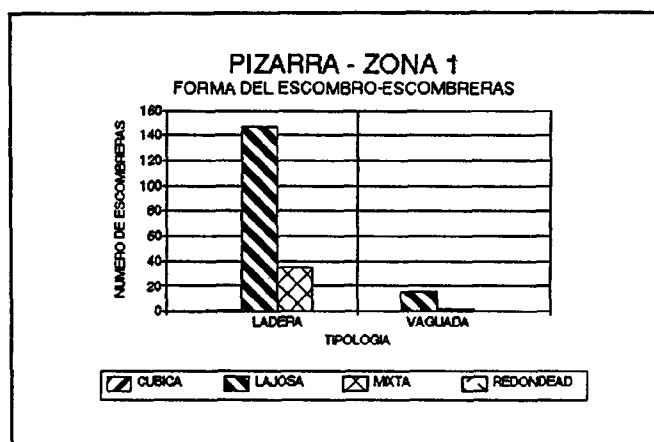


Gráfico 1.21.

Gráfico 1.22.

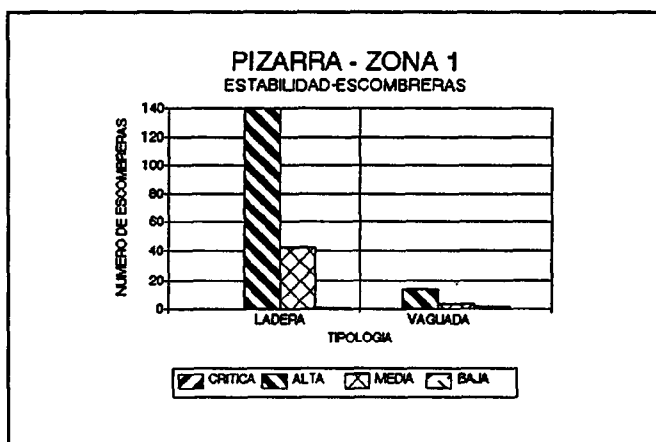
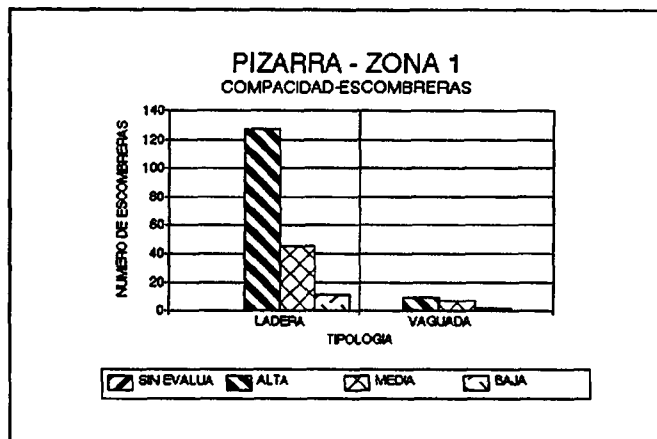
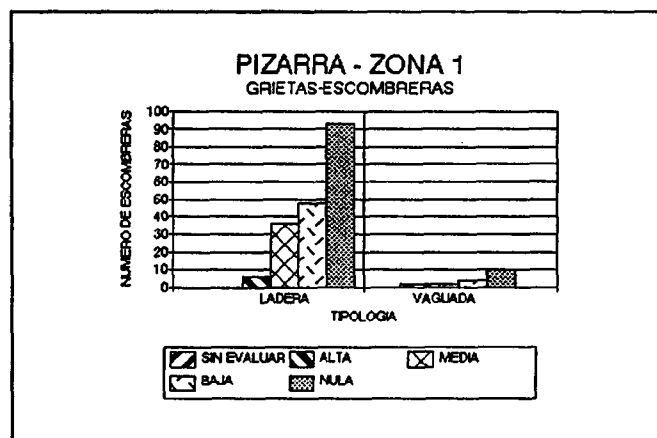


Gráfico 1.23.

Gráfico 1.24.



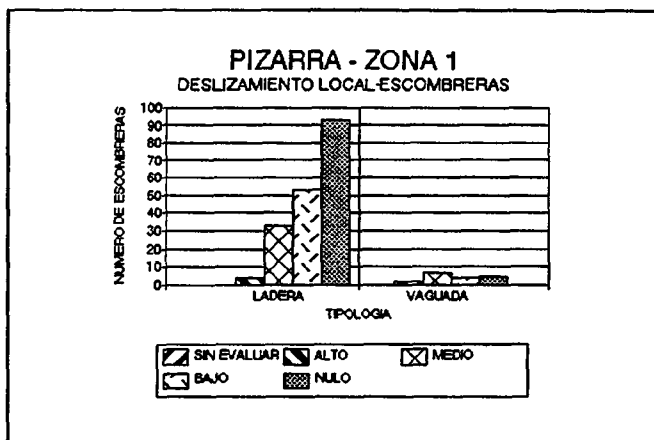


Gráfico 1.25.

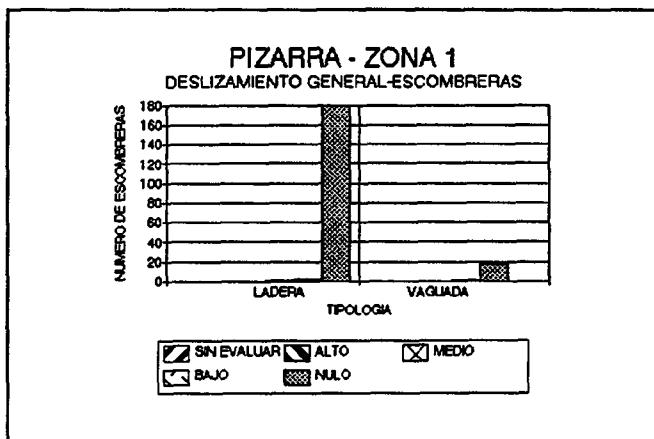


Gráfico 1.26.

Gráfico 1.27.

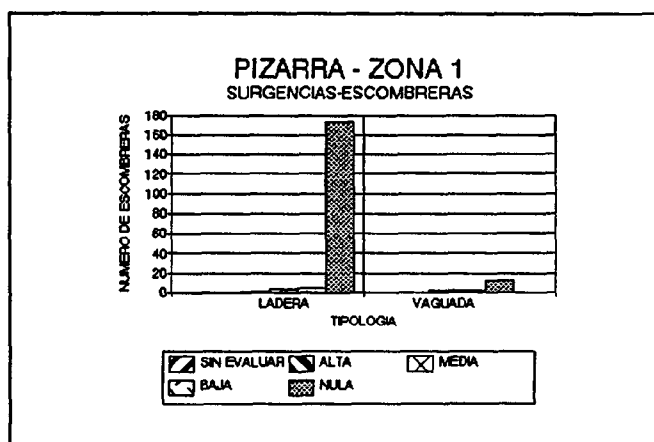


Gráfico 1.28.

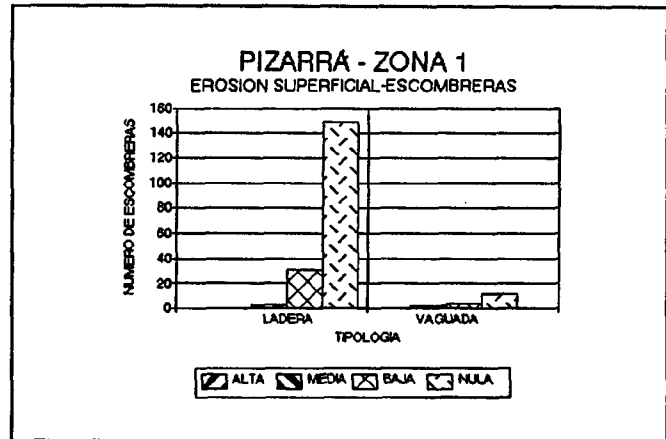


Gráfico 1.29.

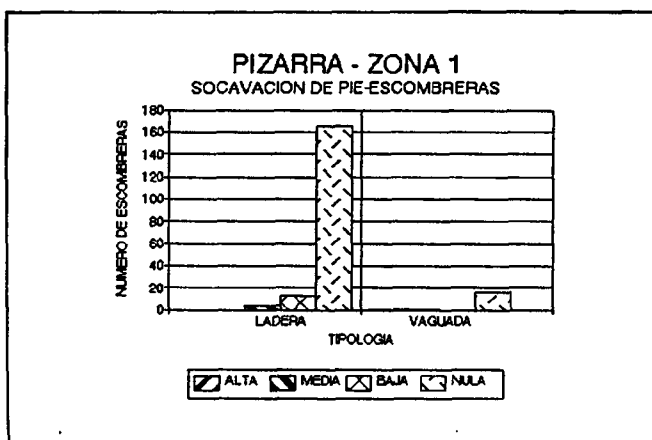
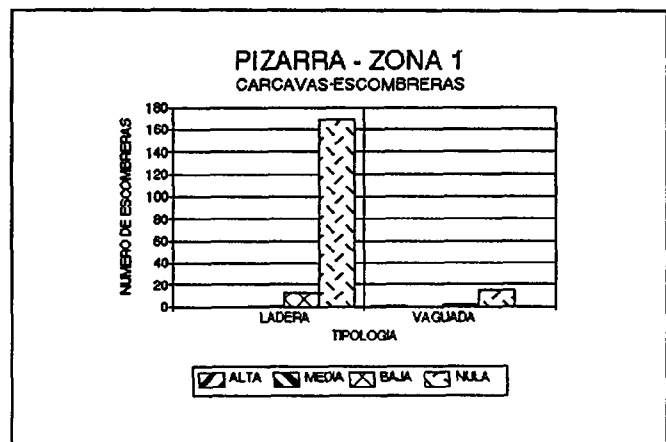


Gráfico 1.30.

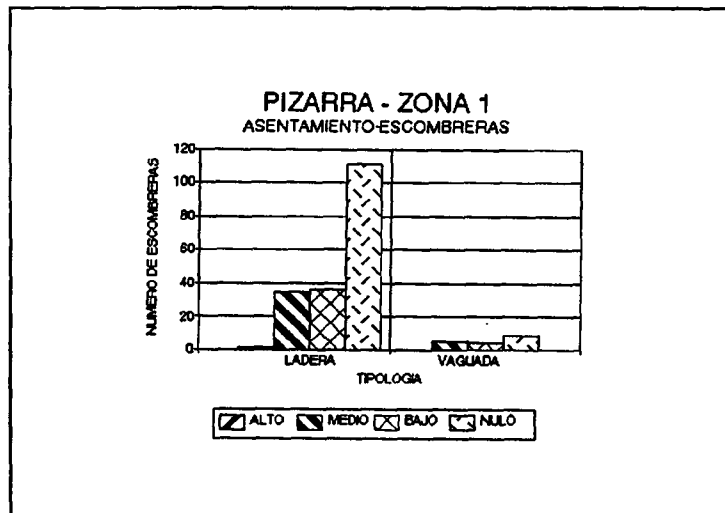


Gráfico 1.31.

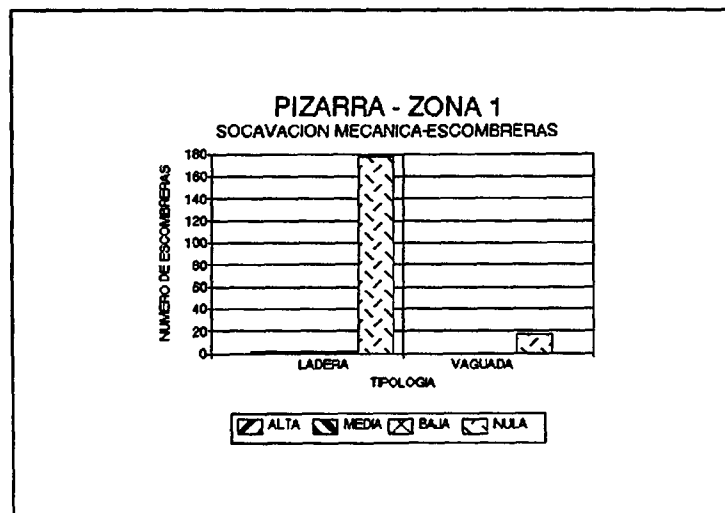


Gráfico 1.32.

#### 6.4.2. Zona 2.- Pontevedra, Coruña, Lugo

Conforme a los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el número de vertederos, y el porcentaje de residuos de las explotaciones de pizarra se resumen en el cuadro 6.5.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E.B.M.	VOLUMEN TOTAL DE RESIDUOS (m³)	PIZARRA		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (M³)	Nº DE ESTURCTURAS	PORCENTAJE
PONTEVEDRA	E	631.500	10.500	5	1,6
	B	63.530	200	2	0,31
	M	36.000			
CORUÑA	E	329.748.350	100.000	5	0,03
	B	18.458.300			
	M	202.000			
LUGO	E	3.751.150	400.000	27	10,6
	B	4.664.150			
	M	150.300			

E = Escombreras, B = Balsas, M = Mixtas

**CUADRO 6.5.**

El tamaño de la muestra de estudio está constituida por 36 fichas correspondientes a las estructuras residuales de esta zona.

El estudio realizado se resume en los siguientes gráficos.



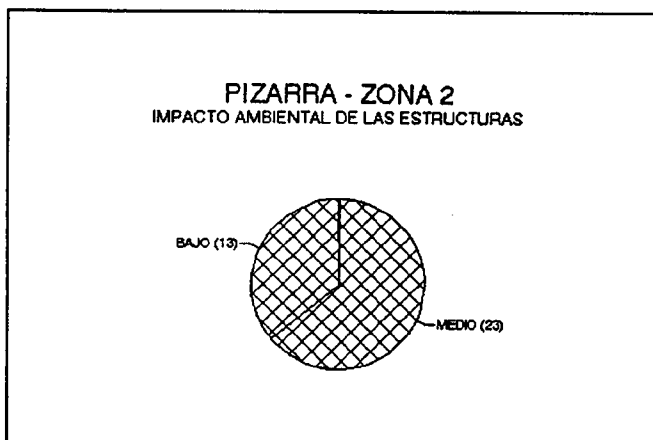


Gráfico 2.1.

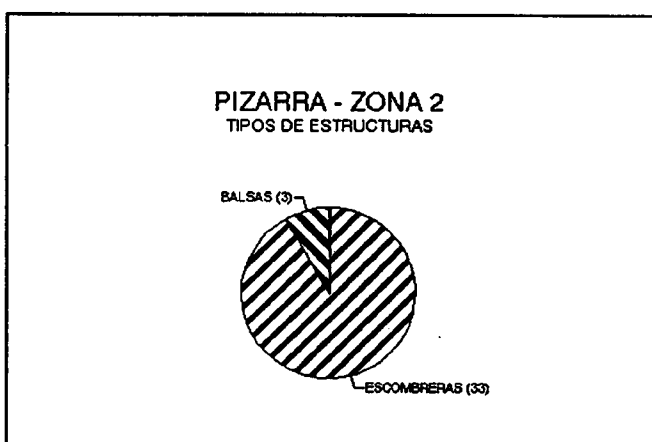


Gráfico 2.2.

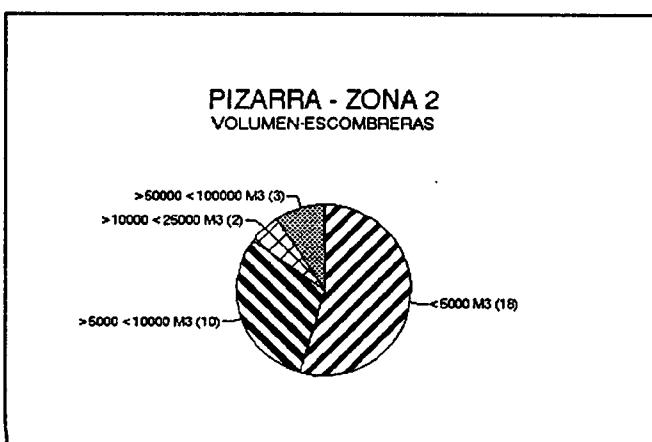


Gráfico 2.3.

Gráfico 2.4.

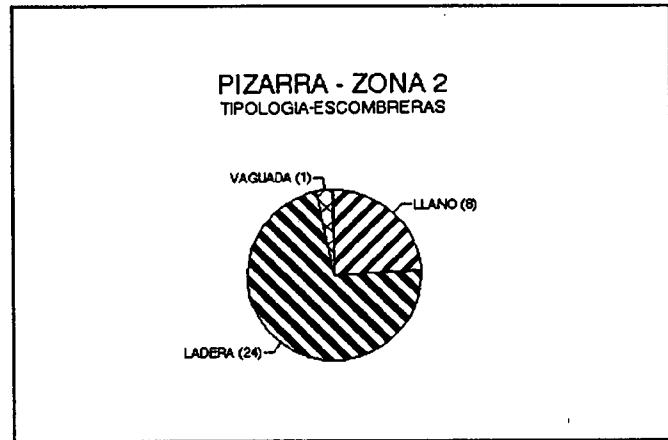


Gráfico 2.5.

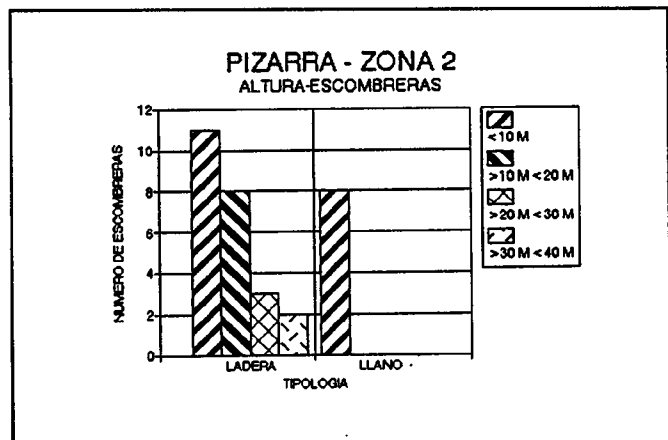
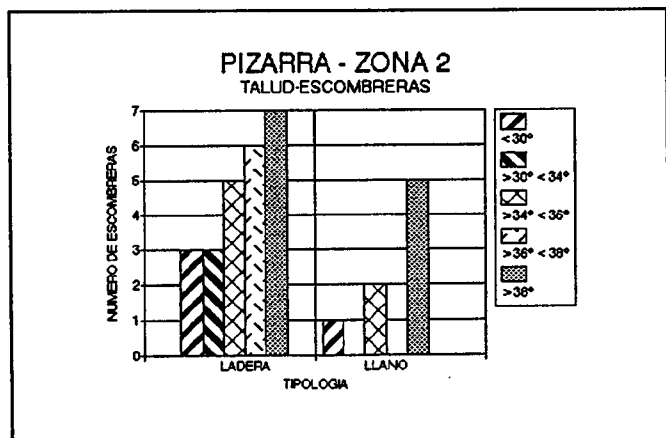


Gráfico 2.6.



PIZARRA - ZONA 2  
ZONA DE AFECCION-ESCOMBRERAS EN LADERA

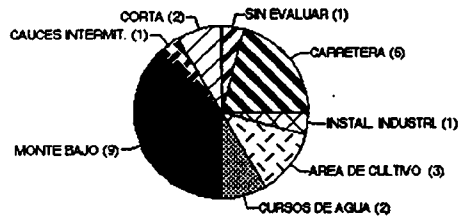


Gráfico 2.7.

Gráfico 2.8.

PIZARRA - ZONA 2  
ZONA DE AFECCION-ESCOMBRERAS EN LLANO

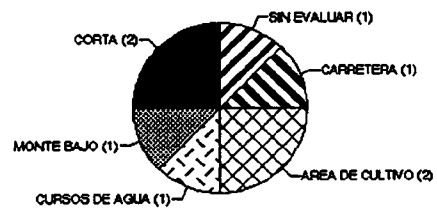


Gráfico 2.9.

PIZARRA - ZONA 2  
ALTERACION DEL PAISAJE-ESCOMBRERAS

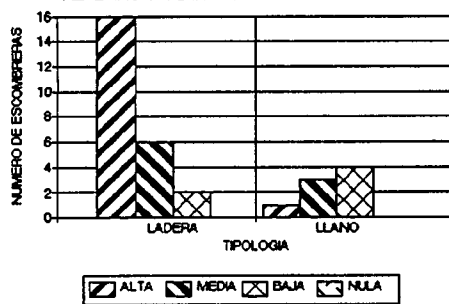


Gráfico 2.10.

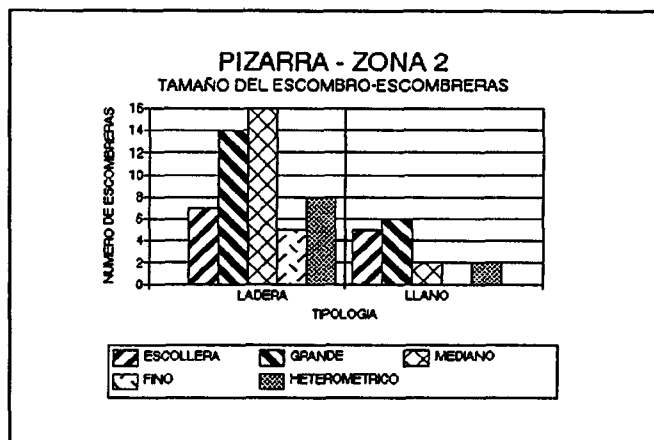


Gráfico 2.11.

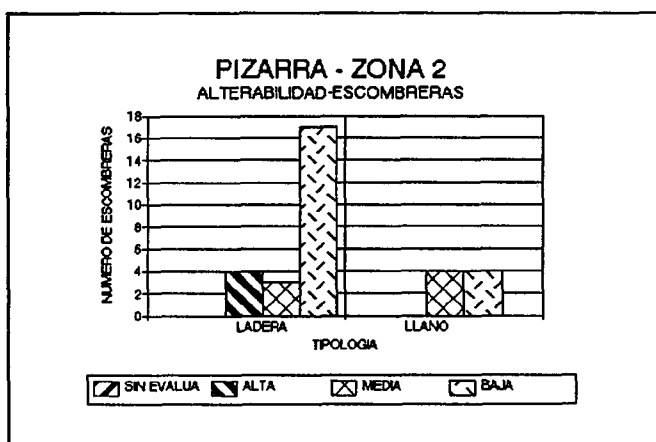
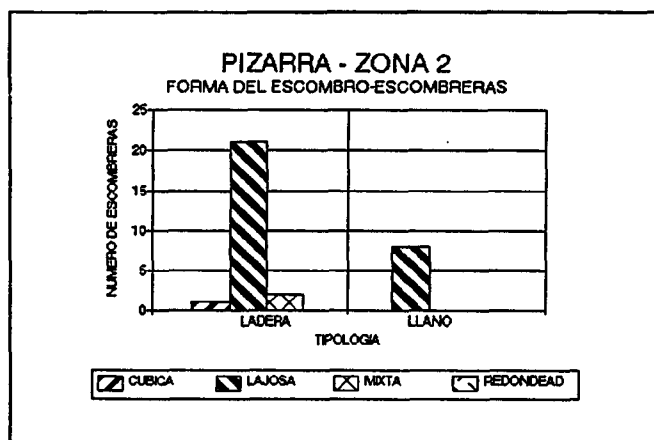


Gráfico 2.12.

Gráfico 2.13.

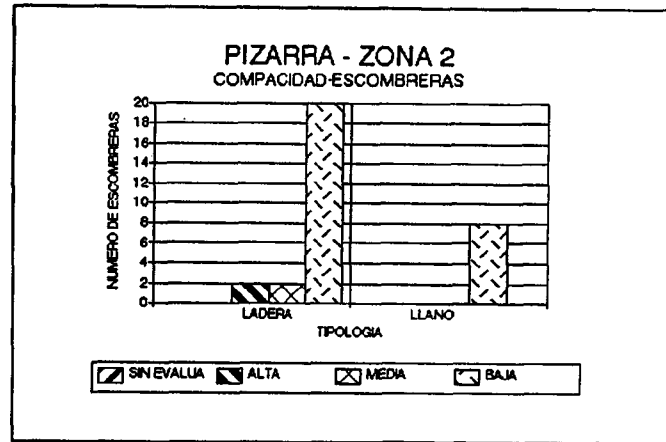


Gráfico 2.14.

