

10153

MINISTERIO DE INDUSTRIA
DIRECCION GENERAL DE MINAS
E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

10153

PLAN NACIONAL DE LA MINERIA
PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA



PROGRAMA SECTORIAL DE INVESTIGACION DE MINERALES DE HIERRO

Subsector VII: Centro-Levante. Area 4. Moncayo

ESTIMACION DEL POTENCIAL MINERO
EN EL SUBSECTOR VII. CENTRO-LEVANTE
AREA 4. MONCAYO



MEMORIA
Tomo I

10153

19153

PROGRAMA SECTORIAL DE INVESTIGACION DE MINERALES DE HIERRO

ESTIMACION DEL POTENCIAL MINERO
EN EL SUBSECTOR VII. CENTRO-LEVANTE
AREA 4. MONCAYO

INDICE GENERAL

Madrid-Diciembre 1.975

INDICE GENERAL

TOMO I: Memoria

TOMO II: Inventario de Indicios Mineros

TOMO III: Sondeos

TOMO IV: Geoquímica

TOMO V: Ensayos de Métodos Geofísicos;
Análisis; Fotografías.

TOMO VI: Planos

19153

PROGRAMA SECTORIAL DE INVESTIGACION DE MINERALES DE HIERRO

ESTIMACION DEL POTENCIAL MINERO
EN EL SUBSECTOR VII. CENTRO-LEVANTE
AREA 4. MONCAYO

MEMORIA

TOMO I.

Madrid-Diciembre 1.975

19153

.INDICE DE MATERIAS.

I. INTRODUCCION	<u>Pag.</u>
1.1. Resumen	1
1.1.1. Introducción	1
1.1.2. Métodos de Trabajo	2
1.1.3. Geología	2
1.1.4. Criaderos minerales y mineralogénesis	5
1.1.5. Investigación	8
1.1.6. Conclusiones	9
1.2. Presentación	12
1.3. Objetivos	12
1.4. Delimitación del área estudiada	13
1.5. Situación geográfica	16
1.5.1. Orografía	16
1.5.2. Hidrografía	16
1.5.3. Clima	16
1.5.4. Geografía humana	18
1.5.5. Geografía económica	18
1.5.6. Comunicaciones	19
1.6. Encuadre geológico	20
1.7. Antecedentes	21

II. METODOS DE ESTUDIO Y TRABAJOS REALIZADOS

	<u>Pag.</u>
2.1. Introducción.....	22
2.2. Metodología de la investigación.....	23
2.3. Técnicas especiales.....	26
2.3.1. Geofísica.....	26
2.3.1.1. Técnicas de trabajo.....	28
2.3.1.1.1. Magnético.....	29
2.3.1.1.2. Electromagnético.....	30
2.3.1.1.3. Sondeos Eléctricos Ver- ticales.....	33
2.3.1.1.4. Calicatas Eléctricas...	35
2.3.1.1.5. Gravimétrico.....	36
2.3.2. Geoquímica.....	38
2.3.2.1. Geoquímica estratégica o regional.	38
2.3.2.2. Geoquímica táctica o de detalle...	38
2.3.2.3. Análisis.....	38
2.3.2.4. Tratamiento de los datos.....	39
2.3.2.5. Representación gráfica.....	39
2.4. Trabajos realizados.....	41
2.4.1. Recopilación de datos.....	41
2.4.1.1. Bibliografía geológica.....	42
2.4.1.2. Bibliografía minera.....	53
2.4.2. Base topográfica.....	56
2.4.3. Geología.....	59
2.4.4. Geofísica.....	61
2.4.5. Geoquímica	63
2.4.6. Sondeos.....	63
2.4.7. Laboratorios.....	66

III. GEOLOGIA	<u>Pag.</u>
3.1. Introducción	69
3.2. Estratigrafía	70
3.2.1. Precámbrico	70
3.2.2. Cámbrico	74
3.2.2.1. Cuarcita de Bámbola	76
3.2.2.2. Capas de Embid	77
3.2.2.3. Capas de Jalón	79
3.2.2.4. Dolomia de Ribota	80
3.2.2.5. Pizarras de Huérmeda	82
3.2.2.6. Cuarcita de Daroca	83
3.2.2.7. Cámbrico medio	83
3.2.2.8. Serie Ibérica	85
3.2.3. Ordovícico	86
3.2.3.1. Cuarcita armoricana	86
3.2.3.2. Llandeilo-Llandovery	87
3.2.4. Silúrico	88
3.2.5. Devónico	88
3.2.6. Triásico	89
3.2.6.1. Buntsandstein	89
3.2.6.2. Muschelkalk	92
3.2.6.3. Keuper	93
3.2.7. Jurásico	93
3.2.7.1. Hettangiense	94
3.2.7.2. Sinemuriense	94
3.2.7.3. Pliensbachiense	95
3.2.7.4. Toarciense	95
3.2.7.5. Aaleniense	96