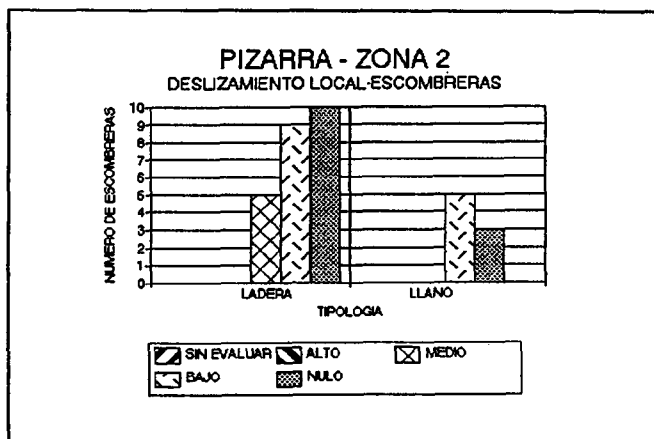
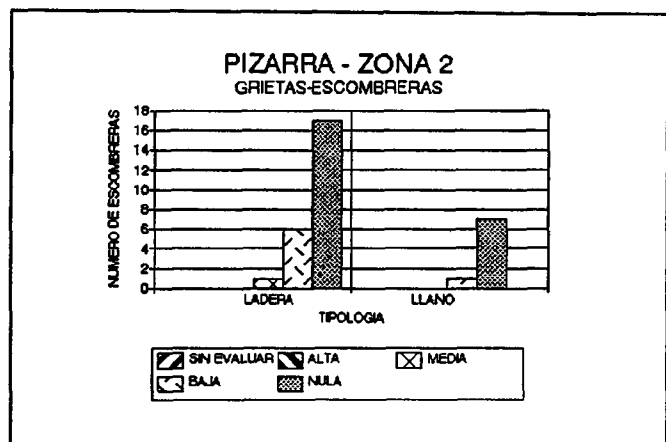


Gráfico 2.15.

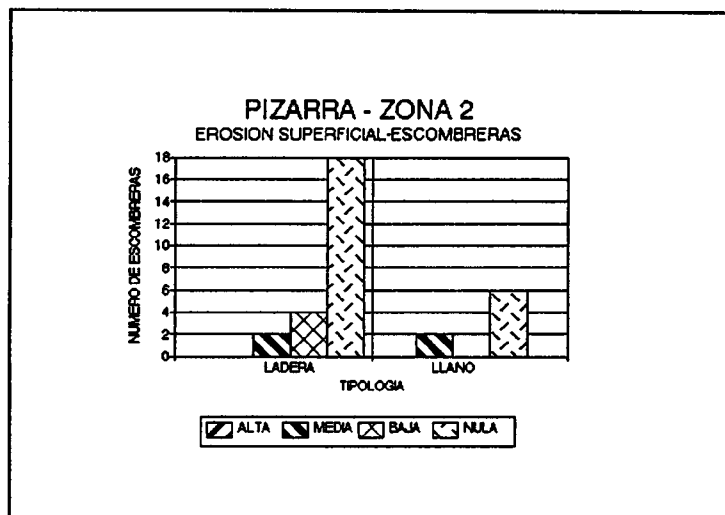


Gráfico 2.16.

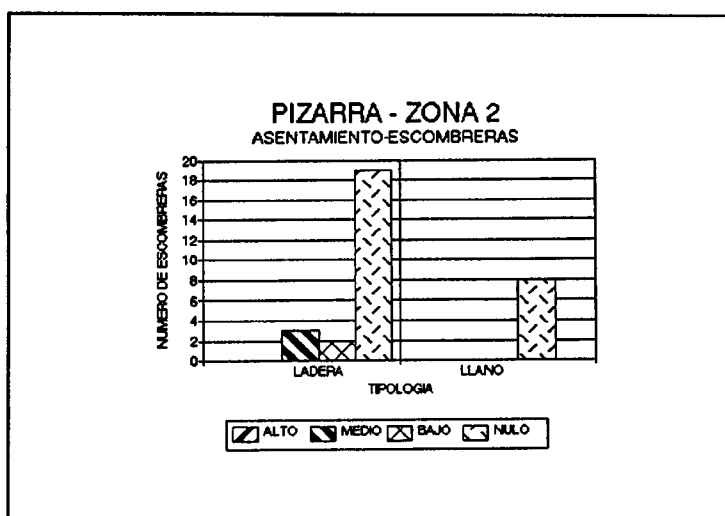


Gráfico 2.17.

### 6.4.3. Zona 3.- Badajoz

Conforme a los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el n° de vertederos y el porcentaje de residuos de las explotaciones de pizarra se resumen en el cuadro 6.6.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E.B.M.	VOLUMEN TOTAL DE RESIDUOS (m³)	PIZARRA		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (M³)	Nº DE ESTURCTURAS	PORCENTAJE
BADAJOZ	E B M	12.921.615 988.200 1.403.000	1.230.500	5	9,5

E = Escombreras, B = Balsas, M = Mixtas

**CUADRO 6.6.**

Por ser tan reducida la muestra de esta zona, no se han elaborado gráficos, aunque sí se ha realizado la valoración de algunos parámetros. Las 3 estructuras encontradas son escombreras, y presentan un impacto ambiental medio-bajo. Dos de ellas están en estado parado y una en actividad.

El tamaño de la muestra de estudio es de 3 fichas.

#### 6.4.4. Zona 4.- Segovia

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos y el porcentaje de residuos de las explotaciones de pizarra se resumen en el cuadro 6.7.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E.B.M.	VOLUMEN TOTAL DE RESIDUOS (m³)	PIZARRA		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (M³)	Nº DE ESTURCTURAS	PORCENTAJE
SEGOVIA	E B	696.180 80	521.700 80	7 2	74,9 62,5

E = Escombreras, B = Balsas, M = Mixtas

**CUADRO 6.7.**

El tamaño de la muestra de estudio lo componen 9 fichas de estructuras residuales, catalogadas en esa zona.

Las conclusiones del estudio elaborado se resumen en los gráficos 4.1. al 4.6.



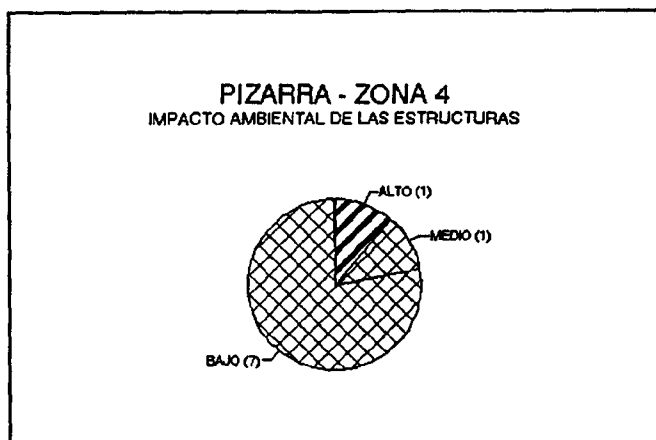


Gráfico 4.1.

Gráfico 4.2.

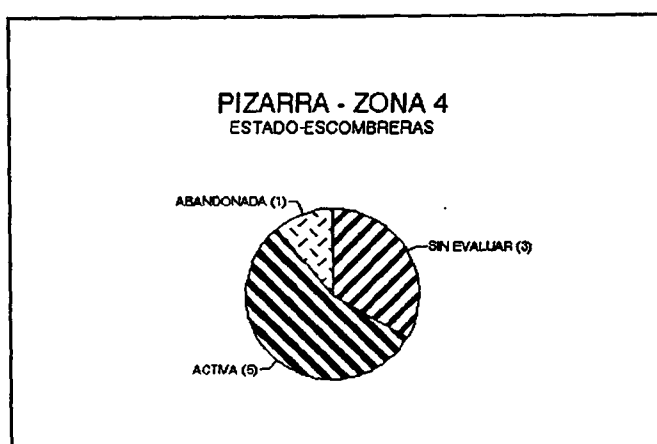
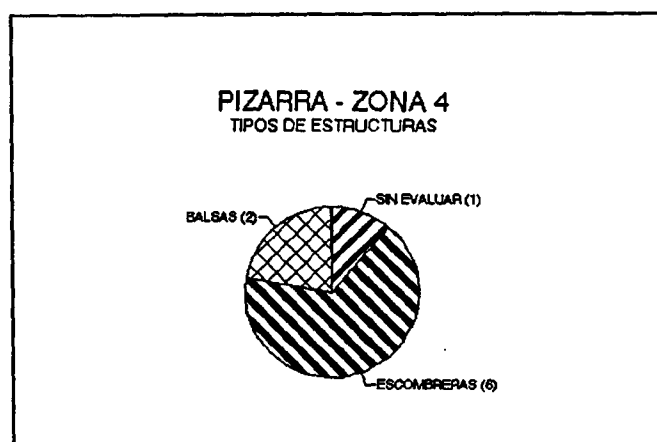


Gráfico 4.3.

Gráfico 4.4.

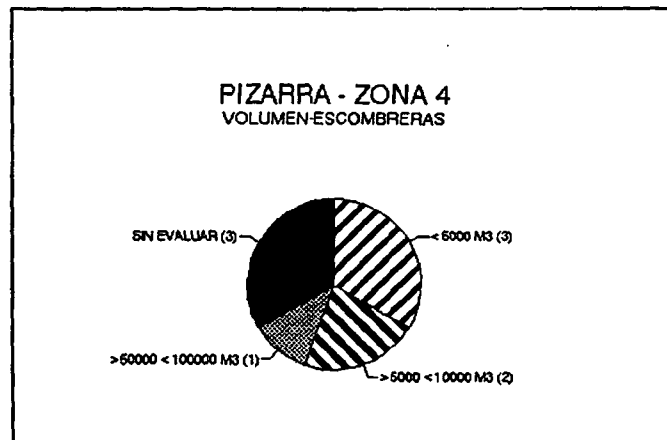


Gráfico 4.5.

Gráfico 4.6.



## **7. MARMOLES**

Desde una prospectiva puramente comercial, la denominación de "marmol", se ha extendido a algunas calizas de estructura semicristalizada, y a otras rocas que con escaso contenido en carbonato cálcico, tienen cierta semejanza con los mármoles, y que también pueden pulirse y adquirir cierto brillo.

Y son precisamente los minerales secundarios, como el óxido de manganeso, los sulfuro de hierro, los silicatos de aluminio, etc,... los que confieren a los mármoles, sus distintas variedades, de las que también dependen sus características tecnológicas.

Está aceptado, clasificar a los mármoles según su aspecto estético, fundamentalmente de color, cualidad por la que adquieren un mayor o menor valor comercial. Así se agrupan en:

- 1.- Mármoles blancos.
- 2.- Mármoles de color (de uno o varios colores).
- 3.- Otros mármoles (como travertinos, ...., etc.).

### **7.1. Ambito Geológico, Variedades**

Los afloramientos de este sector de rocas ornamentales en la Península Ibérica, pueden agruparse en tres unidades estructurales básicas:

- Dominio hercínico.
- Dominio de plataforma y cordilleras de tipo intermedio.
- Dominio alpino.

Desde el punto de vista estratigráfico los materiales calcáreos ornamentales aparecen distribuidos por terrenos de muy diversas Edades, desde el Precámbrico al Plioceno, aunque las mayores reservas se encuentran en el Eoceno.

Los mármoles propiamente dichos están situados en el Precámbrico y en el Trias Alpino, encontrándose las calizas marmóreas, los travertinos, las falsas agatas, etc, en el Cámbrico, el Carbonífero, el Devónico, el Jurásico, el Cretácico, el Eoceno, el Mioceno y el Plioceno.

Las formaciones calcáreas se distribuyen por casi todo el país, sin embargo las zonas geográficas y geológicas que presentan un interés comercial actual o futuro, son más reducidas. Para su estudio se agrupan en: (fig. 7.1.)

- 1.- Zona vaco-navarra.
- 2.- Zona levantina.
- 3.- Zona catalana.
- 4.- Zona bética.
- 5.- Zona sudoeste

#### 1.- Zona vasco-navarra

Geográficamente comprenden las provincias de Guipúzcoa, Navarra y Vizcaya, mientras que geológicamente está dentro de la Cordillera Vasco-Cantábrica y los Pirineos. Los macizos rocosos que se explotan corresponden a calizas arrecifales Cretácicas y algunas calizas Eocenas. Los mármoles de esta zona se extraen en diversos puntos como: Iciar, Deva, Rentería, en Guipúzcoa; Durango, Guernica, Mañaria, Markina en Vizcaya y en Baztán, Erasun, Almanzor, Santesteban, etc., en Navarra.

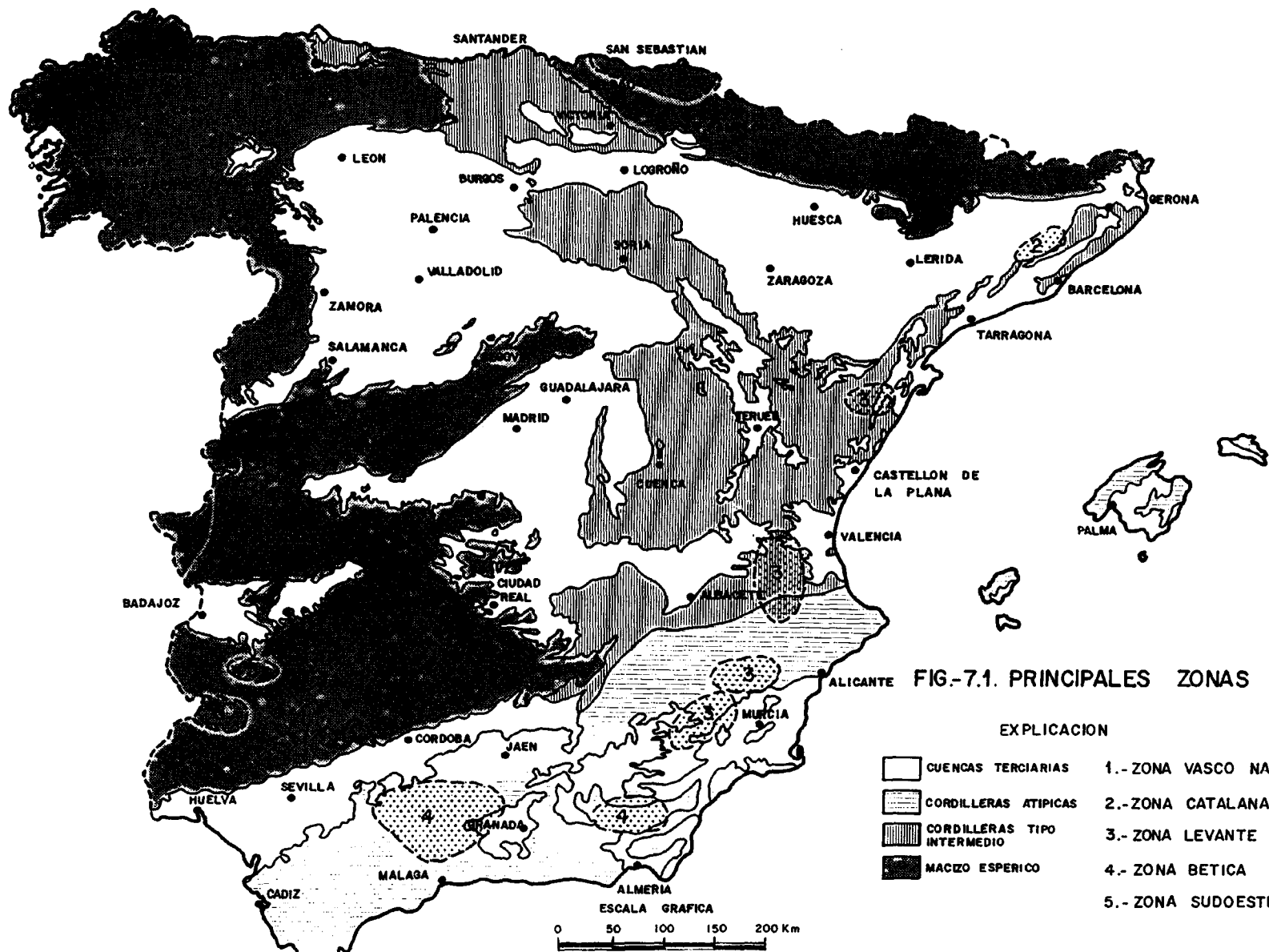


FIG.-7.1. PRINCIPALES ZONAS MARMOREAS

Las variedades más importantes son el Negro Markina, Rojo Ereño o Bilbao, Gris Deba, Rojo Bidasoa, Rosa y Gris Duquesa, Rosa y Gris Paloma, etc.

## 2.- Zona levantina

Geográficamente está situada en las provincias de Castellón, Valencia, Alicante y Murcia y geológicamente forma parte de la Cordillera Ibérica y parte de la Bética. De Edad terciaria-Eoceno y Mioceno, principalmente, son algunas calizas y travertinos más o menos recristalizados. Correspondientes al Jurásico, se explotan distintos tipos de calizas y dolomías, así como algunos Cuaternarios brechoides. Los mármoles de esta zona se extraen en Chert, Vinaroz, Buñol, Barcheta, Cuatretonda, La Romana, Novelda, Aspe, Piñoso, Lorca, Cehegin, Bullas, Abanilla, etc.

Esta zona es muy rica en variedades, siendo las más conocidas a nivel comercial las siguientes: Crema Emperador, Crema Marfil, Rojo y Gris Cehegin, Roco Coralito, Rosa Zarci, Rojo Alicante, Crema Buixcarró, etc.

## 3.- Zona Catalana

Geográficamente está situada en la provincia de Barcelona y su formación tuvo como origen la sedimentación de la Depresión del Ebro.

Los mármoles de esta zona tienen una textura muy fina con abundantes incrustaciones de fósiles, siendo su coloración bastante uniforme y de colores gris. Se extraen en diversos puntos como, Vilar, San Vicente de Castellet, Manresa, etc.

Las variedades más importantes son los Grises de Gerona y Amer, la denominada caliza de San Vicente y el Crema Uldecona (Tarragona).

#### 4.- Zona bética

Geográficamente comprende parte de las provincias de Almería, Granada, Córdoba y Sevilla y geológicamente está situada en la Cordillera Bética. Los mármoles se encuentran siempre entre series de micaesquistos y calcoesquistos en la zona de Almería.

En esta zona se encuentra el yacimiento de mármol más importante de España, tanto por su potencia como por su calidad: Macael. También existen otros puntos como, Albox, Lijar, Chercos, Cobdar, Gilena, Antequera, Carcabuey, Gorox, etc.

Las variedades más importantes son el Blanco Almería o Macael, el Bronceado Sierra Elvira, Crema Loja, Blanco y Crema Cabra, Rojo Carcabuey, Marrón Imperial, Crema Capri, Crema Gilena, etc.

Del Jurásico, son los yacimientos de rocas calcáreas denominados falsas ágatas o anix calcáreos. Los principales yacimientos se encuentran situados en las Sierras de Parapanda y Madrid (Granada).

#### 5.- Zona sudoeste

Geográficamente está situada en las provincias de Huelva y Badajoz y su formación tuvo origen en sedimentos precipitados e intrusiones volcánicas.

La coloración de los mármoles de esta zona va de los blancos a los grises, pasando por los rosáceos, verdes, etc.

Se extraen en alconera, Burguillos del Cerro, Zafra, Maimona, Aroche, Aracena, Los Marines, etc., siendo las variedades más importantes el Blanco Alconera, el Negro Pinta, el Serracolín, el Verde Alga, etc. Esta zona tiene mármoles de coloración básicamente blanca, aunque existen algunos de ellos con diversas tonalidades que los hacen muy decorativos. Por sus reservas y variedades, esta zona es muy interesante.

Una recopilación de las variedades de mármoles más reconocidas y catalogadas, así como, de las rocas asociadas a este sector como las calizas y las areniscas, según su localización geográfica provincial, se recoge en la fig. 7.2.

VIZCAYA:	Markina florido
	Negro Markina
	Rojo Bilbao
	Rojo Bilbao Fino
GUIPUZCOA:	Albigrés
	Albirosa
	Brecha Estrella
	Gris Deva
	Gris Motrico
	Gris Paloma
	Rojo Sangre de Toro
	Rosa
	Rosa Estrella
NAVARRA:	Gris Duquesa
	Rojo Bidasoa
	Rosa Duquesa
LERIDA:	Floresta
BARCELONA:	Caliza San Vicente



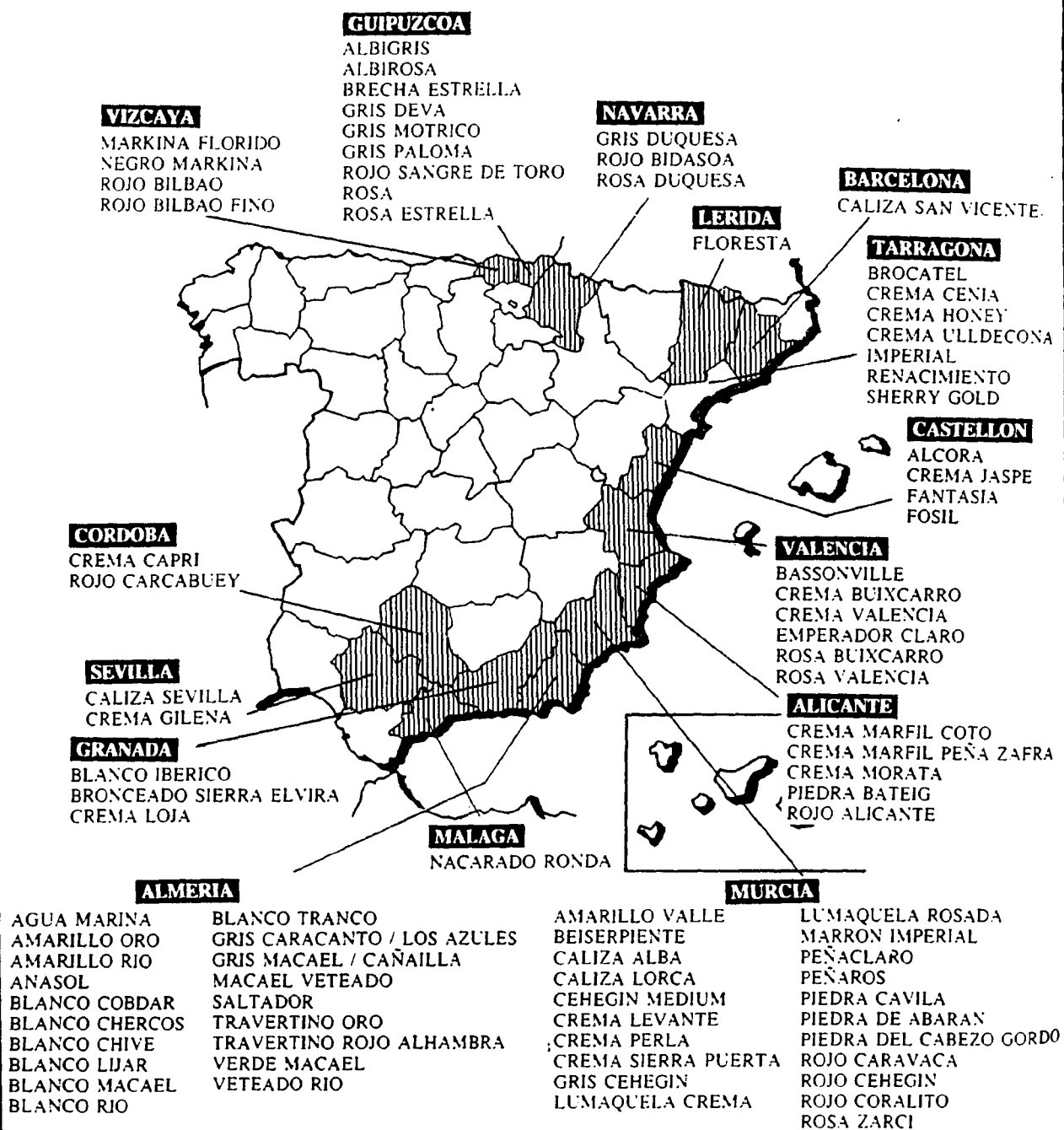


FIG. 7.2-

TARRAGONA:	Brocatel Crema Cenia Crema Honey Crema Uldecona Imperial Renacimiento Sherry Gold
CASTELLON:	Alcora Crema Jaspe Fantasia Fósil
VALENCIA:	Bassunville Crema Buixcarro Crema Valencia Emperador Claro Rosa Buixcarro Rosa Valencia
ALICANTE:	Crema Marfil coto Crema Marfil peña zafra Crema Morata Piedra Bateig Rojo Alicante
MURCIA:	Amarillo Valle Beiserpiente Caliza Alba Caliza Lorca Cehegín Medium Crema Levante Crema Perla

	Crema Sierra Puerta
	Gris Cehegín
	Lumaquela Crema
	Lumaquela Rosada
	Marrón Imperial
	Peñaclaro
	Peñaros
	Piedra Cavila
	Piedra de Abaran
	Piedra de Cabezo Gordo
	Rojo Caravaca
	Rojo Cehegín
	Rojo Coralito
	Rosa Zarcí
MALAGA:	Nacarado Ronda
ALMERIA:	Agua Marina
	Amarillo Oro
	Amarillo Río
	Anasol
	Blanco Cobdar
	Blanco Chercos
	Blanco Chive
	Blanco Lijar
	Blanco Macael
	Blanco Rio
	Blanco Tranco
	Gris Caracanto/Los Azules
	Gris Macael/Cañaila
	Macael Veteado

	Saltador
	Travertino Oro
	Travertino Rojo Alhambra
	Verde Macael
	Veteado Río
GRANADA:	Blanco Ibérico
	Bronceado Sierra Elvira
	Crema Loja
SEVILLA:	Caliza Sevilla
	Crema Gilena
CORDOBA:	Crema Carpri
	Rojo Carcabuey

De igual forma, las zonas geográficas donde hasta la fecha se han desarrollado estudios e investigaciones por parte del I.T.G.E., sobre mármoles y sus variedades asociados, las utiliza Muñoz, P. en su figura 7.3.

## **7.2. Actividades extractivas**

Los mármoles, en general, se encuentran configurando grandes masas o paquetes, débilmente encajados y estratificados, con potencias muy variables, pero predominantemente de orden decamétrico.

Actualmente, en algunas zonas perdura la primitiva separación de bloques, mediante el empleo de cuñas, tendiéndose cada vez más a la aplicación de las técnicas más modernas de extracción, con utilización de la sierra de disco, el uso del diamante como abrasivo, y los procedimientos normalmente utilizados para transformar los bloques en planchas o piezas.



FUENTE : Muñoz,Paulino ( ITGE )

Fig. 7.3.- Zonas geográficas donde se han desarrollado estudios e investigaciones por parte del I.T.G.E

### 7.2.1. Sistemas de arranque en canteras

Como niveles de arranque más usuales de los mármoles y sus variedades asociadas, pueden citarse las siguientes:

- \* La sierra o rozadora de brazo
- \* El hilo helicoidal
- \* El hilo diamantado
- \* La rozadora
- \* Las técnicas de perforación y voladuras con explosivos

#### \* ROZADORA

El método consiste en la separación de bloques mediante la realización de sucesivos bancos de gran tamaño, secantes entre sí. Para la separación del bloque por su cara inferior se aplican voladuras controladas con la ejecución de barrenos horizontales, y utilización de pólvora negra (Fig. 7.4).

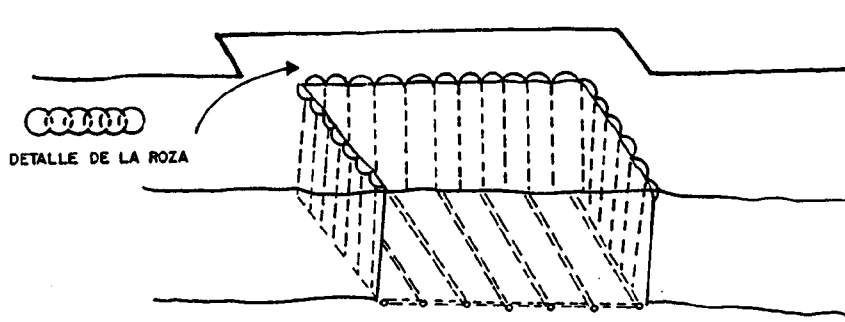


Fig. 7.4.- Método de arranque mediante rozadora o por perforación secante

Como inconvenientes principales deben señalarse:

- Los elevados costes de perforación, debido al número elevado de barrenos a realizar
- La rugosidad en las caras del bloque a obtener
- Los bajos rendimientos del conjunto de la operación
- Notables niveles de polvo y ruido si se acude a unos equipos inadecuados
- Mala terminación del bloque, con posibilidad de fracturaciones si las voladuras no se ejecutan adecuadamente.

Todas ellas hacen que el sistema se considere como poco adecuado para muchas explotaciones.

#### **\* HILO HELICOIDAL**

La utilización de esta técnica permite un excelente aprovechamiento de la roca, reduciéndose la producción de residuos, en base a un acabado plano de las rocas, que eliminan gran parte de las labores del escuadrado final (Fig. 7.5).

El sistema de corte se realiza con equipos cuya herramienta de corte es un hilo de acero de unos 5 mm de diámetro y de 1000 a 3000 m, que a través de una batería de poleas y movido por un grupo motor, va seccionando la roca. El material abrasivo, que actúa como elemento de corte activo, está compuesto habitualmente por arena silíceo o gravilla de carburo de sílice.

Como ventajas de este sistema deben señalarse:

- La limpieza en los cortes de las rocas

- Elevados rendimientos
- Perfecta definición de los bloques

Como inconvenientes de este sistema hay que señalar:

- El especial cuidado que hay que tener en el dimensionado del hilo
- La arena y el agua deben dosificarse adecuadamente para controlar en todo momento la alimentación del elemento abrasivo y la refrigeración del sistema.

El corte mediante hilo implica un desgaste y continua reducción de su diámetro. La vida útil es muy variable, pudiéndose indicar duraciones entre 20 y 50 ml/m<sup>2</sup> de superficie de operación.

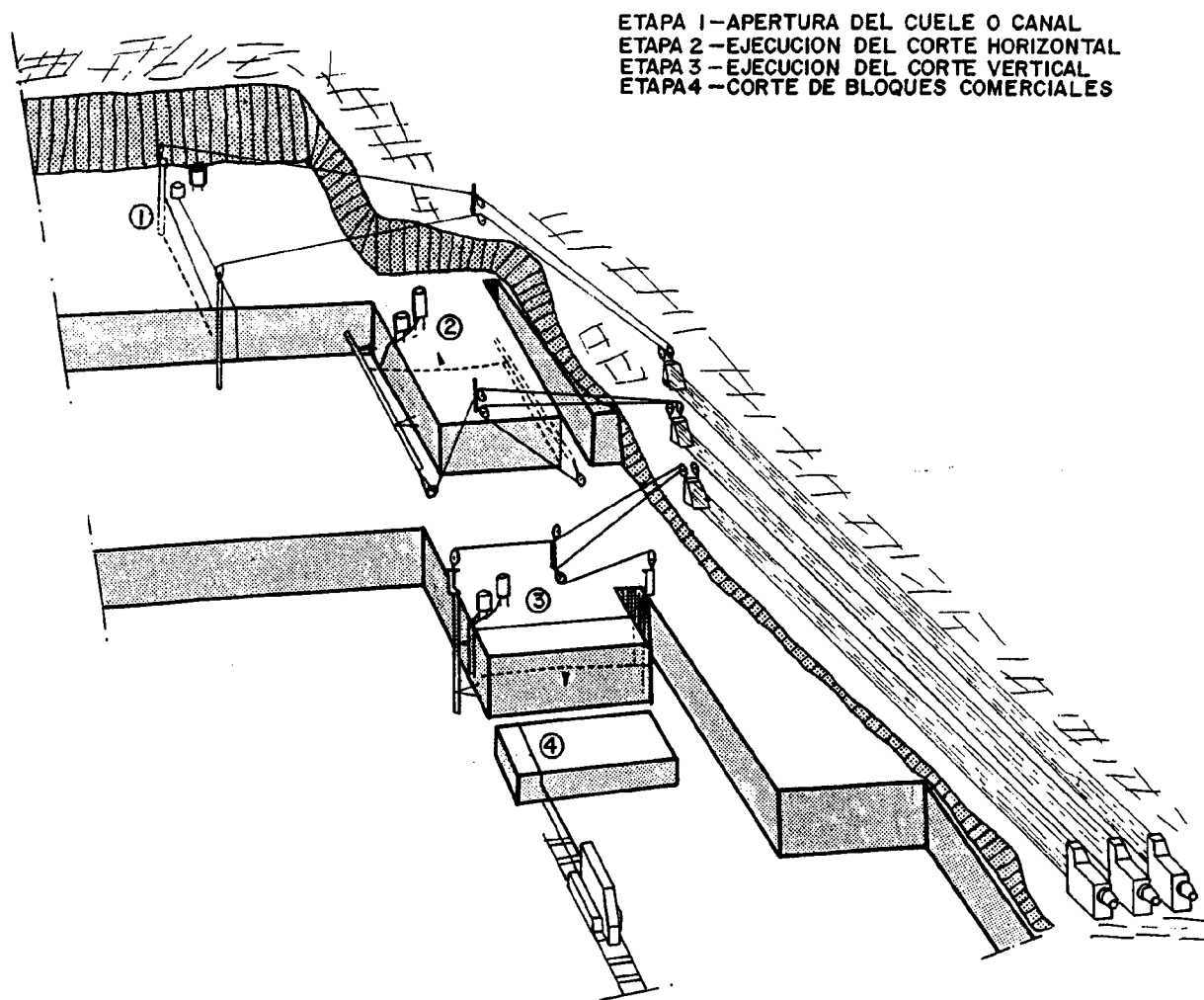
#### **\* HILO DIAMANTADO**

Este sistema de corte es de los más utilizados junto con el del hilo helicoidal. Su aplicación puede realizarse conjuntamente sin entrar en incompatibilidad. Así en la separación de bloque primario, suele recurrirse al hilo helicoidal, y a la obtención de los bloques secundarios y comerciales, al corte por hilo diamantado (Fig. 7.5).

Las diferencias más notables con el sistema de corte por hilo helicoidal están en:

- Menor longitud de cable de operación: 50-100 m
- Rendimientos de corte muy superiores
- Utilización de insertos diamantados como elemento abrasivo
- Reducción de elementos del equipo de corte
- Sistemas automáticos de tensión, refrigeración y velocidad, etc.





**Fig. 7.5.-** Secuencias de corte con hilo

El sistema de corte por hilo diamantado consiste en un cable de acero inoxidable que lleva engarzado, unos insertos diamantados de forma cilíndrica y a modo de collar.

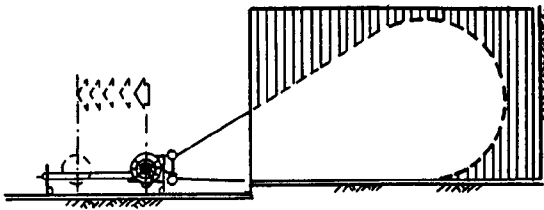
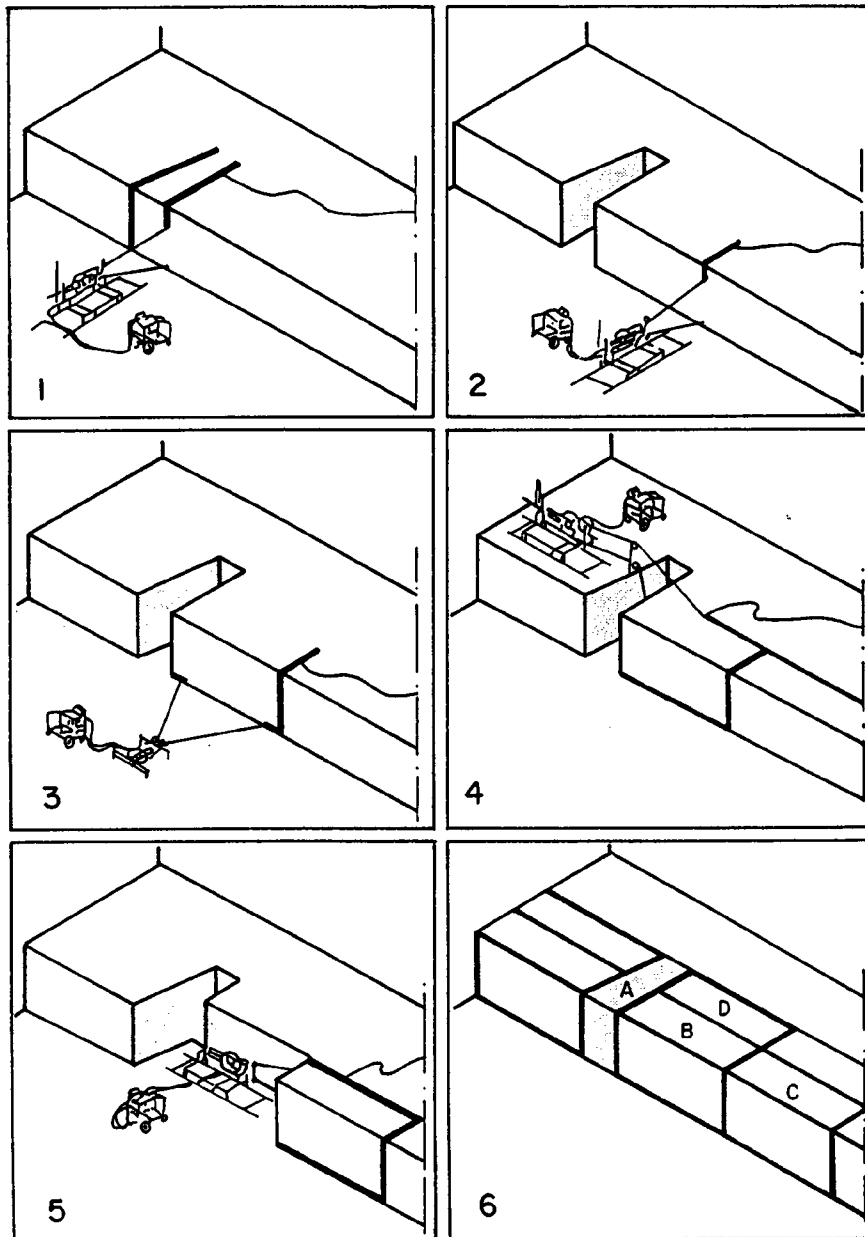


Fig. 7.6.- Equipo de corte con hilo diamantado



- 1) Apertura del cuele normal al frente mediante cortes verticales con hilo diamantado
- 2) Corte vertical con hilo diamantado perpendicular al frente
- 3) Corte horizontal del gran bloque mediante cambio en la disposición de la polea motriz del equipo
- 4) Corte vertical posterior paralelo al frente, con colocación del equipo en el nivel superior
- 5 y 6) Repetición de las sucesivas fases

Fig. 7.7.- Secuencias de corte con hilo diamantado

La técnica de operación se basa en la perforación desde la superficie de dos barrenos perpendiculares y secantes que permiten cerrar el circuito del hilo en el plano de corte.

Las etapas principales de corte con hilo diamantado pueden observarse en el Fig. 7.7.

#### **\* SISTEMA DE CORTE CON ROZADORA DE BRAZO**

El método de arranque con rozadora de brazo (Fig. 7.8), es el más idóneo, ya que:

- Permite obtener directamente el bloque comercial con caras limpias y escuadradas
- Facilidad de manejo y operatividad
- Posibilidad de hacer cortes en todas las direcciones
- Elevados rendimientos

La metodología de trabajo en la cantera exige disponer de unas alturas de bano limitadas por el alcance del brazo cortador, y su uso está condicionado por la existencia y orientación de las discontinuidades naturales, así como, por la demanda de un determinado tamaño.

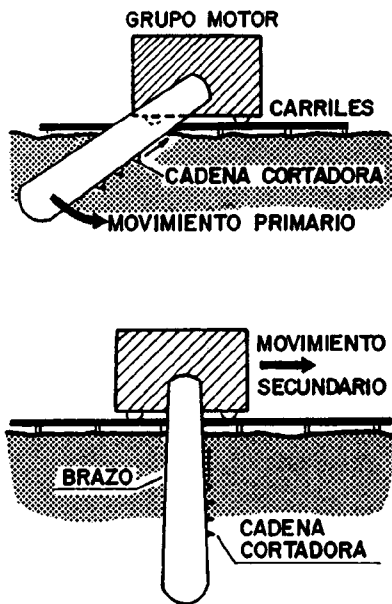


Fig 7.8.- Sección con rozadora de brazo

Los trabajos consisten en la ejecución de sucesivos cortes paralelos, de dirección perpendicular a la cara de banco (Fig. 7.9), seguido del corte horizontal a lo largo del frente, y subdirección vertical paralela al mismo, de acuerdo con el tamaño de bloques previsto y factible por la longitud del brazo

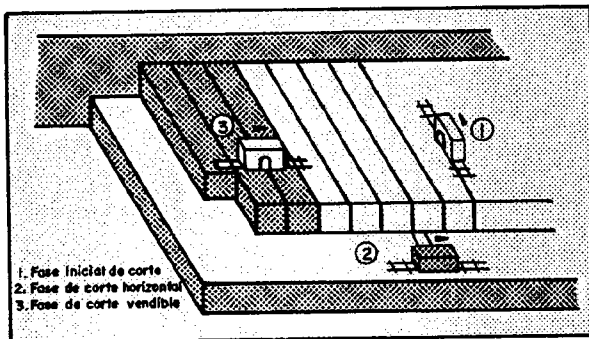


Fig. 7.9.- Fases operativas en un sistema de corte con rozadora de brazo

Este sistema quizá constituya el de mayor utilización en las canteras de calizas y mármoles ornamentales.

## **\* TECNICAS DE PERFORACION Y VOLADURAS CONTROLADAS**

En la extracción por explosivos la perforación, que debe ser muy cuidadosa, se realiza con martillos de mano en diámetros comprendidos entre 32 y 40 mm.

Los barrenos se ejecutan todos dentro del plano de corte deseado y con espaciamientos variables en función del tipo de corte y de las características del bloque a despegar (dimensiones, estado de la fracturación, su valor, etc).

Los explosivos de mayor utilización son la pólvora de mina y el cordón detonante.

Los consumos específicos, también resultan muy variables, pues dependen del explosivo utilizado, el tipo de corte a realizar, los diámetros de perforación de los barrenos, etc).

Puede decirse que los factores más importantes de este método son:

- La elección del equipo de perforación mecanizada
- El diseño de la perforación y
- La carga de los barrenos con los explosivos adecuados.

### **7.2.2. Tratamientos posteriores de elaboración**

Los bloques obtenidos con las dimensiones marcadas, tienen formas que van desde la paralelepédica a la totalmente irregular, dependiendo de la técnica de corte utilizada.

Cuando estos bloques tienen un tamaño excesivo para su transporte a los talleres de elaboración, son escuadrados en la misma cantera, aunque en la actividad, la tendencia general es realizar el escuadrado final de los mismos en los talleres de elaboración. En estos, el escuadrado se ejecuta por motosierra y discos diamantados.

En el transporte de estos bloques en los talleres son utilizadas las palas mecánicas y los volquetes de diverso tonelaje. Una vez en ellos son serrados en planchas que posteriormente se pulen.

La roca residual que sobra procedente de esta preparación es utilizada bien en la fabricación de terrazo, o bien, como áridos de sub-bases para carreteras.

### **7.3. Situación actual del sector**

#### **7.3.1. Producciones**

Este sector de la industria ornamental ha iniciado en los últimos años, un despegue muy importante, en nuestro país, con interés creciente, tanto por los mármoles como por otras rocas asimiladas a este grupo comercial.

Puede decirse que la demanda del mercado nacional está ligeramente descompensada con la oferta productiva, entre el 8-10%, a favor de aquella; estando el mercado exterior sólo abordado por un número reducido de empresas.

Sin tener datos estadísticos suficientemente fiables para poder cuantificar el volúmen de mármoles extraídos, se estima en una cantidad próxima a los  $2,3 \times 10^6$  toneladas anuales, según R. Máquina, de las que la mayor parte, son extraídas en las provincias de Alicante, Murcia y Almería.

Según datos estadísticos, recogidos en el anuario del sector de las Piedras Naturales 1990/91, la producción de mármoles en nuestro país alcanzó en 1989 las 1.672.000 toneladas, valoradas en 93.732 millones de pesetas. Los cuadros 7.1 y 7.2. recogen la evolución experimentada por este sector en la última década.

	AÑOS								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>3</sup> t)	311	326	307	475	580	632	1280	1672	2205
IMPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	85	93	69	77	96	120	170	235	278
EXPORTACION (x 10 <sup>3</sup> t)	58	80	58	58	69	73	122	164	169
CONSUMO NACIONAL (x 10 <sup>3</sup> t)	338	339	318	494	617	679	1328	1743	2314

Fuente: Anuario de Piedras Naturales 1989/1990

\* Datos estimados

**CUADRO 7.1.**

	AÑOS								
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	*
PRODUCCION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	11463	13972	14458	23712	30690	34400	68667	93732	129668
IMPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	1737	1763	1591	1916	2795	3858	6030	8622	10813
EXPORTACION (x 10 <sup>6</sup> Pts)	1329	2638	2534	3256	4141	4548	7650	10503	11206
CONSUMO NACIONAL (x 10 <sup>6</sup> Pts)	11871	13097	13515	22372	29344	33734	67037	91851	129275

Fuente: Anuario de Piedras Naturales 1989/1990

**CUADRO 7.2.**

Como puede observarse, de los tres grupos potenciales de rocas ornamentales, es el sector que menos toneladas exporta.

También, según datos del sector de la piedra natural, el número de empresas que extraen mármoles (no transformadoras) es de unas 295 que dan empleo a unos 1476 trabajadores.

Desde el aspecto estructural, las empresas son bastante diferentes entre sí, según que comprendan el ciclo completo o no. Ello repercute en los medios técnicos y personales disponibles y por consiguiente, en sus condiciones particulares para competir en el mercado.

### **7.3.2. Ubicación y características básicas de las explotaciones de mármoles ornamentales**

En base a los datos extraídos del Catálogo del I.T.G.E. y del Anuario de Piedras Naturales 1990/91 (R. Máquina), se ha llevado a cabo el cuadro 7.3., donde a la variedad determinada de roca que se explota, se incluye la provincia, el término municipal, y las características de la cantera y de la masa rocosa cuando son conocidas.

Como resumen general, puede señalarse que las explotaciones de este sector de rocas ornamentales tienen una dimensiones muy variables entre 100 y 400 m, y junto a canteras muy mecanizadas y con varios bancos o frentes de explotación, existen otras más pequeñas con sistemas extractivas artesanales.

Como alteraciones ambientales más frecuentes cabe señalar las siguientes:



- \* Alteración visual, debido a la formación de grandes huecos con taludes verticalizados, de difícil recuperación.
- \* Cambios morfológicos debidos a la propia explotación y creación de huecos y volúmenes fácilmente vistos de caminos y núcleos urbanos próximos.
- \* Alteraciones en el suelo y en la vegetación producidas, por las pérdidas de los mismos, aunque en raras ocasiones el recubrimiento del material supera el metro de espesor.
- \* Alteraciones hidrológicas por interrupción de la red de escorrentía.
- \* Alteraciones en la atmósfera por emisión de partículas sólidas en suspensión, emisión de gases, y producción de ruidos y onda aérea cuando se utilizan explosivos. Esta serie de impactos tiene carácter temporal.
- \* Alteraciones sobre la forma, el verse afectada la cobertura vegetal donde vive y se desarrolla. También puede producirse cambios en las pautas de comportamiento.

#### **7.4. Estructuras residuales. Valoración Ambiental**

Su estudio, según los criterios expuestos en el apartado 3, se ha realizado conforme a las zonas siguientes (ver Fig. 3.3).

Zona 1.- Provincias: Vizcaya, Guipuzcoa, Navarra

Zona 2.- Provincias: Lérida, Gerona, Barcelona, Tarragona

Zona 3.- Provincias: Castellón, Valencia

Zona 4.- Provincias: Murcia, Alicante

Zona 5.- Provincias: Almería

Zona 6.- Provincias: Málaga, Granada

Zona 7.- Provincias: Toledo, Ciudad Real, Segovia.

#### 7.4.1. Zona 1.- Vizcaya, Guipuzcoa, Navarra

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales del Banco de referencia, los volúmenes de estériles, el nº de vertederos, y el porcentaje de residuos de la explotación de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 7.4.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
VIZCAYA	E	42.192.373	3.822.600	126	9
	B	3.651.942	2.500	3	0,06
GUIPUZCOA	E	708.675	291.500	59	41,13
	B	536.000			
NAVARRA	E	13.782.235	652.900	33	4,7
	B	3.599.000	14.500	2	0,4

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 7.4.**

El tamaño de la muestra de estudio está constituida por 42 fichas correspondientes a estructuras residuales en esta zona.

Las conclusiones obtenidas se resumen en los gráficos 1.1. al 1.19.

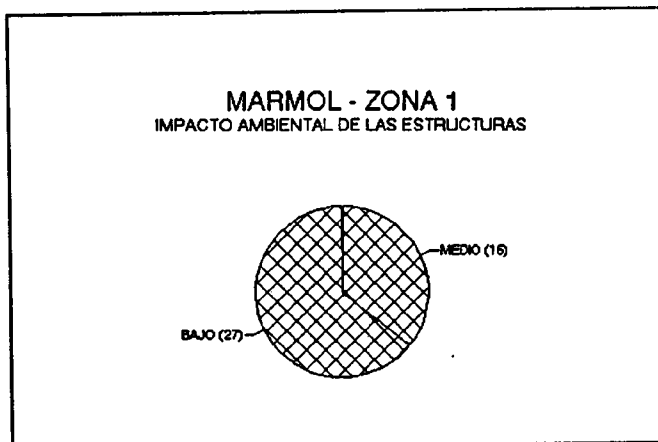


Gráfico 1.1.

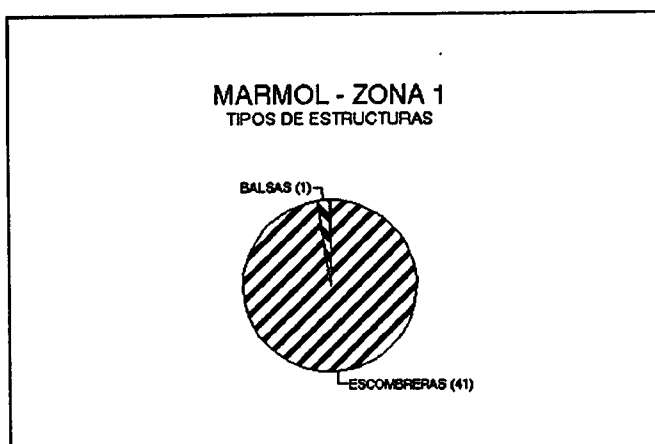


Gráfico 1.2.

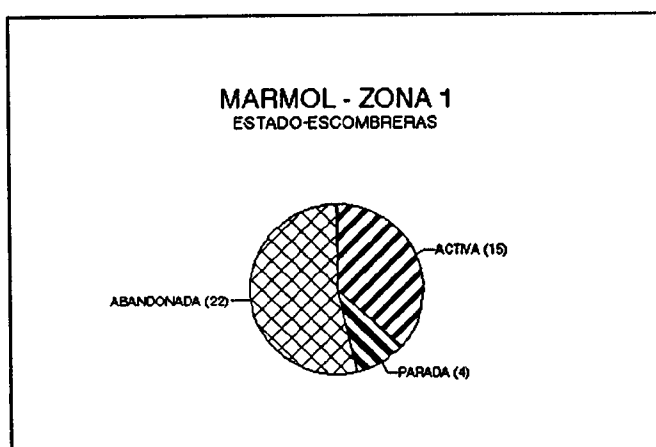


Gráfico 1.3.

Gráfico 1.4.

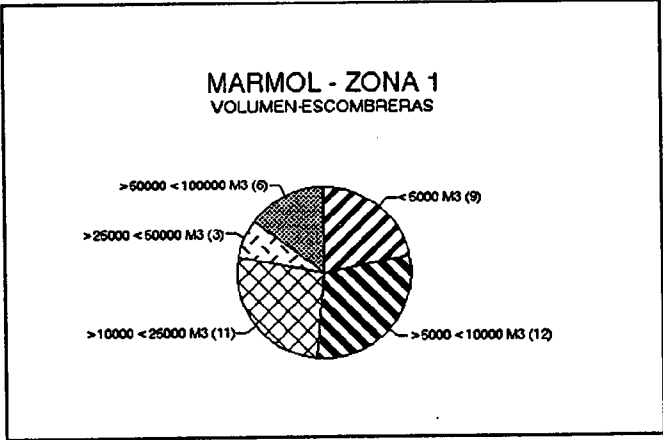


Gráfico 1.5.

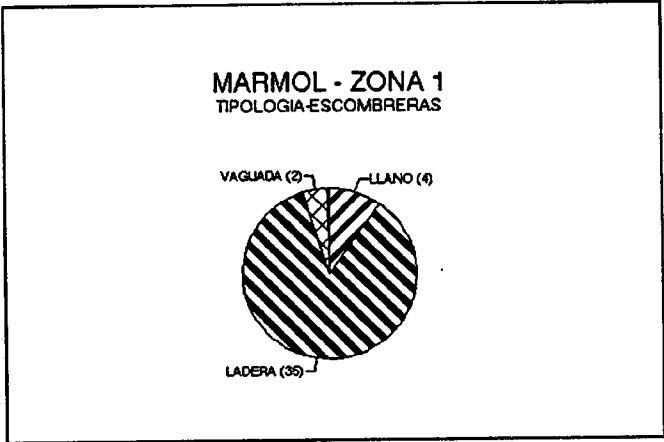
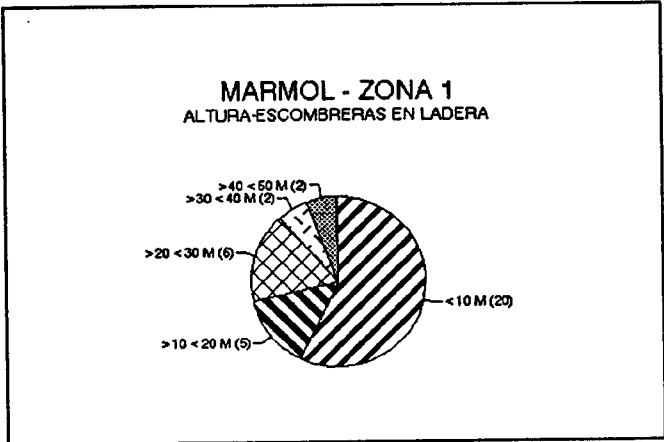


Gráfico 1.6.



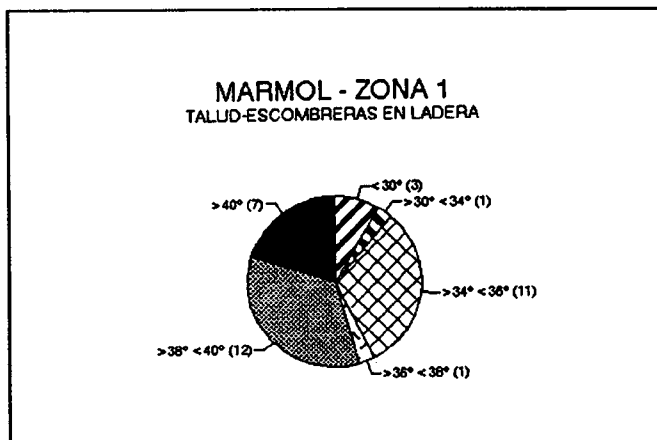


Gráfico 1.7.

Gráfico 1.8.

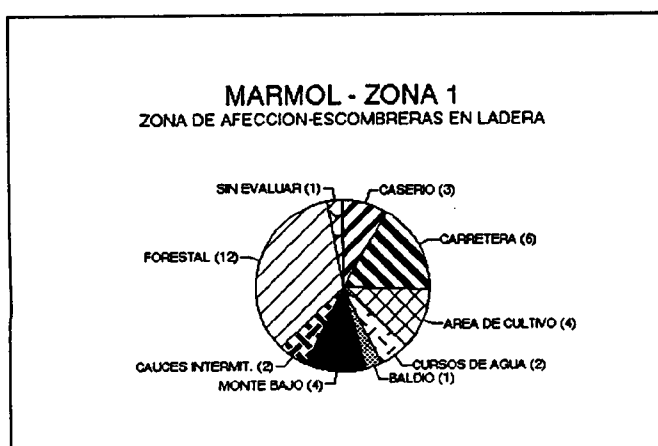
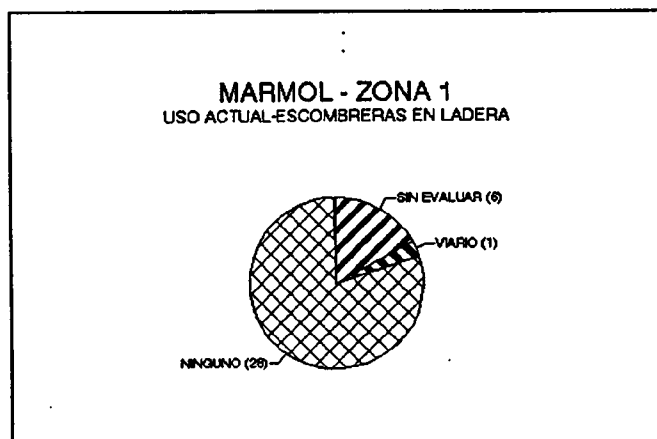


Gráfico 1.9.

Gráfico 1.10.

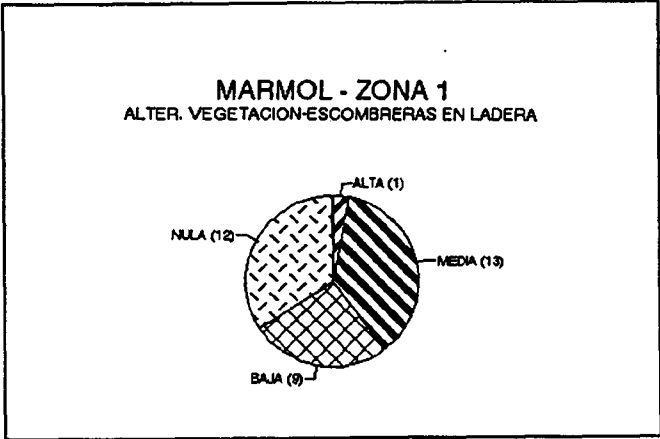
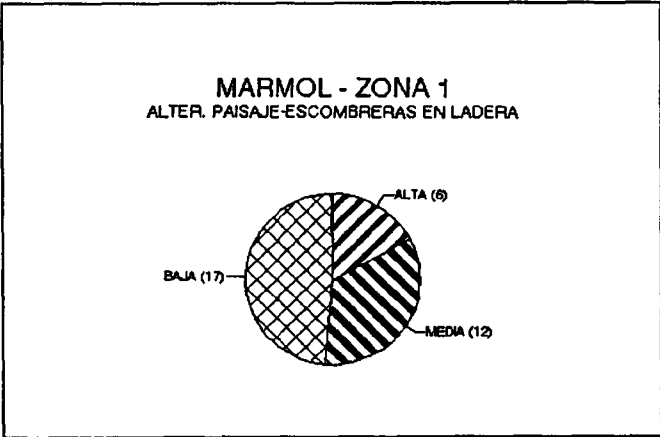


Gráfico 1.11.

Gráfico 1.12.

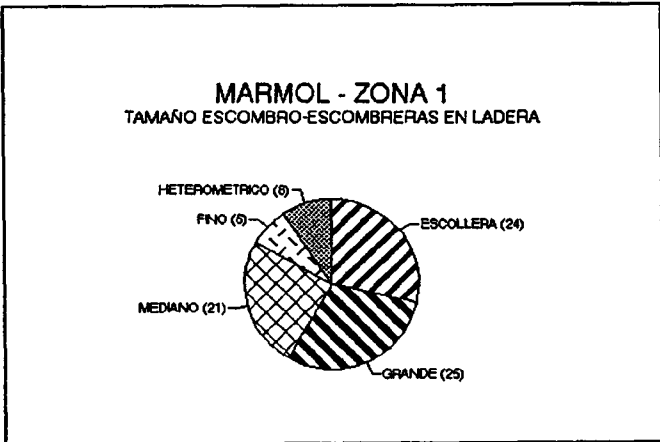


Gráfico 1.13.

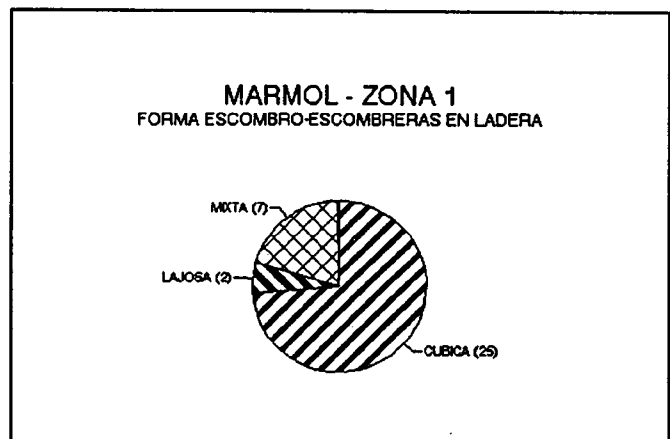


Gráfico 1.14.

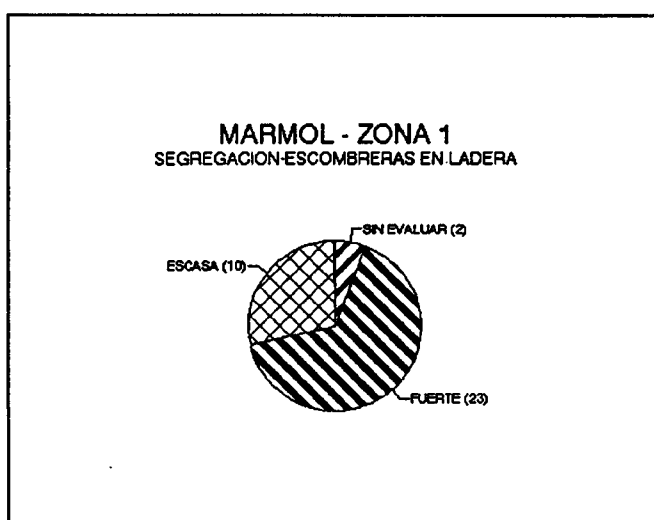
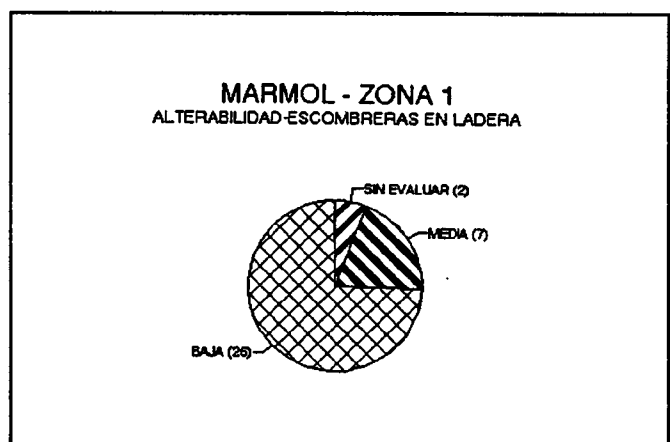


Gráfico 1.15.

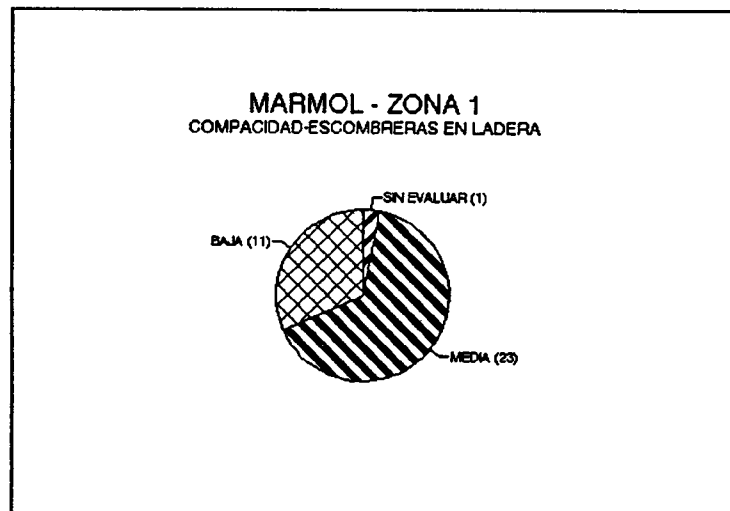


Gráfico 1.16.

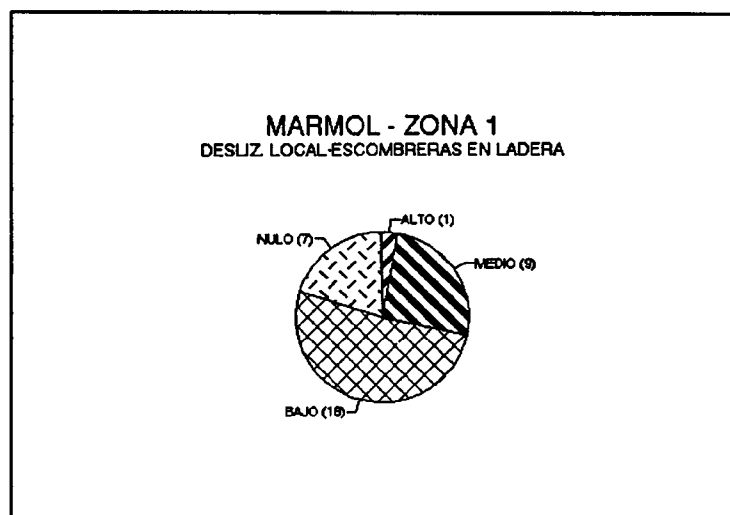


Gráfico 1.17.



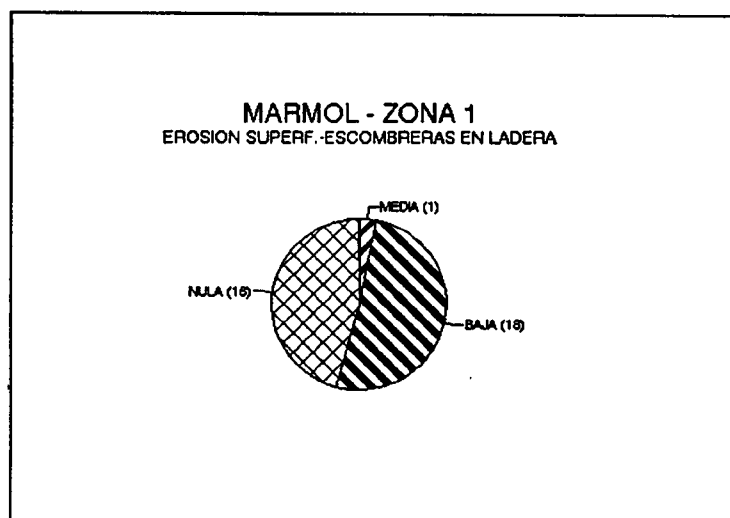


Gráfico 1.18.

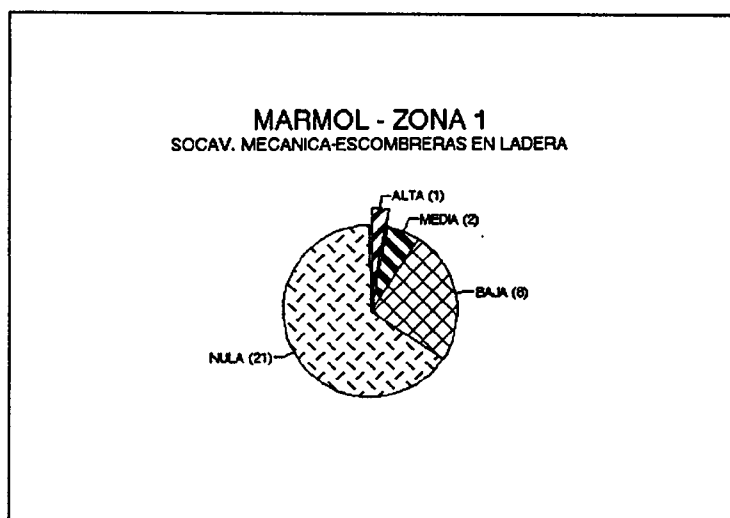


Gráfico 1.19.

#### 7.4.2. Zona 2.- Lérida, Gerona, Barcelona, Tarragona

Análogamente, de acuerdo con los datos existentes en el listado de estructuras residuales, los volúmenes de estériles, el nº de depósitos y el porcentaje de residuos de la explotación de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 7.5.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
LERIDA	E	1.254.095	19.000	2	1,5
	B	129.700			
	M	200.000			
GERONA	E	2.097.880	562.100	58	26,7
	B	60.750			
BARCELONA	E	55.823.050	1.005.700	64	0,01
TARRAGONA	E	4.215.110	327.650	104	7,7
	B	16.500	450	5	2,7
	M	7.700	7.700	2	100

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 7.5.**

El tamaño de la muestra de estudio está constituido por 22 fichas, quedando reflejados los resultados en los siguiente gráficos:

**MARMOL - ZONA 2**  
IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ESTRUCTURAS

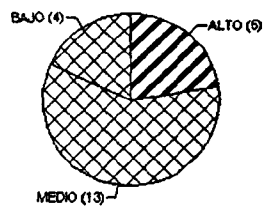


Gráfico 2.1.

**MARMOL - ZONA 2**  
TIPOS DE ESTRUCTURAS

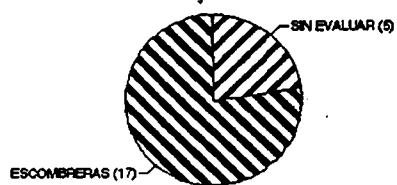


Gráfico 2.2.

**MARMOL - ZONA 2**  
ESTADO-ESCOMBRERAS

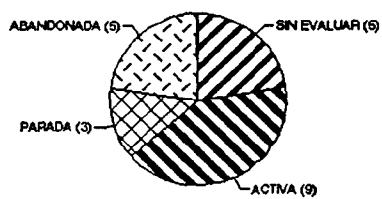


Gráfico 2.3.

Gráfico 2.4.

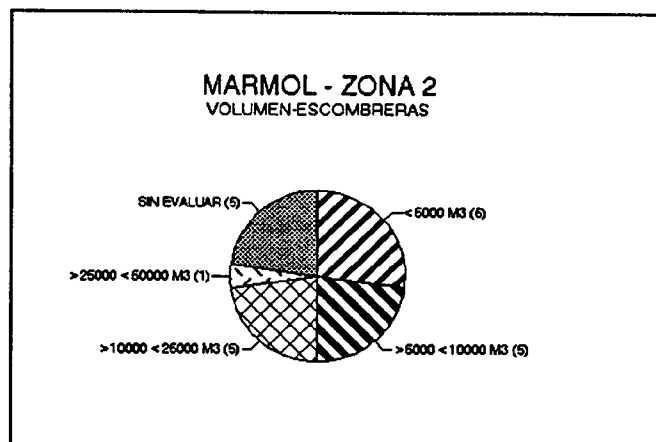


Gráfico 2.5.

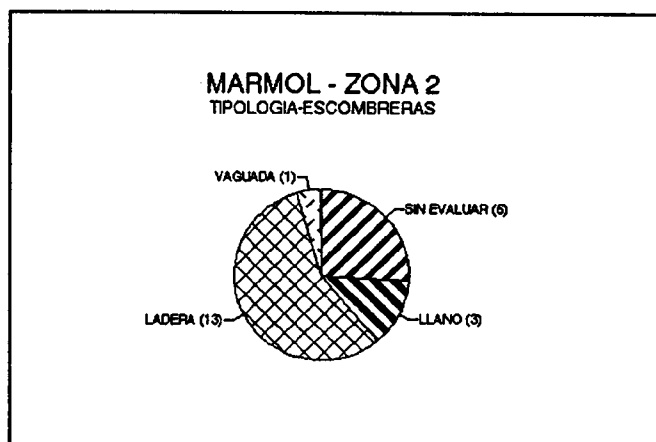


Gráfico 2.6.

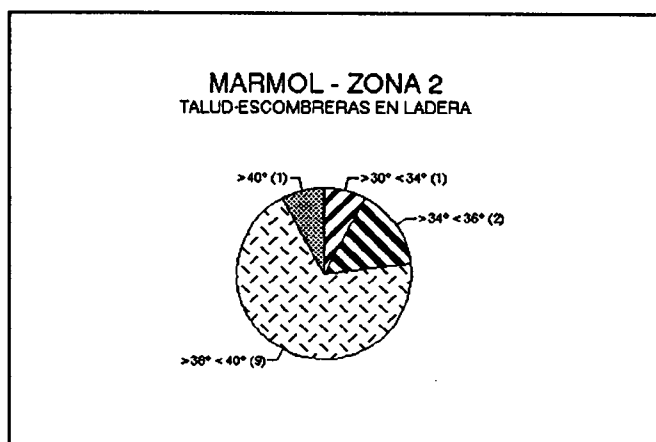


Gráfico 2.7.

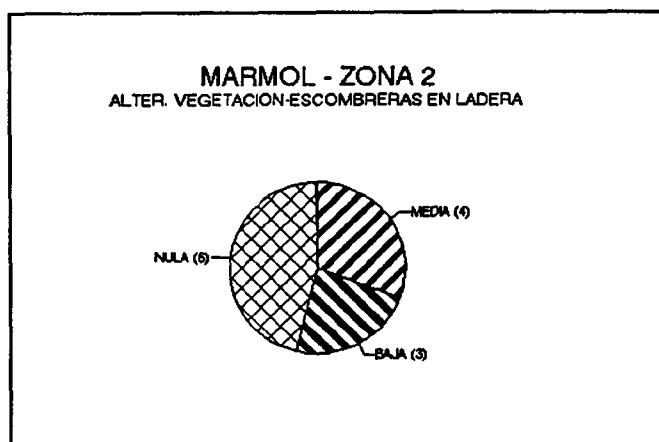
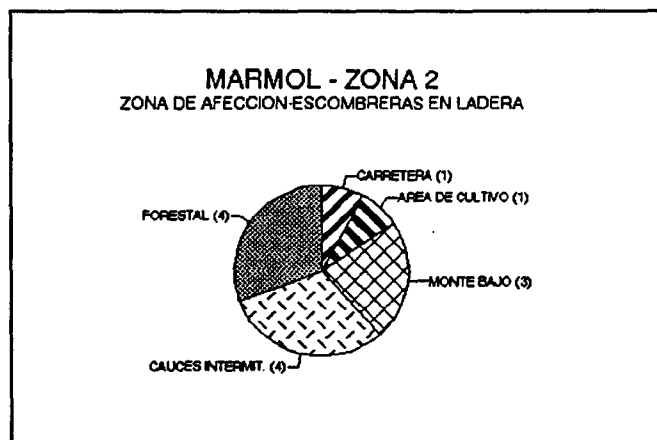
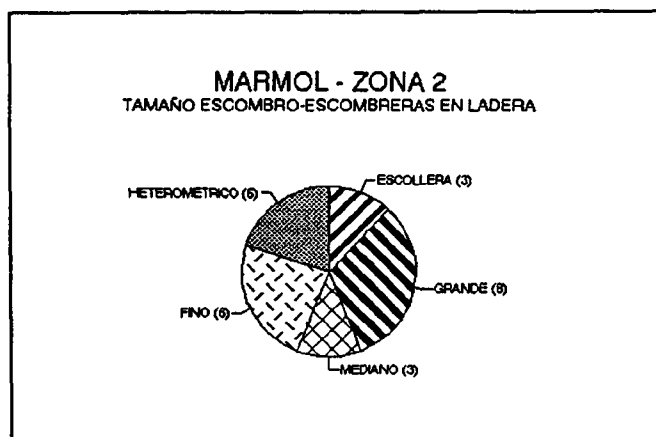


Gráfico 2.8.

Gráfico 2.9.



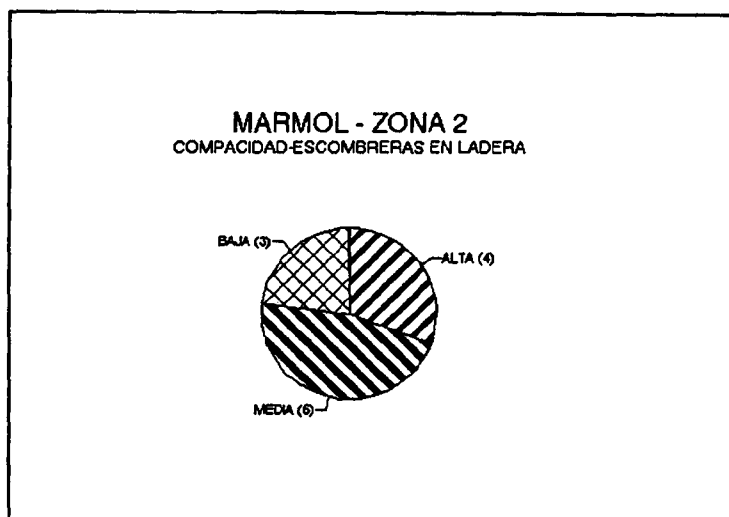


Gráfico 2.10.

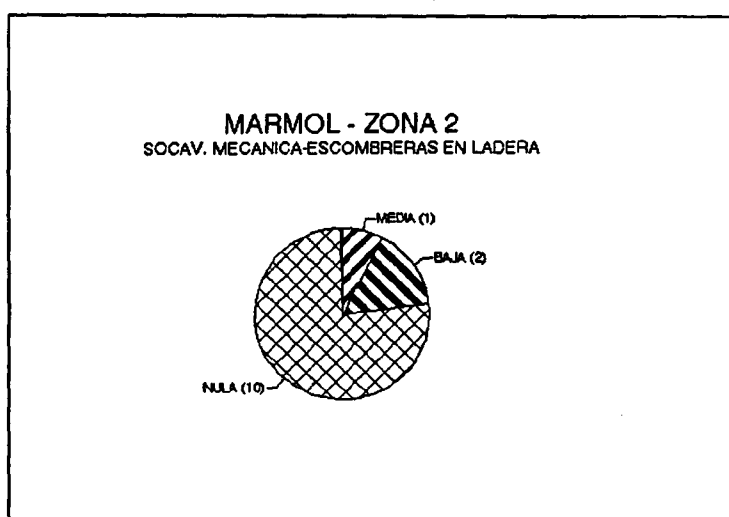


Gráfico 2.11.

### 7.4.3. Zona 3.- Castellón, Valencia

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales, los volúmenes de estériles, el nº de depósitos y el porcentaje de escombros de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total, son las que se reflejan en el cuadro 7.6.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTÉRILES (m³)	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m³)	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
CASTELLON	E	5.083.840	349.000	53	6,8
	B	5.700	3.000	3	52,6
	M	8.500	5.500	2	68,7
VALENCIA	E	1.969.795	262.050	107	13,3
	B	7.800			
	M	82.250	2.500	7	3,03

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

### CUADRO 7.6.

El tamaño de la muestra de estudio está constituido por 30 fichas correspondientes a esta zona. Se han realizado los siguientes gráficos:

**MARMOL - ZONA 3**  
IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ESTRUCTURAS

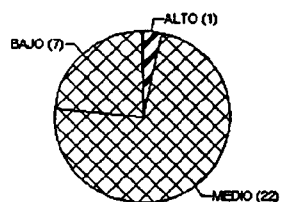


Gráfico 3.1.

**MARMOL - ZONA 3**  
TIPOS DE ESTRUCTURAS

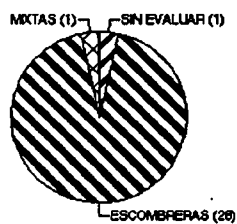


Gráfico 3.2.

**MARMOL - ZONA 3**  
ESTADO-ESCOMBRERAS

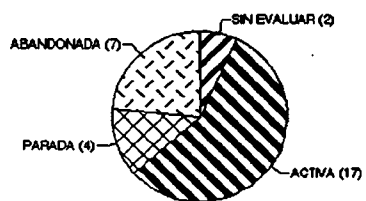


Gráfico 3.3.



Gráfico 3.4.

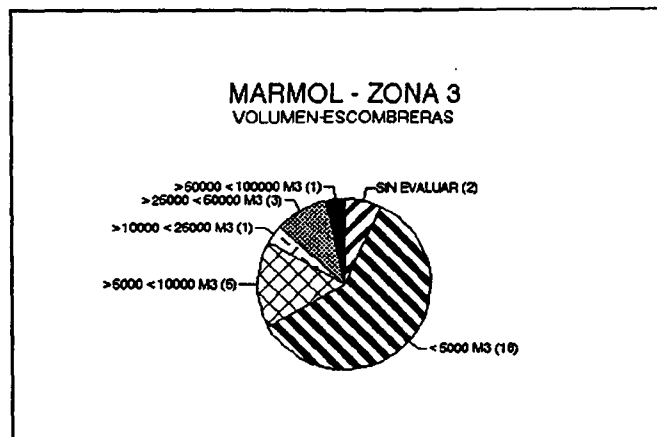


Gráfico 3.5.

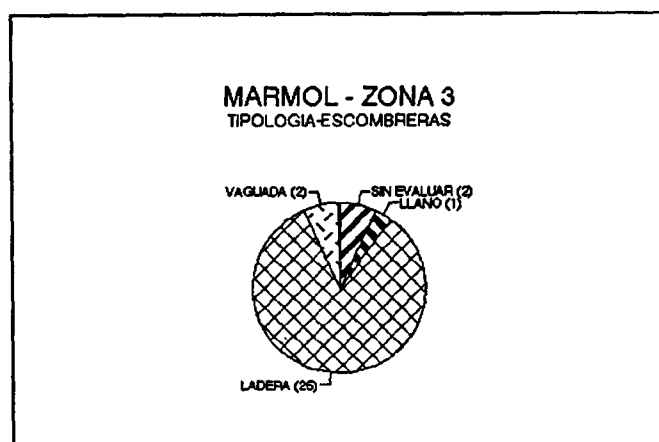
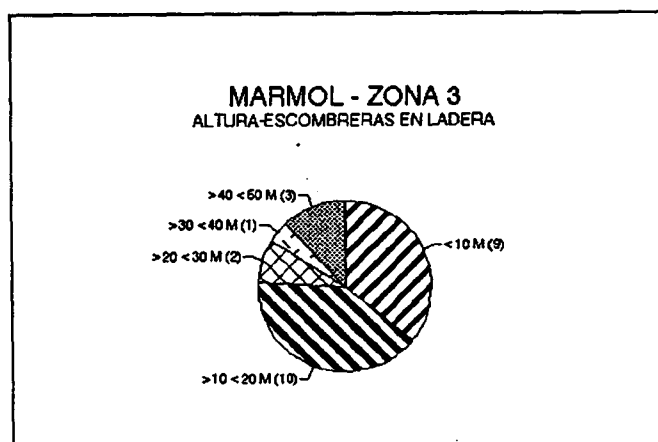


Gráfico 3.6.



MARMOL - ZONA 3  
TALUD-ESCOMBRERAS EN LADERA

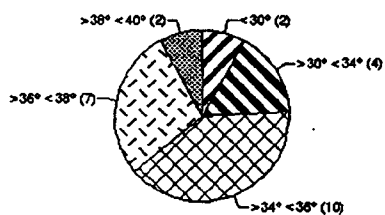


Gráfico 3.7.

Gráfico 3.8.

MARMOL - ZONA 3  
ZONA DE AFECCION-ESCOMBRERAS EN LADERA

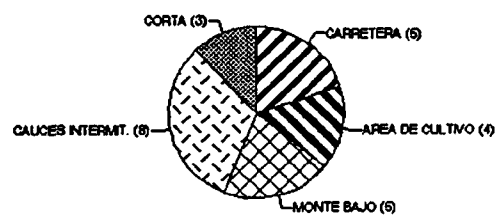


Gráfico 3.9.

MARMOL - ZONA 3  
ALTER. PAISAJE-ESCOMBRERAS EN LADERA

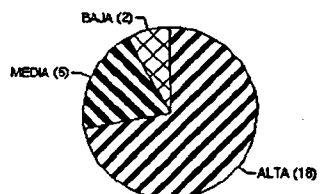


Gráfico 3.10.

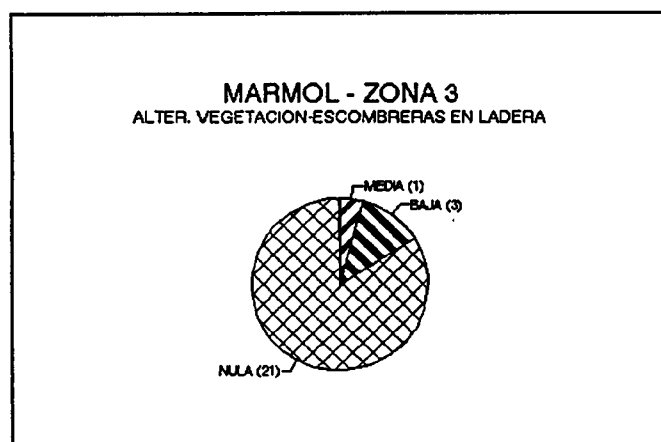
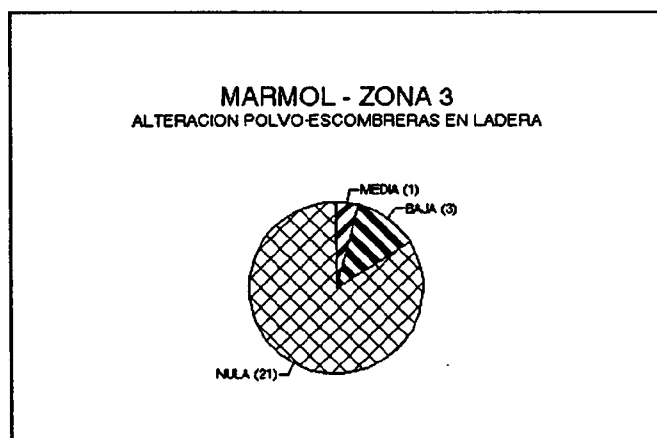
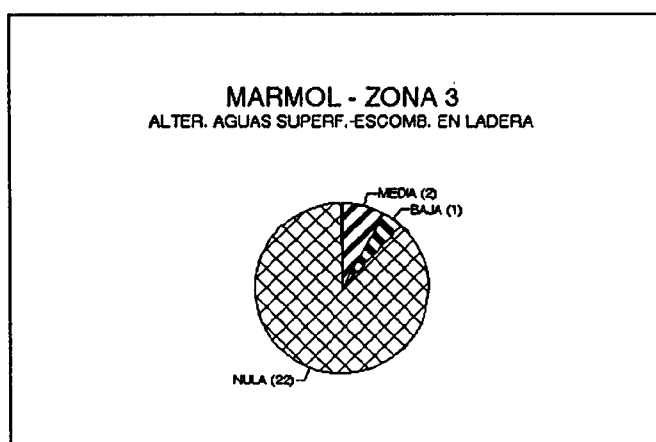


Gráfico 3.11.

Gráfico 3.12.



**MARMOL - ZONA 3**  
TAMAÑO ESCOMBRO-ESCOMBRERAS EN LADERA

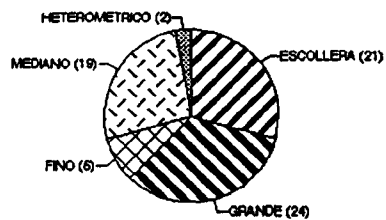


Gráfico 3.13.

**MARMOL - ZONA 3**  
FORMA ESCOMBRO-ESCOMBRERAS EN LADERA

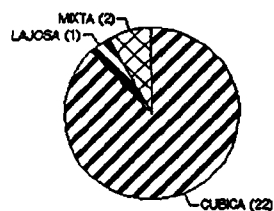


Gráfico 3.14.

Gráfico 3.15.

**MARMOL - ZONA 3**  
SEGREGACION-ESCOMBRERAS EN LADERA

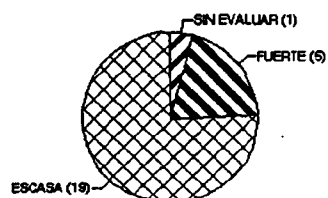


Gráfico 3.16.

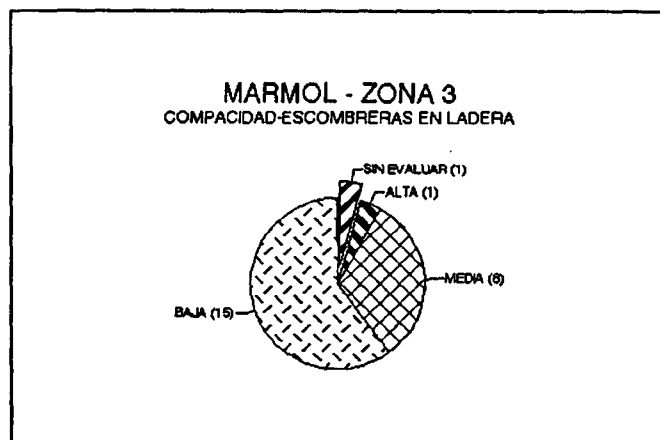


Gráfico 3.17.

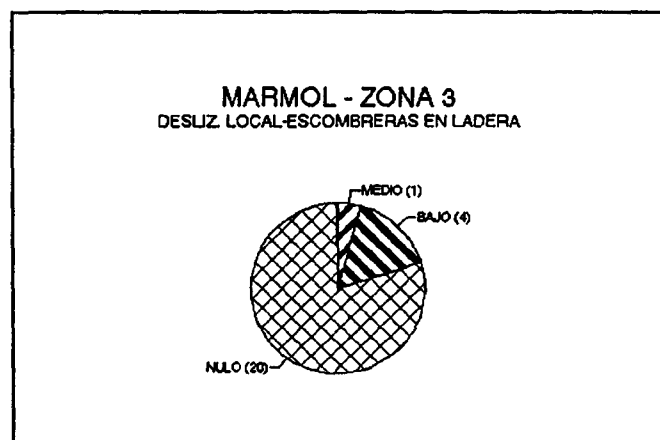
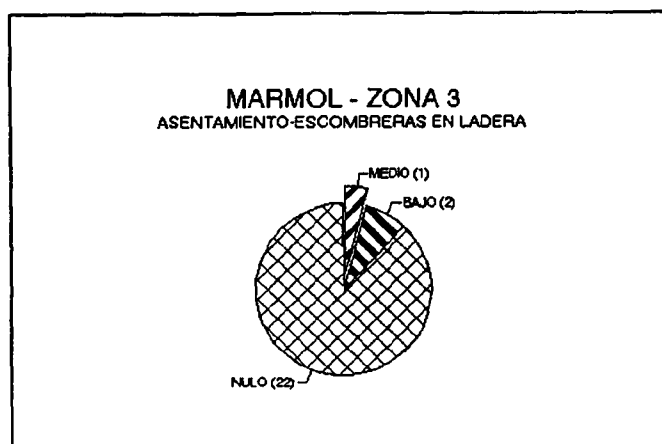


Gráfico 3.18.



#### 7.4.4. Zona 4.- Murcia, Alicante

De igual forma, los volúmenes de estériles, el nº de depósitos, y el porcentaje de escombros de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total de residuos, según los datos existentes en el listado de estructuras, son los que se recogen en el cuadro 7.7.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m³)	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m3)	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
MURCIA	E B	246.585.700 18.598.500	398.300	44	0,16
ALICANTE	E	1.238.500	962.800	111	77,7

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 7.7.**

El tamaño de la muestra de estudio está constituido por 70 fichas correspondientes a esta zona. Se han realizado los gráficos resumen de dicha zona.

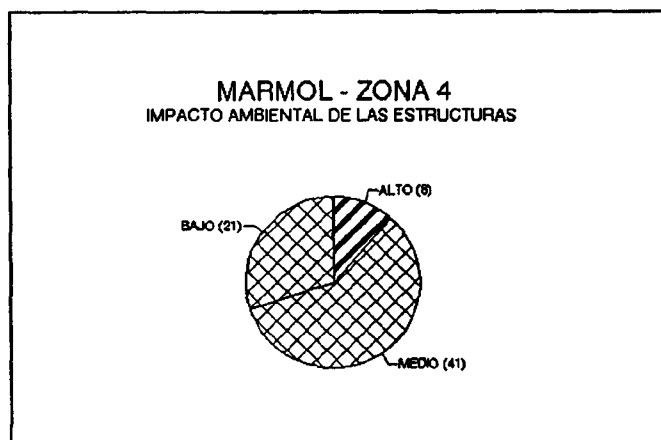


Gráfico 4.1.

- Estructuras que presentan impacto ambiental medio-bajo (Gráficos 4.2. al 4.17)

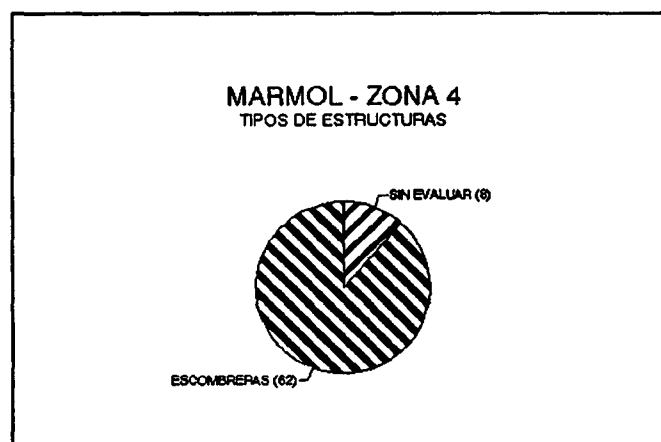


Gráfico 4.2.

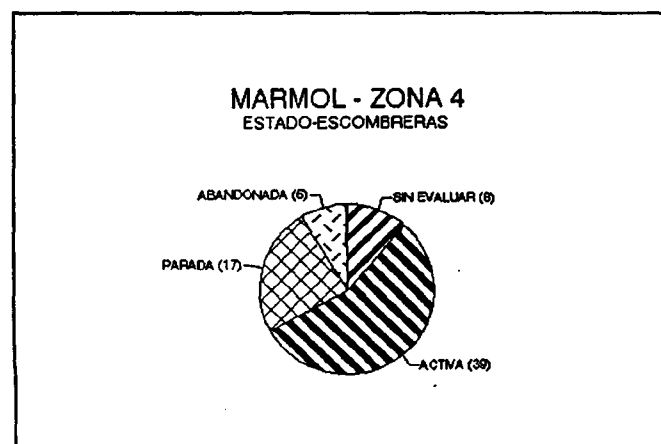


Gráfico 4.3.

Gráfico 4.4.

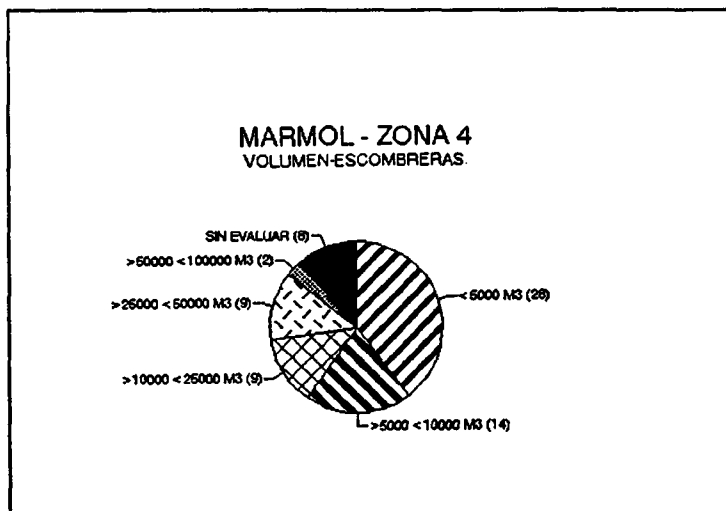


Gráfico 4.5.

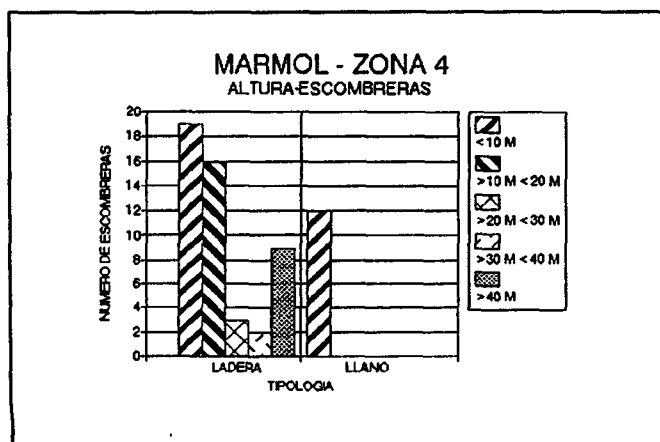
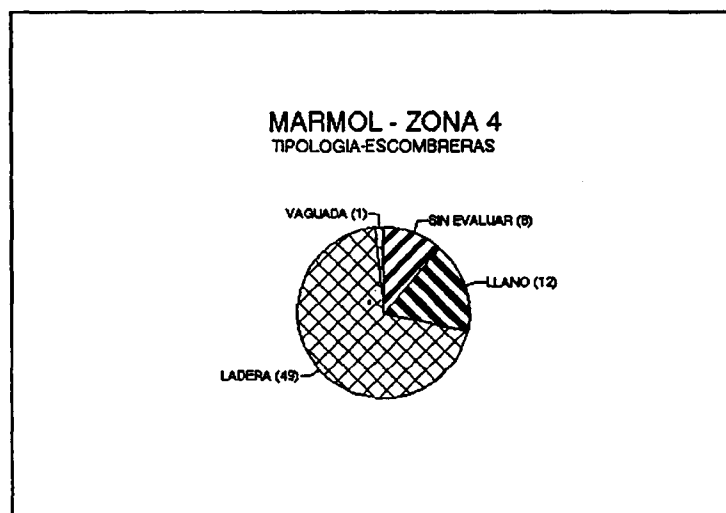


Gráfico 4.6



Gráfico 4.7.

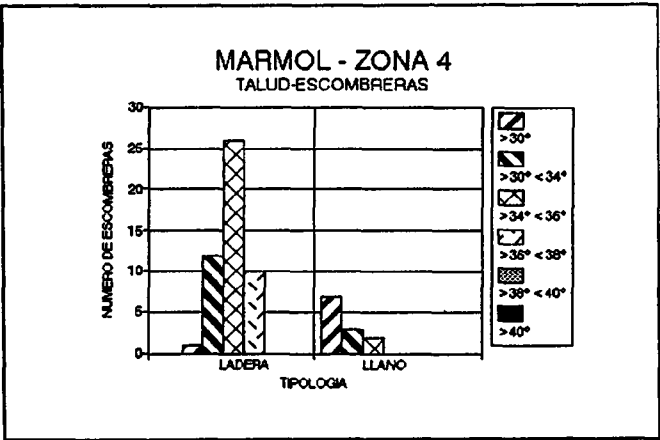


Gráfico 4.8.

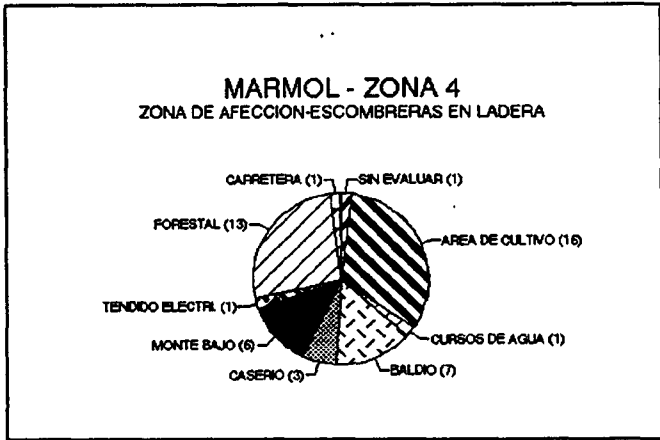


Gráfico 4.9.

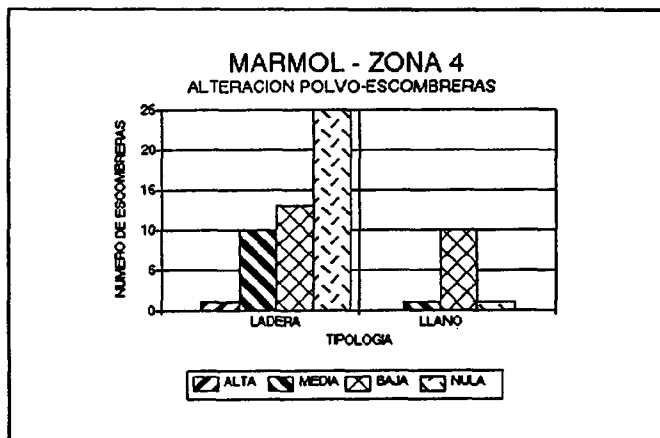


Gráfico 4.10.

Gráfico 4.11.

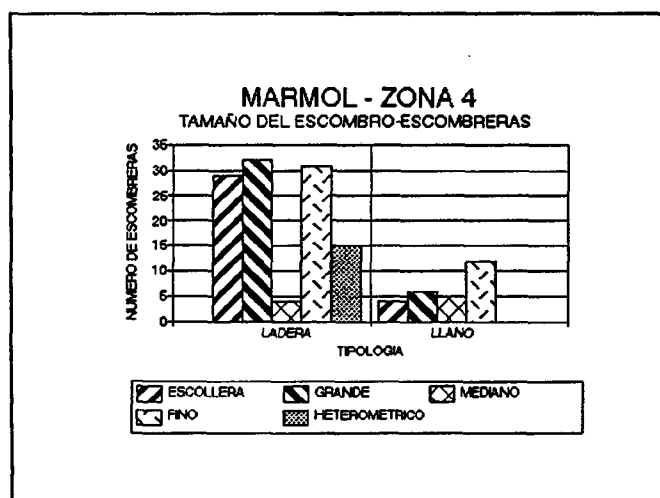
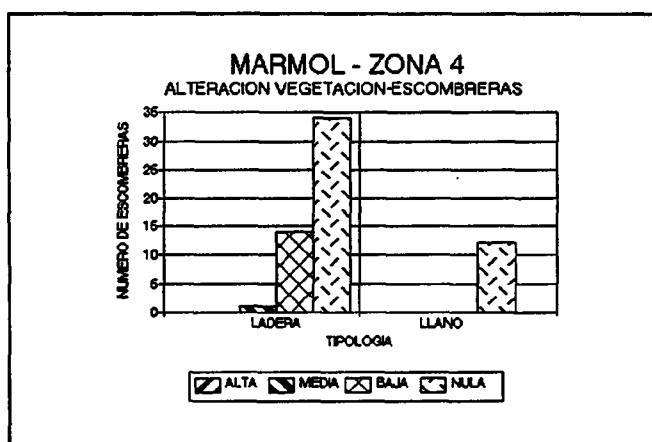


Gráfico 4.12.

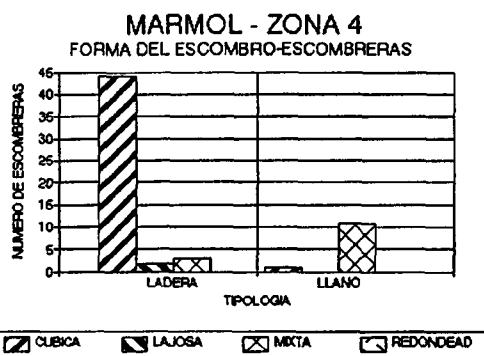


Gráfico 4.13.

Gráfico 4.14.

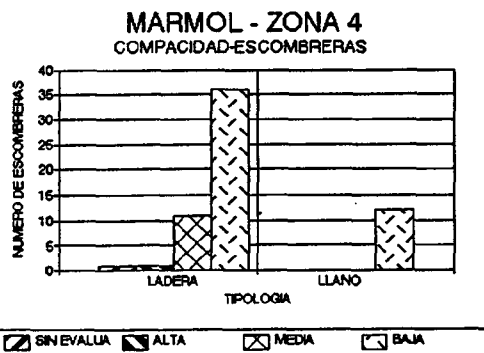
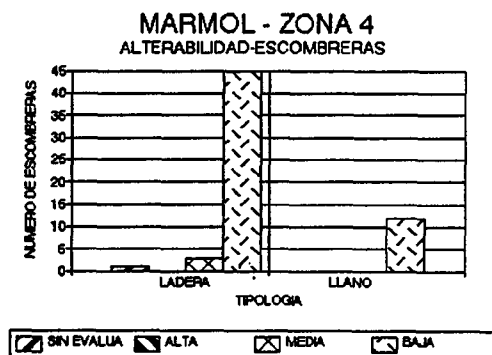


Gráfico 4.15.

Gráfico 4.16.

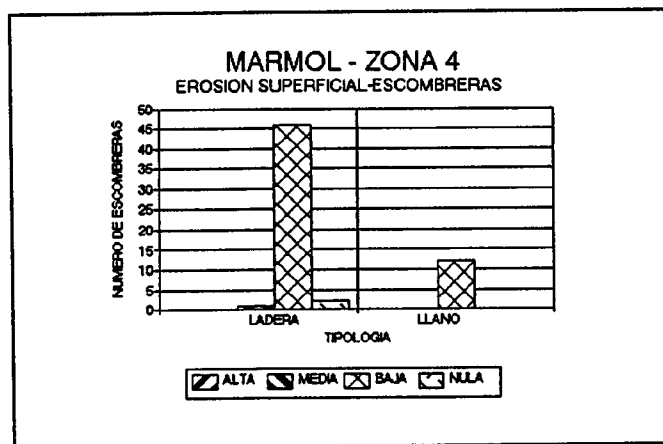
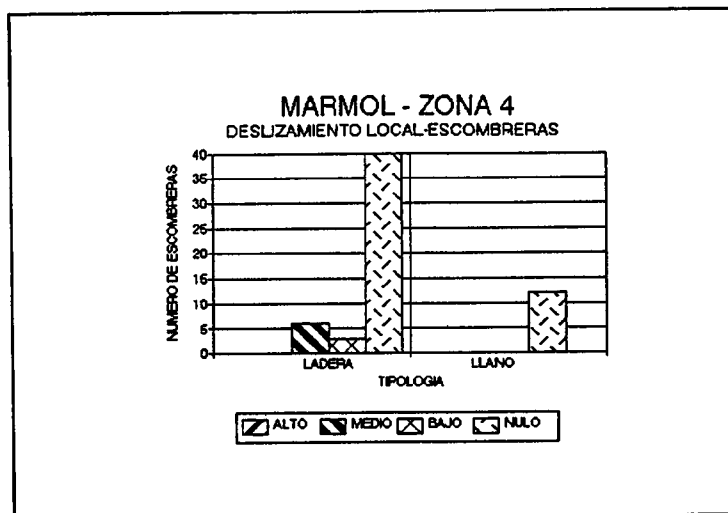


Gráfico 4.17.

- Estructuras con impacto ambiental alto

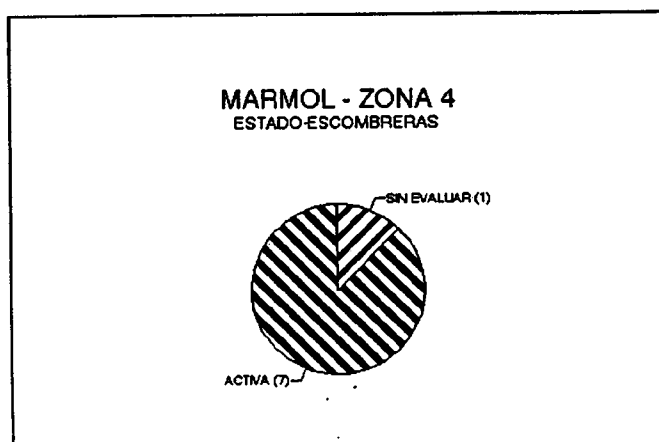


Gráfico 4.18.

Gráfico 4.19.

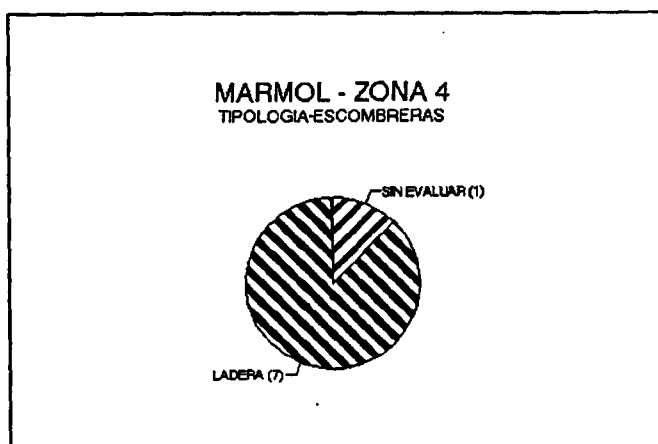
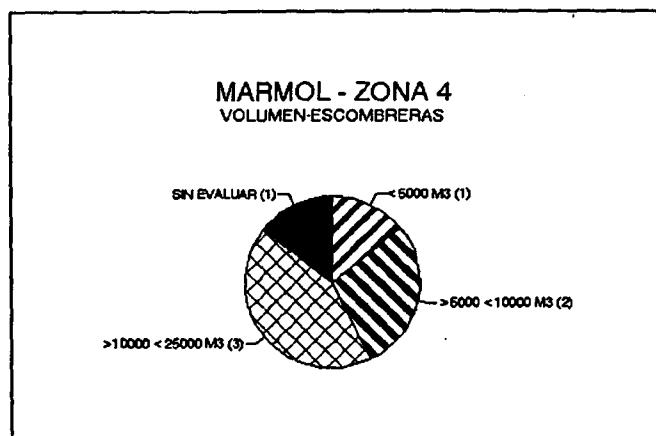


Gráfico 4.20.

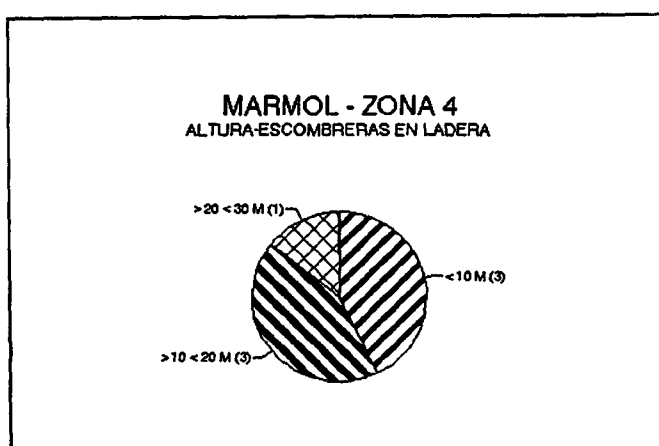


Gráfico 4.21.

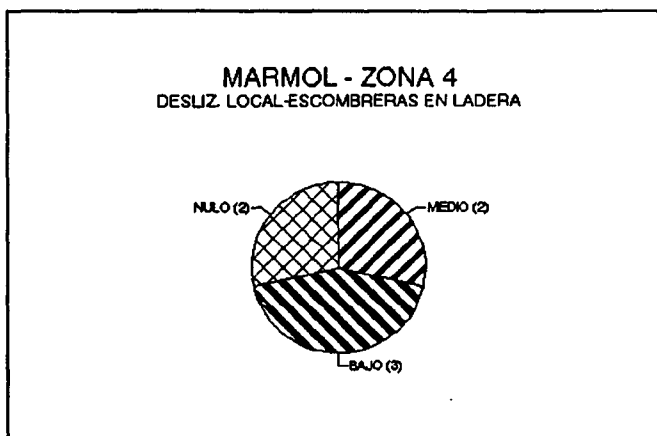


Gráfico 4.22.

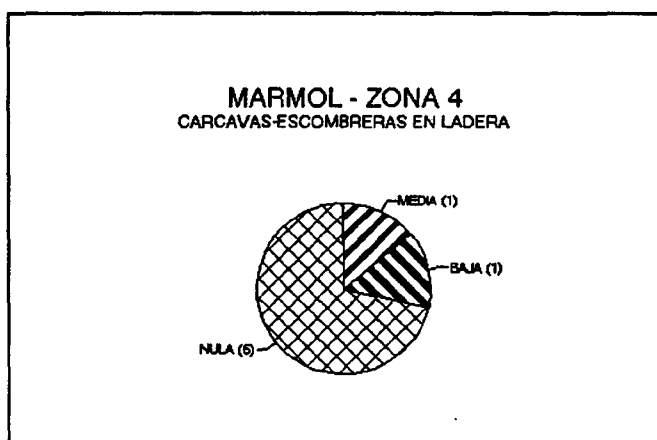


Gráfico 4.23.

#### 7.4.5. Zona 5.- Almería

Los volúmenes de estériles, el nº de depósitos y el porcentaje de residuos de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total de residuos, según los datos existentes en el listado de estructuras, son los que se recogen en el cuadro 7.8.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
ALMERIA	E	19.080.400	15.875.600	126	83,2
	B	2.543.800	2.300	5	0,09

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 7.8.**

El tamaño de la muestra está constituido por 130 fichas de estructuras residuales. Los datos obtenidos en el estudio se resumen en los gráficos siguientes:

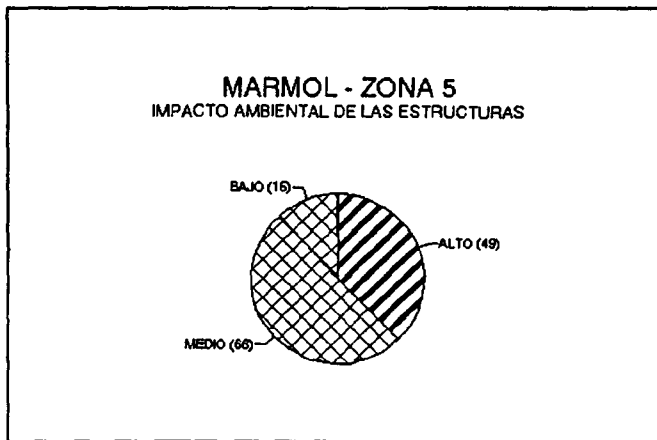


Gráfico 5.1.

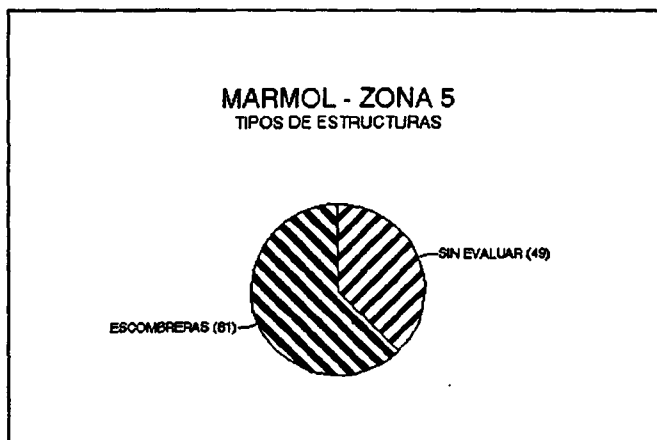


Gráfico 5.2.

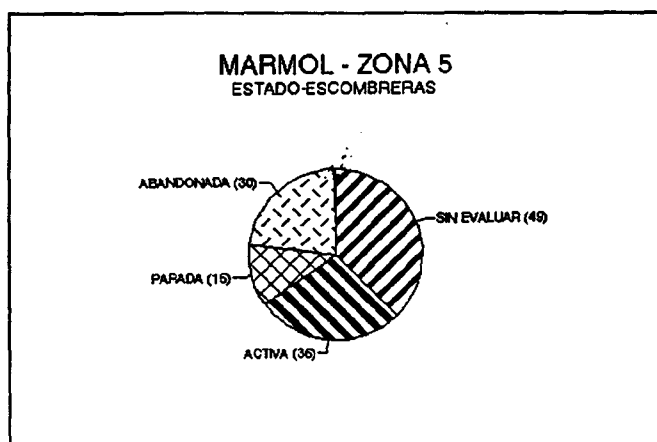


Gráfico 5.3.



Gráfico 5.4.

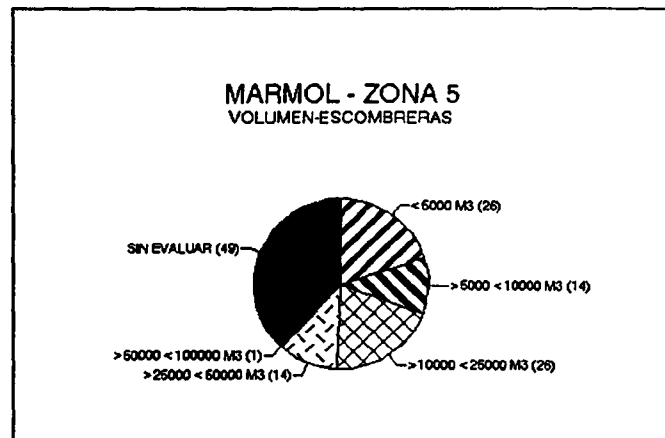


Gráfico 5.5.

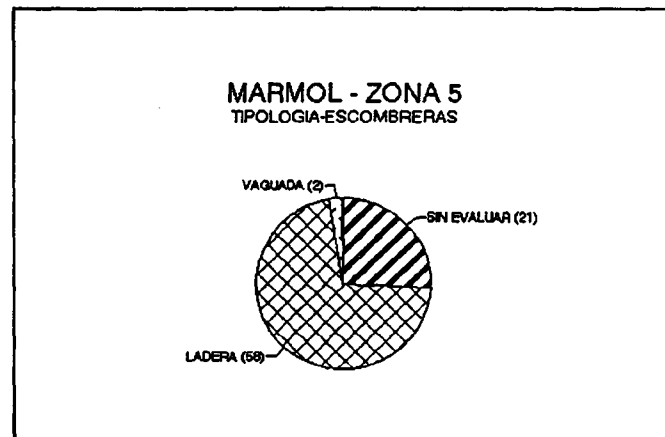
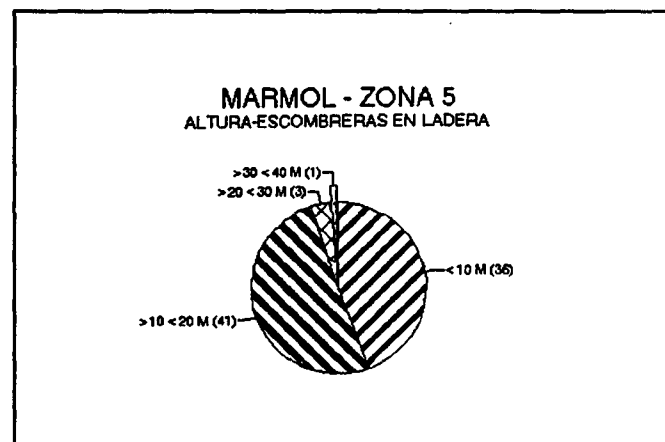


Gráfico 5.6.



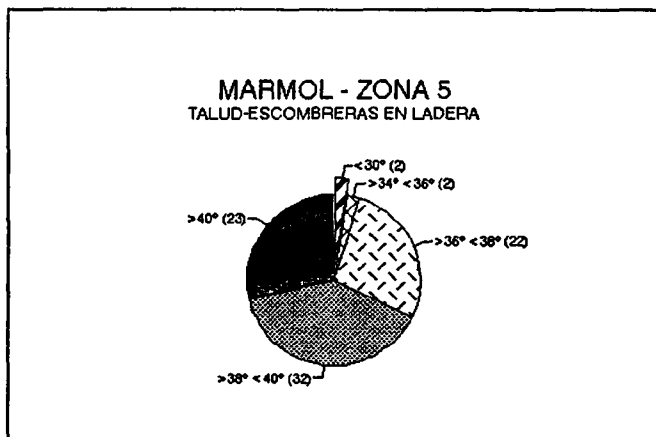


Gráfico 5.7.

Gráfico 5.8.

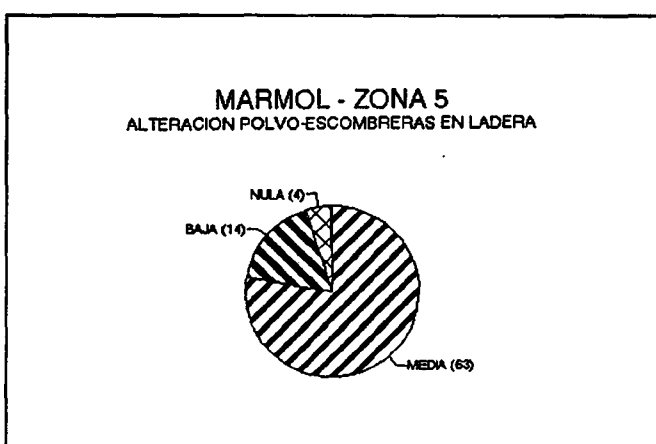
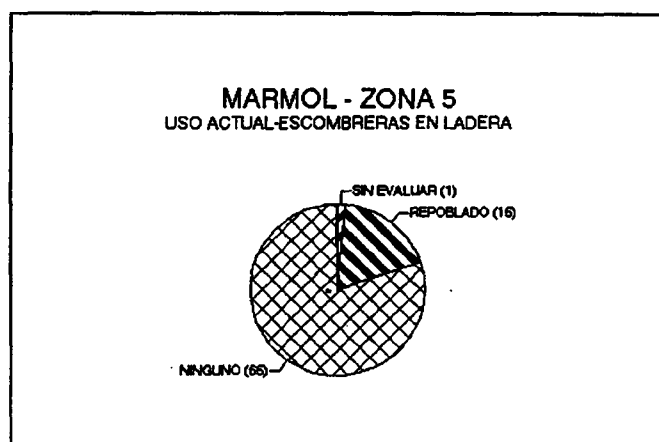


Gráfico 5.9.

Gráfico 5.10.

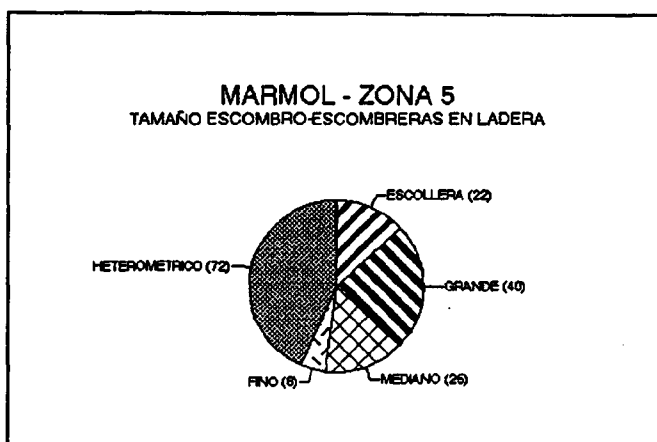
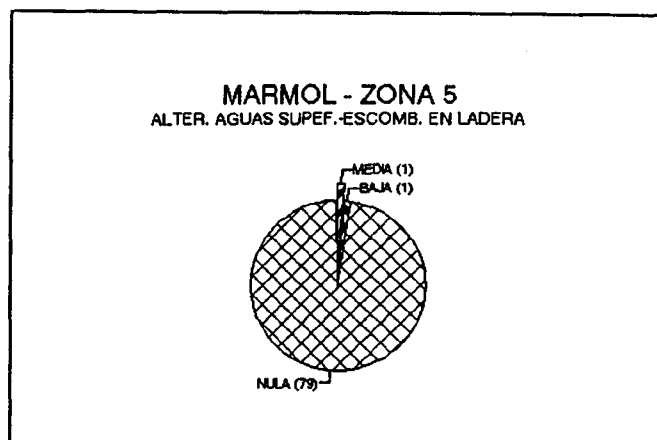


Gráfico 5.11.

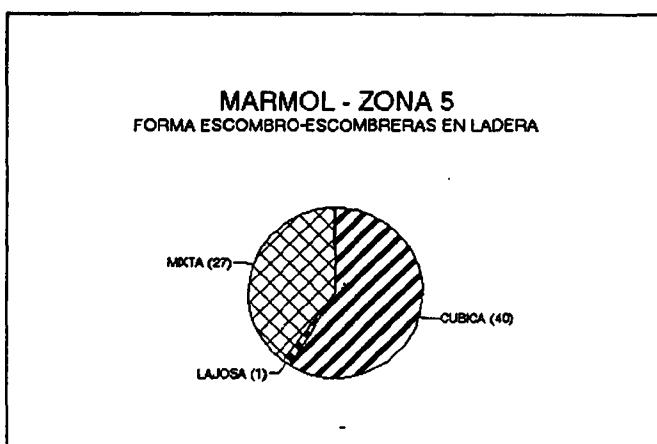


Gráfico 5.12.

Gráfico 5.13.

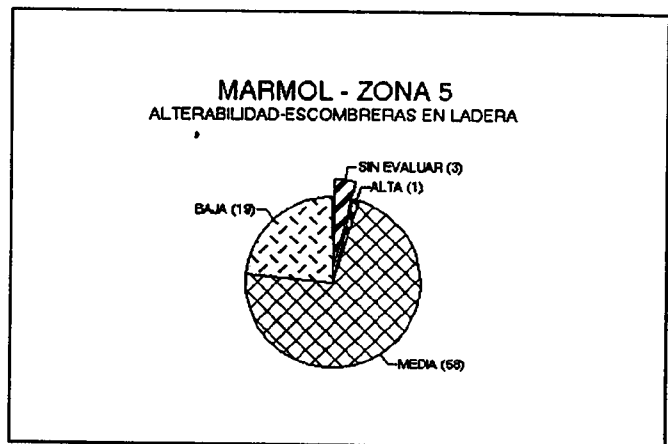


Gráfico 5.14.

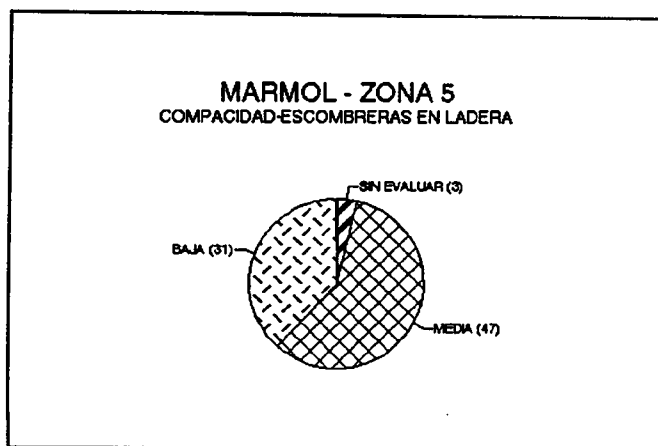
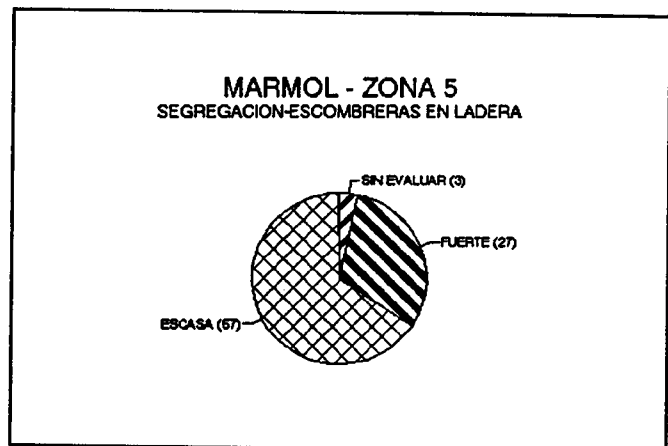


Gráfico 5.15.

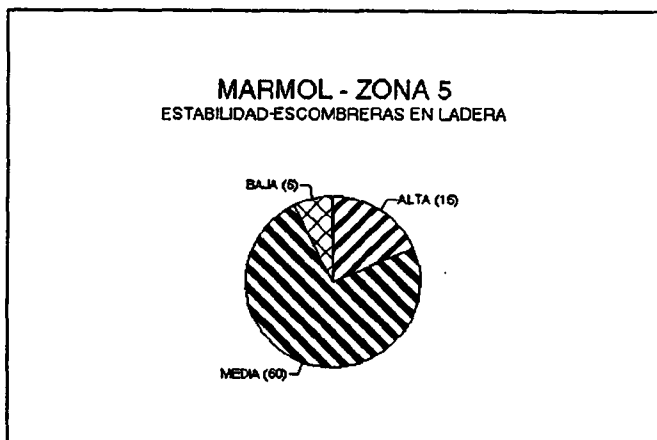


Gráfico 5.16.

- Estructuras que presentan impacto ambiental alto:

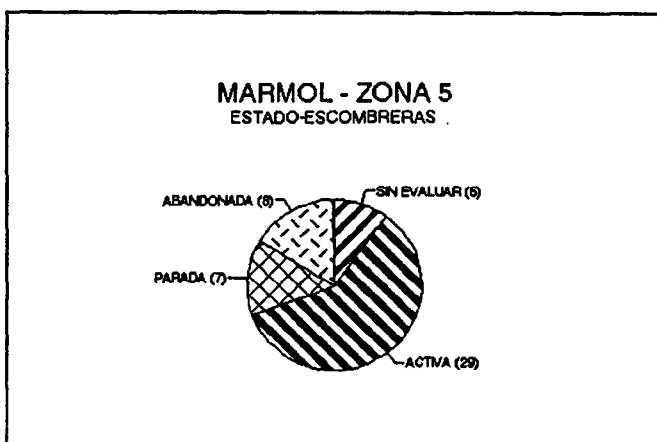


Gráfico 5.17.

Gráfico 5.18.

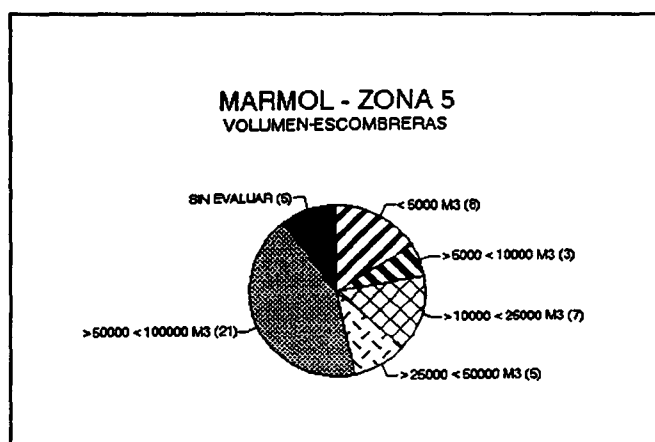


Gráfico 5.19.

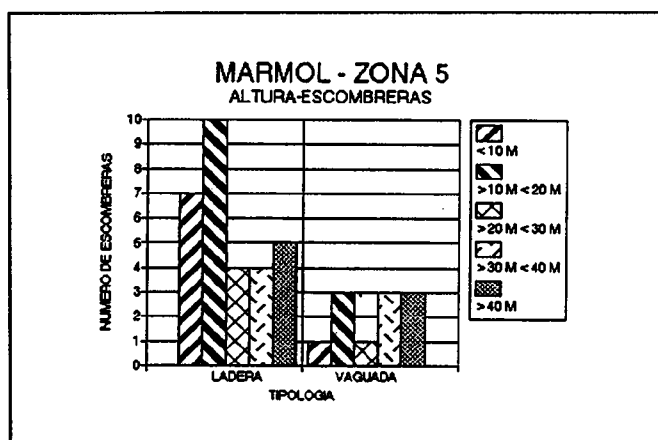
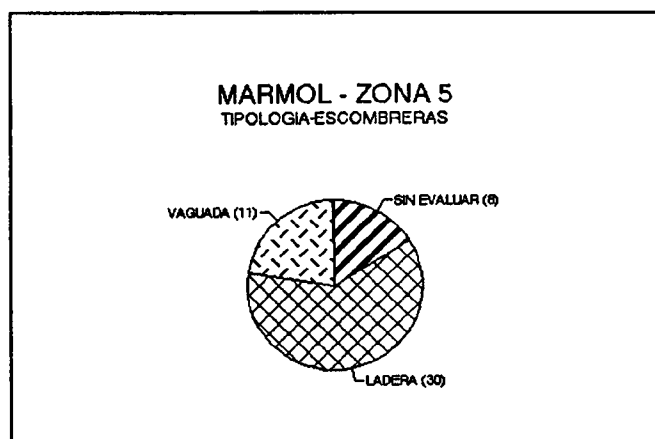


Gráfico 5.20.

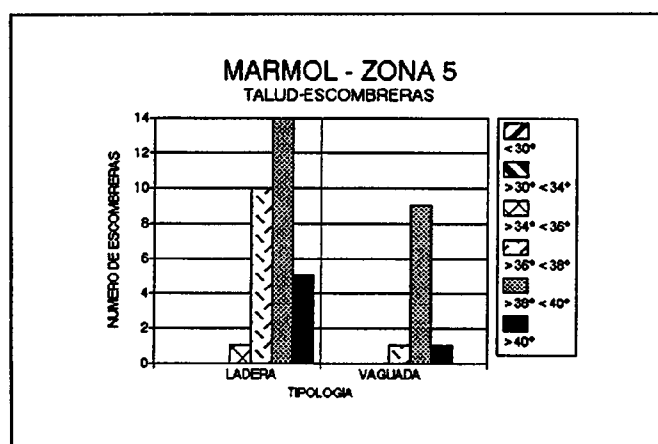


Gráfico 5.21.

Gráfico 5.22.

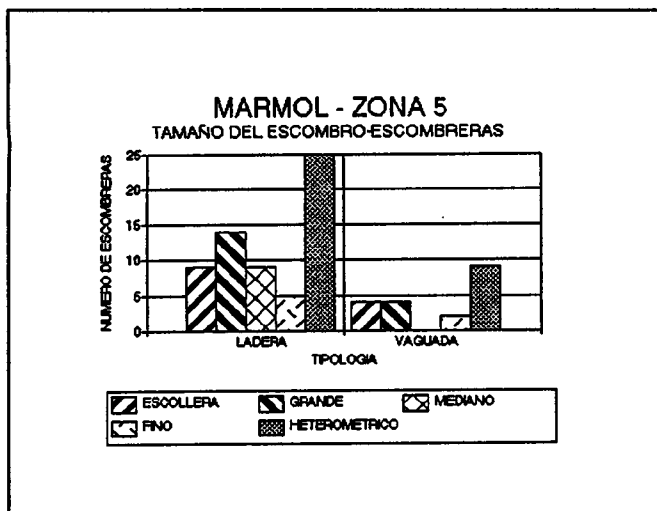
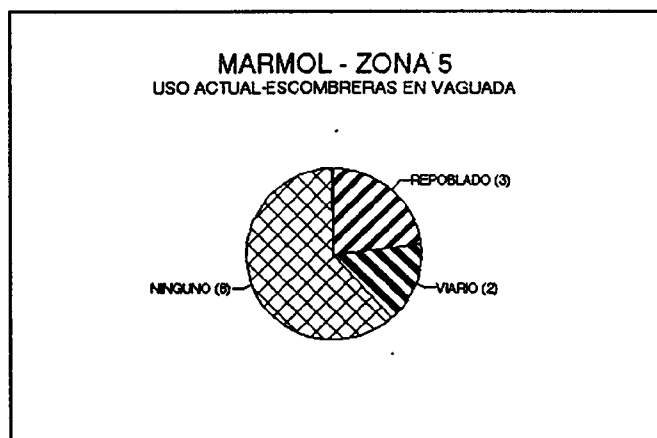
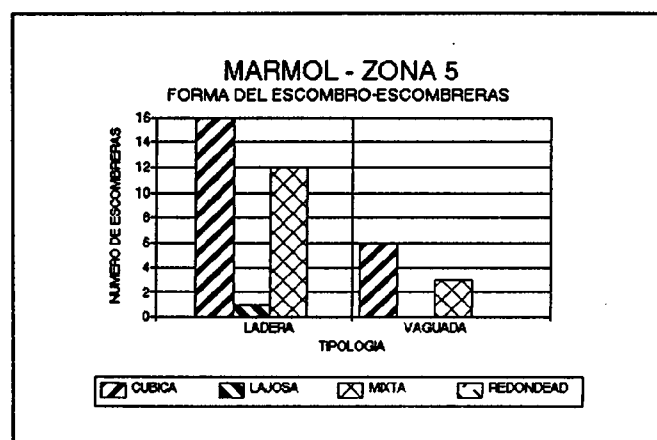


Gráfico 5.23.

Gráfico 5.24.



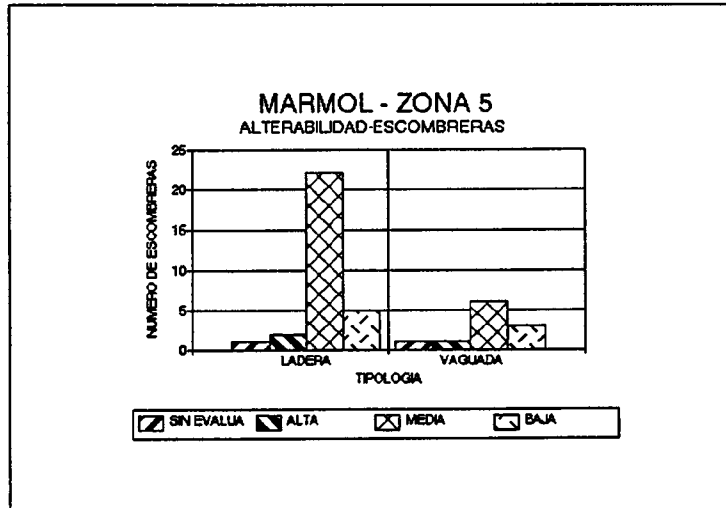


Gráfico 5.25.

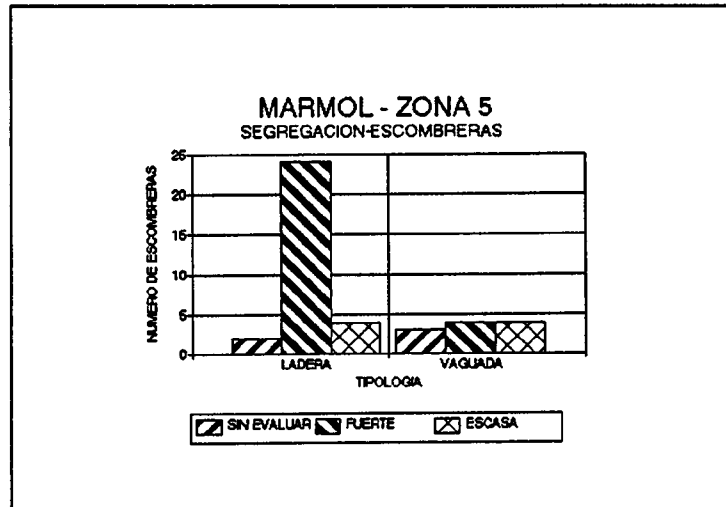


Gráfico 5.26.



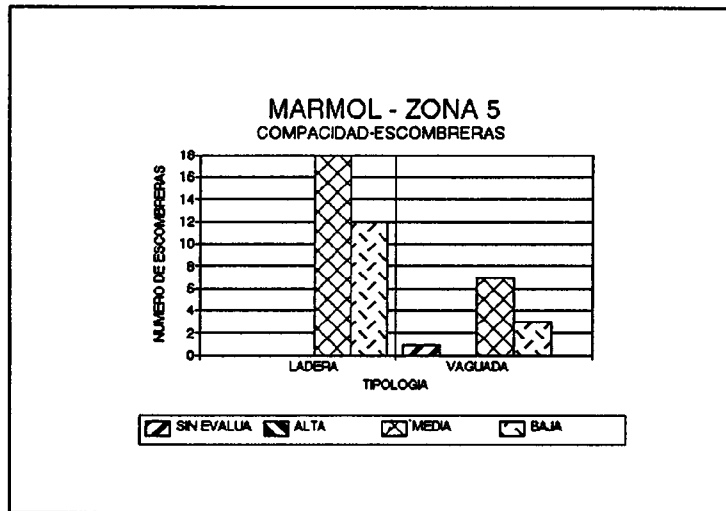


Gráfico 5.27.

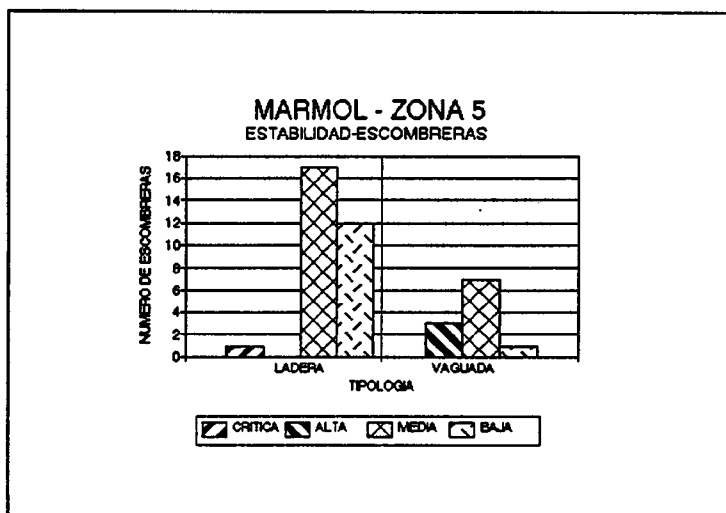


Gráfico 5.28.

#### 7.4.6. Zona 6.- Málaga, Granada

Según los datos existentes en el listado de estructuras residuales, los volúmenes de estériles, el nº de depósitos, y el porcentaje de escombros procedentes de la explotación de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total, son las que se reflejan en el cuadro 7.9.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTERILES (m <sup>3</sup> )	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
MALAGA	E B M	3.139.850 520.000 400.000	1.022.700	18	32,5
GRANADA	E B	135.206.540 942.500	77.900	12	0,05

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

#### CUADRO 7.9.

El tamaño de la muestra está constituida por 17 fichas. Se han reflejado gráficamente las conclusiones obtenidas.

Gráfico 6.1.

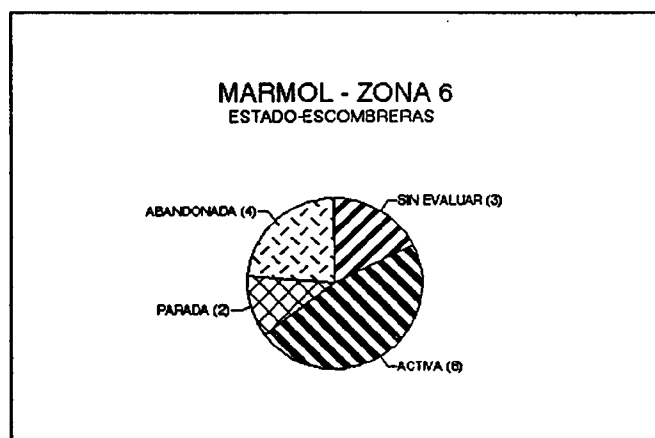


Gráfico 6.2.

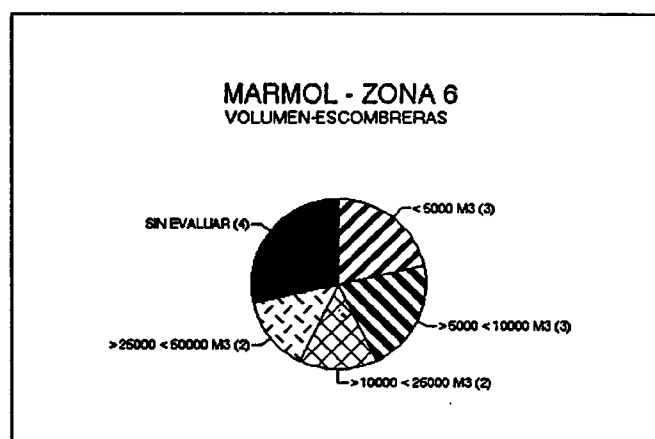
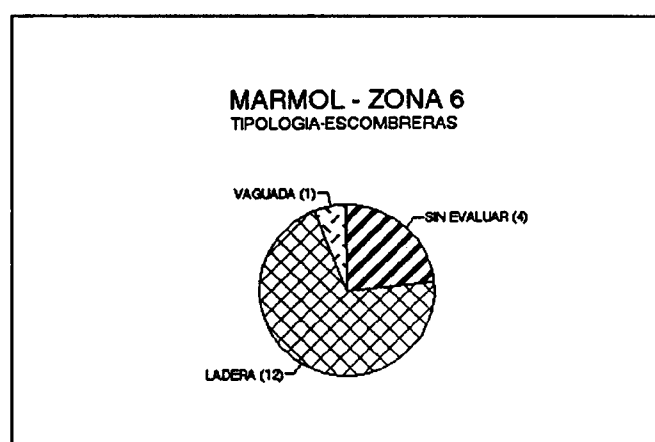


Gráfico 6.3.



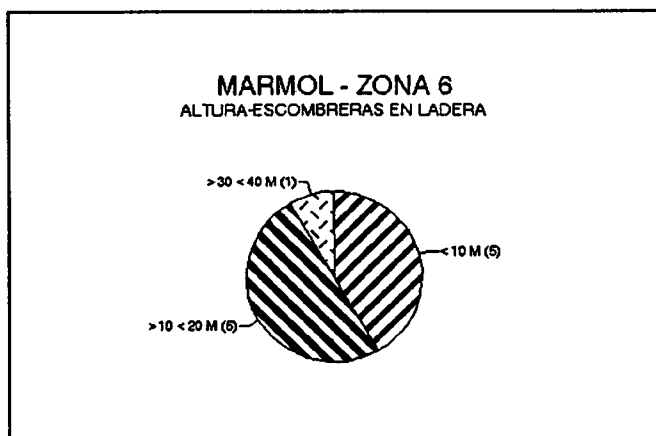


Gráfico 6.4.

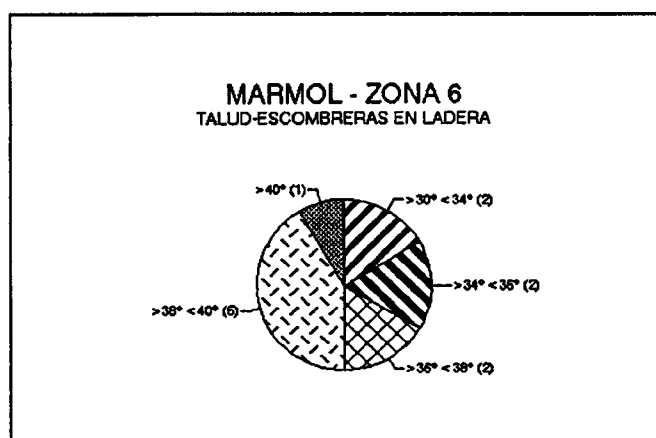
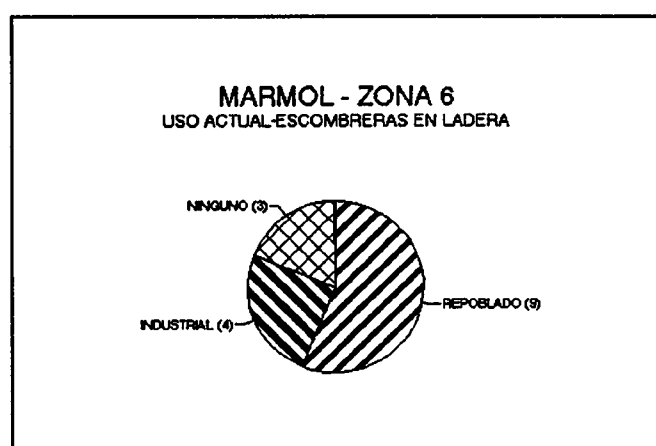


Gráfico 6.5.

Gráfico 6.6.



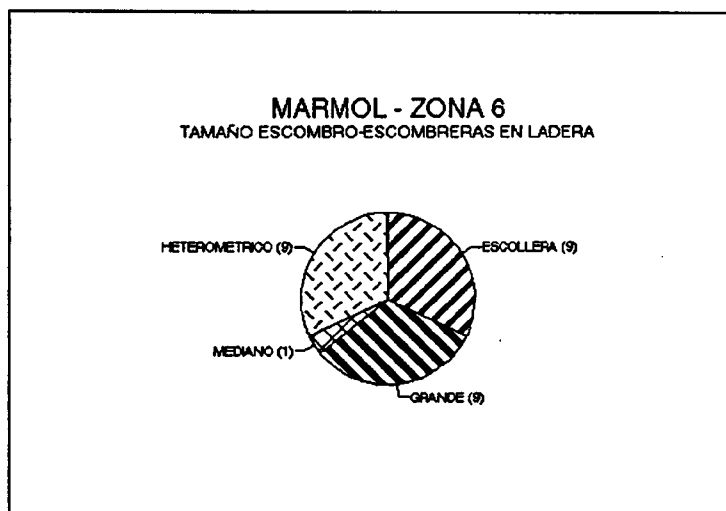


Gráfico 6.7.

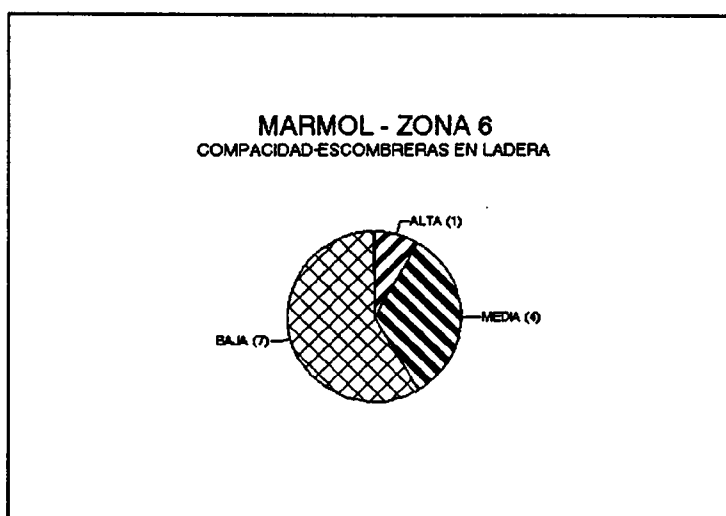


Gráfico 6.8.

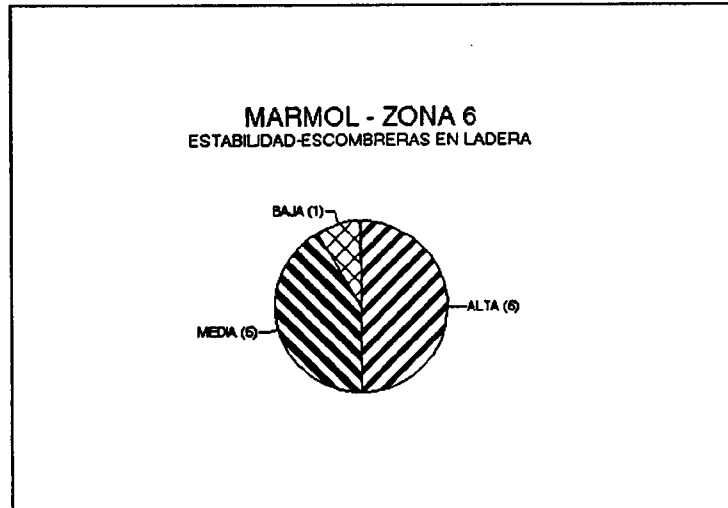


Gráfico 6.9.

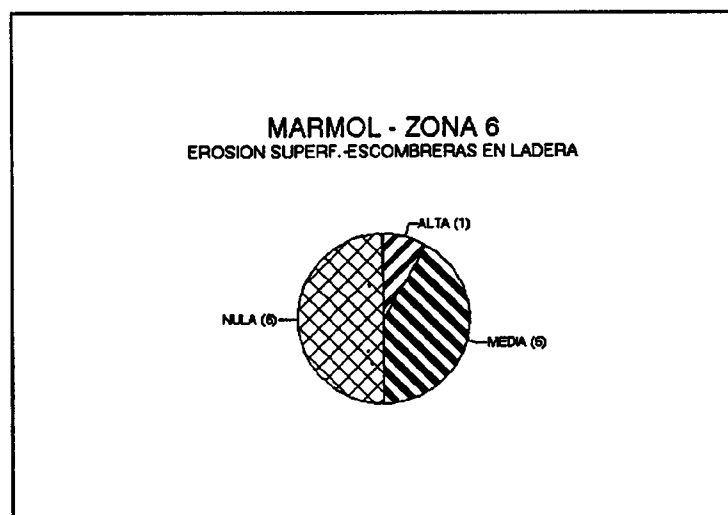


Gráfico 6.10.

#### 7.4.7. Zona 7.- Toledo, Ciudad Real, Segovia

Análogamente, de acuerdo con los datos existentes en el listado de estructuras residuales, los volúmenes de estériles, el nº de depósitos, y el porcentaje de residuos de la explotación de mármoles y sus variedades asociadas respecto al total, son los que se reflejan en el cuadro 7.10.

PROVINCIA	TIPO DE ESTRUCTURA E, B, M	VOLUMEN TOTAL DE ESTÉRILES (m <sup>3</sup> )	MARMOL Y VARIEDADES ASOCIADAS		
			VOLUMEN DE RESIDUOS (m <sup>3</sup> )	Nº DE ESTRUCTURAS	PORCENTAJE %
TOLEDO	E	1.520.200	24.000	5	1,57
	B	207.500	6.000	2	2,8
CIUDAD REAL	E	110.491.500	4.000	1	0,003
	B	556.400	200	1	0,03
SEGOVIA	E	696.180	25.750	9	3,69
	B	80			

E: Escombreras, B: Balsas, M: Mixtas

**CUADRO 7.10.**

El tamaño de la muestra está constituida por 12 fichas. Se ha representado gráficamente los resultados de los parámetros estudiados.

Gráfico 7.1.

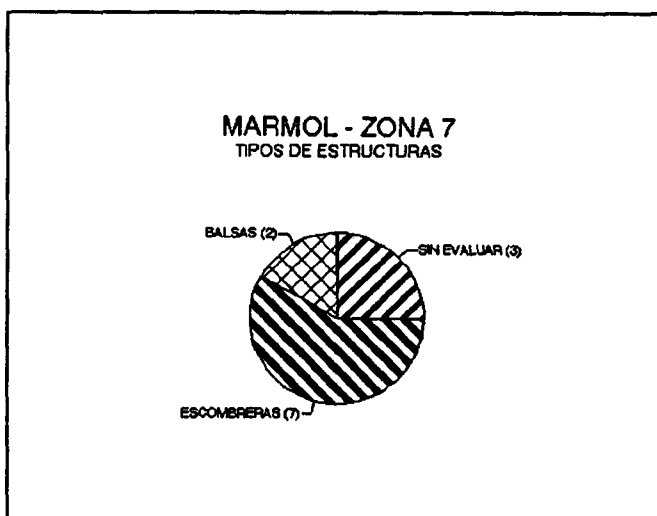
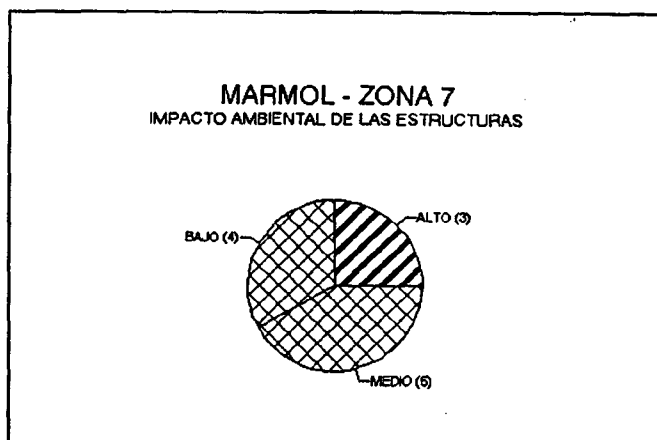
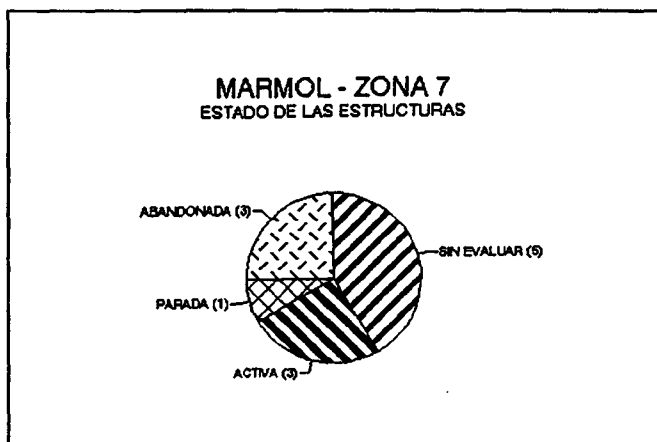


Gráfico 7.2.

Gráfico 7.3.





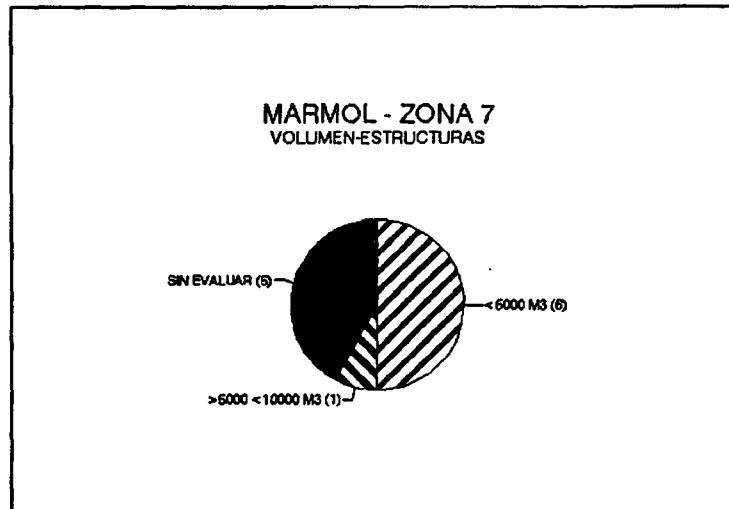


Gráfico 7.4.

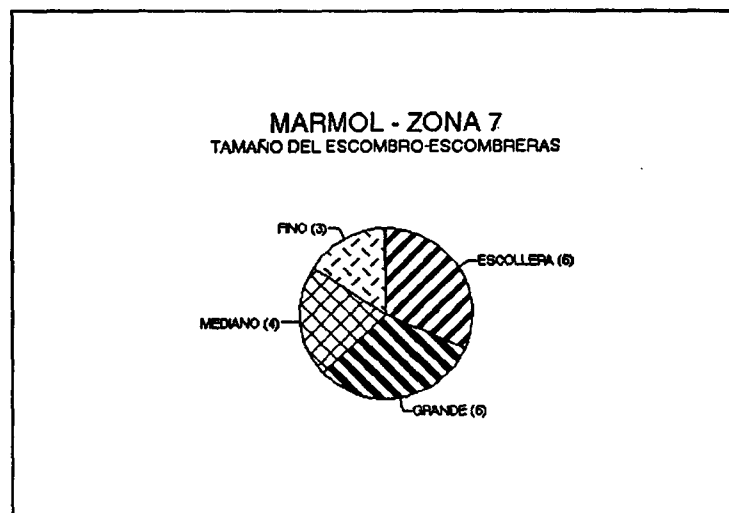


Gráfico 7.5.

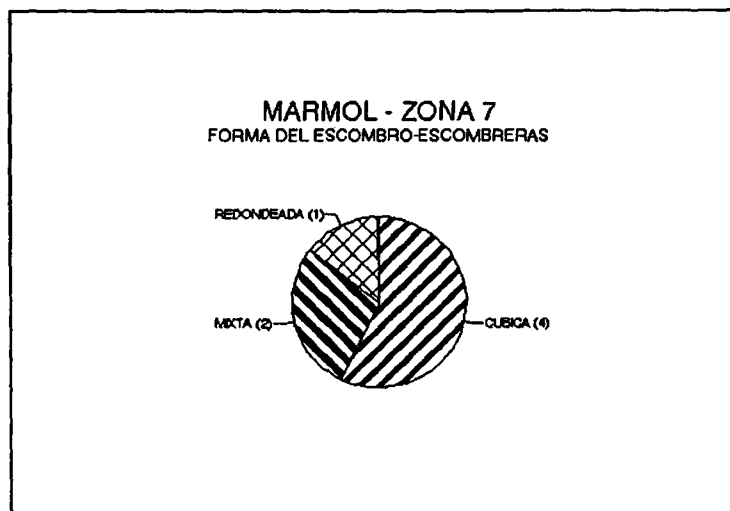


Gráfico 7.6.

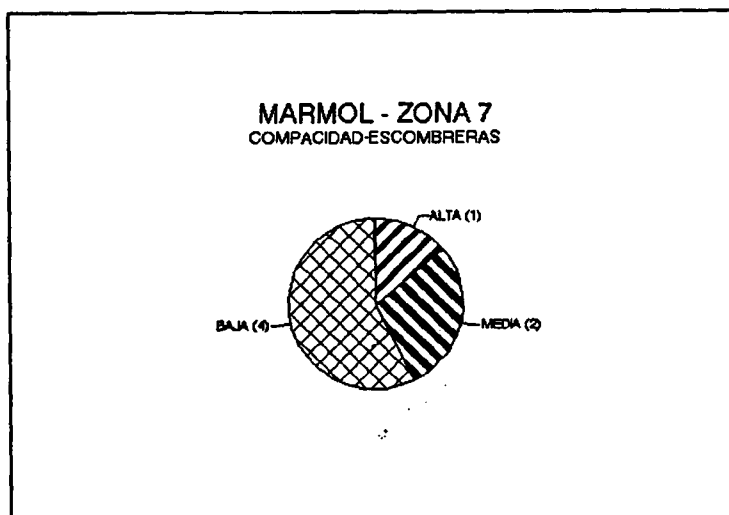


Gráfico 7.7.

## **8. CRITERIOS DE RESTAURACION Y ABANDONO DE LAS ESTRUCTURAS RESIDUALES DEL SECTOR ORNAMENTAL**

Las canteras dedicadas a la explotación de rocas ornamentales, en general producen una alteración visual importante, debido a los grandes huecos producidos con taludes verticalizados.

Este tipo de canteras no tienen una recuperación fácil, ya que casi no se dispone de materiales estériles para el relleno de los huecos, y por otro lado las labores de remodelado son difíciles y costosas.

En general, la recuperación depende de las características del lugar donde esté ubicada la explotación, de los objetivos medio-ambientales y de los usos que se prevean para dichos terrenos.

Se puede determinar una pauta general o criterios a seguir en cuanto a restauración y minoración de las alteraciones producidas por las explotaciones y estructuras residuales del sector ornamental:

- Ocultación de frentes aprovechando por un lado, la abundancia de recursos geológicos que tienen estos materiales, y por otro el empleo de pantallas visuales.
- Proceder con sumo cuidado a la retirada previa y acopio de la tierra vegetal, para utilizarla posteriormente en el proceso de restauración de la vegetación.
- Remodelar la topografía alterada de manera que se asemeje lo más posible a la natural de la zona. Para ello hay que tener en cuenta si los taludes de los huecos excavados son frentes únicos o banqueados, así como la altura de los mismos.

En el caso de talud único de gran altura se puedan realizar voladuras controladas en la parte superior del talud, para crear unos frentes de menor pendiente con irregularidades en las zonas altas, consiguiendo una topografía más natural, y facilitando la implantación de vegetación.

Si se trata de taludes banqueados se puede proceder a volar las cabezas de los bancos, de manera que los escombros de la voladura queden retenidos en las bermas, consiguiendo romper la angulosidad de las formas y constituyendo un sustrato que permita el recubrimiento posterior con materiales de cobertera o tierra vegetal. Otra solución es realizar voladuras puntuales con pequeñas cargas de explosivo, aumentando la fracturación de las rocas sin afectar a la estabilidad del talud, con el fin de crear un hoyo para el arbolado y grietas para el desarrollo de las raíces.

Por otro lado, si se dispone de materiales estériles de la propia explotación, de otras próximas o incluso de escombros de construcción, urbanos, etc; y se trata de taludes bajos, se puede realizar un relleno parcial o total del frente, para conseguir un perfil del terreno suave y extender sobre él la capa de tierra vegetal.

En cuanto a escombreras y balsas hay que estudiar y evaluar los defectos de ejecución que puedan afectar a la estabilidad de las estructuras, así como suavizar los impactos que se hayan producido:

- Construir diques de retención o zanjas de intercepción, para la recogida de aguas de escorrentía, asegurando su limpieza y mantenimiento.
- Evitar la inundación del pie de la escombrera y la erosión interna de la misma causada por posibles filtraciones.

- Adopción de medidas de protección y remodelación, para aquellas escombreras que puedan dar lugar a la intercepción de cursos de agua por deslizamientos o desprendimientos.
- Utilizar los materiales residuales como relleno del hueco de explotación creado.
- Restitución y revegetación de las estructuras, tanto escombreras como balsas, teniendo en cuenta la litología del vertido, granulometría, lugar de implantación, etc.
- Disminuir el impacto visual, mediante la creación de barreras forestales que oculten en lo posible las estructuras.
- Por otro lado, se puede pensar en la posible utilización de los materiales residuales procedentes de este tipo de explotaciones:
  - Las canteras de granitos ornamentales generan unos residuos heterométricos para los cuales es posible dos tipos de recuperación. El primero sería un uso como áridos, con un tratamiento previo de clasificación y trituración. El segundo consistiría en seleccionar ciertas piezas, que por sus características, pudieran trabajarse de forma artesanal para la obtención de bordillos, adoquines, etc.
  - Los residuos producidos por la extracción de bloques de mármol y calizas marmóreas están constituidos por fragmentos de diversos tamaños de dichas rocas y por finos procedentes del recubrimiento y del relleno de discontinuidades. Mediante trituración dichos materiales podrían utilizarse en el campo de los terrazos y en el de los áridos.

Investigando su composición química se podrían emplear como carbonato cálcico en polvo en diversos campos de la industria.

- Los materiales residuales procedentes de las explotaciones de pizarras además de poder ser aprovechados como relleno de la zona explotada, podrían ser utilizados previa trituración y clasificación como áridos de firmes de caminos y pistas de rodadura.

## **9. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

El estudio realizado en el sector de Rocas Ornamentales ha tenido como objetivo la evaluación de la situación ambiental de las explotaciones y estructuras residuales.

Para ello, como fuente de datos principal se ha utilizado el Banco informatizado correspondiente al Inventario Nacional de Balsas y Escombreras (ITGE, 1989).

También se han analizado otros aspectos como ámbito geológico, ubicación de explotaciones, procesos de explotación y posterior tratamiento de las diferentes rocas ornamentales, así como la situación actual del sector para cada una de ellas.

Con el fin de buscar soluciones globales para suavizar o corregir las alteraciones producidas, se ha llevado a cabo una zonificación para cada roca ornamental siguiendo distintos criterios, definidos en el apartado 3 de esta memoria.

Los resultados alcanzados en el estudio, se pueden resumir en los siguientes puntos:

### **GRANITOS**

- El impacto ambiental producido por la explotación de granitos en general se ha calificado como medio-bajo, excepto en la zona 4 (Gerona, Barcelona, Tarragona) con una valoración alta.
- La alteración causada en el paisaje es alta-media para la zona 1 y zona 4 y media-baja para las zonas 2 y 3.

- Las estructuras residuales no superan los 10.000 m<sup>3</sup> de estériles, cuya disposición no supera los 10 m de altura con taludes entre 34 y 36°.
- Las condiciones de estabilidad se han valorado como altas.
- El volumen total estimado de estériles es 3.590.981 m<sup>3</sup>.

### **PIZARRAS**

- Para este tipo de roca ornamental se ha valorado un impacto ambiental en todas las zonas de medio-bajo.
- En cuanto al paisaje, se ha considerado una afección de media-alta excepto para la zona 4 (provincia de Segovia) en la que se ha calificado como media-baja.
- El volumen de estériles en las estructuras residuales es muy variado, no superando en general los 5.000 m<sup>3</sup>. En algún caso se ha alcanzado 25.000 m<sup>3</sup>.
- La altura de las estructuras no superan los 30 m, y tienen taludes muy variables, llegando en algunos casos a 38°.
- La estabilidad en general es media-alta, considerando diferentes parámetros.
- El volumen total de estériles registrado para el caso de las pizarras es 12.183.850 m<sup>3</sup>.



## **MARMOL**

- El impacto ambiental causado por la extracción de esta roca ornamental se ha colocado como medio-bajo, encontrándose algún caso con impacto alto.
- Por otro lado, también se ha contemplado la alteración causada en el paisaje, considerándose para la mayoría de las estructuras y frentes como medio-bajo.
- Los volúmenes de estériles en las diferentes estructuras no superan los 25.000 m<sup>3</sup>.
- Las estructuras residuales del mármol alcanzan 20 m de altura máxima, presentando taludes que oscilan entre 34 y 38°, aunque en alguna estructura se llega a 40°.
- En cuanto a estabilidad, se han contemplado diferentes parámetros (grietas, deslizamientos, erosión, etc...) pudiendo valorar que todas las estructuras tienen una estabilidad alta-media.
- El volumen total de estériles de mármol, vertido en las distintas estructuras es 25.728.200 m<sup>3</sup>.

Por último se plantean criterios de restauración y abandono de las estructuras residuales y frentes de explotación, tendentes a corregir y minorarse la incidencia que tienen sobre su entorno, fundamentalmente en aspectos medioambientales y de estabilidad.