	<u>Pag.</u>
3.2.7.6. Bajociense	96
3.2.7.7. Bathoniense - Calloviense	97
3.2.7.8. Oxfordiense	98
3.2.7.9. Kimmeridgiense.....	98
3.2.7.10. Facies Purbeck.....	99
3.2.8. Cretácico.....	100
3.2.8.1. Aptiense	101
3.2.8.2. Albiense	101
3.2.8.3. Cenomaniense.....	101
3.2.8.4. Turoniense-Coniaciense	102
3.2.8.5. Santoniense	102
3.2.8.6. Campaniense.....	102
3.2.9. Terciario	103
3.2.9.1. Serie detrítica inferior	103
3.2.9.2. Niveles lacustres	104
3.2.9.3. Serie detrítica superior.....	104
3.2.10. Cuaternario	105
3.3. Sedimentología y paleogeografía	106
3.3.1. Resumen e interpretación de las formaciones pre- triásicas	106
3.3.1.1. La serie infraconglomerática	106
3.3.1.2. El conjunto detrítico basal	106
3.3.1.3. El tramo carbonatado inferior	108
3.3.1.4. La serie detrítica intermedia	108
3.3.1.5. La serie carbonatada superior	109
3.3.1.6. El conjunto detrítico superior	109
3.3.2. La superficie de erosión pretriásica	110
3.3.3. Resumen e interpretación de las formaciones me- sozoicas..	111
3.3.3.1. El tramo detrítico rojo basal	111

	<u>Pag.</u>
3.3.3.2. La serie carbonatada y evaporítica ..	112
3.3.3.3. La serie calcárea inferior	113
3.3.3.4. El tramo rojo superior	113
3.3.3.5. La serie calcárea superior	113
3.4. Rocas no sedimentarias	115
3.4.1. Rocas efusivas	115
3.4.2. Rocas filonianas	116
3.4.3. Rocas metamórficas	116
3.5. Tectónica	117
3.5.1. Introducción	117
3.5.2. Estructuras de zócalo	118
3.5.2.1. Anticlinal de Toranzo	118
3.5.2.2. Sinclinal de Borobia	119
3.5.2.3. Anticlinal de Vicort	120
3.5.2.4. Sinclinal de Algairén	120
3.5.3. Estructuras de Cobertera	121
3.5.3.1. Anticlinal de Moncayo	121
3.5.3.2. Sinclinal de Olvega	122
3.5.3.3. Sinclinal de Noviercas	122
3.5.3.4. Sinclinorio de Talamantes	123
3.5.3.5. Fosa tectónica de Morés	123
3.5.4. Materiales Postorogénicos	124
3.5.5. Conclusiones	125
3.5.5.1. La orogénesis herciniana	125
3.5.5.2. La orogénesis alpina	126
3.6. Síntesis evolutiva	128

	<u>Pag.</u>
IV. CRIADEROS MINERALES Y MINERALOGENESIS	
4.1. Introducción	131
4.2. Descripción de los principales criaderos	134
4.2.1. Olvega	134
4.2.1.1. Morfología del criadero	134
4.2.1.2. Roca encajante	134
4.2.1.3. Mineralogía.....	134
4.2.1.4. Calidad del mineral.....	136
4.2.1.5. Labores mineras	137
4.2.1.6. Continuidad de la mineralización ..	137
4.2.2. Borobia	138
4.2.2.1. Morfología del criadero	138
4.2.2.2. Roca encajante	138
4.2.2.3. Mineralogía	138
4.2.2.4. Calidad del mineral	139
4.2.2.5. Labores mineras	140
4.2.2.6. Continuidad de la mineralización ..	140
4.2.3. Tierra	141
4.2.3.1. Morfología del criadero	141
4.2.3.2. Roca encajante	141
4.2.3.3. Mineralogía	142
4.2.3.4. Calidad del mineral.....	143
4.2.3.5. Labores mineras; minería actual ...	143
4.2.3.6. Continuidad de la mineralización ..	144
4.2.4. Zona de Codos	144
4.2.4.1. Morfología del criadero	144
4.2.4.2. Roca encajante	144
4.2.4.3. Mineralogía	146

	<u>Pag.</u>
4.2.4.4. Calidad del mineral	146
4.2.4.5. Labores mineras	146
4.2.4.6. Continuidad de la mineralización	147
X 4.2.5. Tabuena	147
4.2.5.1. Morfología del criadero	147
4.2.5.2. Roca encajante	147
4.2.5.3. Mineralogía	147
4.2.5.4. Calidad del mineral	148
4.2.5.5. Labores mineras	148
4.2.5.6. Continuidad de las mineralizaciones	148
4.2.6. Zona de Olmacedo	148
4.2.6.1. Morfología de los criaderos	148
4.2.6.2. Rocas encajantes	150
4.2.6.3. Mineralogía	151
4.2.6.4. Calidad del mineral y reservas ..	152
4.2.7. Otras mineralizaciones	154
4.2.7.1. Aranda del Moncayo	154
4.2.7.2. Zona de Valdenaza	155
4.2.7.3. Zona de El Frasnó	156
X 4.2.8. Minas de Tobed (Cu) y (Ba)	156
4.2.8.1. Morfología de los criaderos	156
4.2.8.2. Roca encajante	156
4.2.8.3. Mineralogía	156
4.2.8.4. Calidad del mineral	157
4.2.8.5. Labores mineras	157
4.2.8.6. Continuidad de las mineralizaciones	157
X 4.2.9. Alpartir (Cu).....	157
4.2.9.1. Morfología del criadero	157
4.2.9.2. Roca encajante	158

	<u>Pag.</u>
4.2.9.3. Mineralogía.....	158
4.2.9.4. Leyes.....	158
4.2.9.5. Labores mineras.....	158
4.2.9.6. Continuidad de las mineralizaciones.....	158
× 4.2.10 Tabuena (Cu).....	158
4.2.10.1. Morfología del criadero.....	158
4.2.10.2. Yacimientos.....	159
4.2.10.3. Mineralogía.....	159
4.2.10.4. Labores mineras.....	159
4.2.10.5. Continuidad de las mineralizaciones.....	159
4.2.11 Calcena (Valdeplata) (Pb, Zn, Ag).....	160
4.2.11.1. Morfología del criadero.....	160
4.2.11.2. Roca encajante.....	160
4.2.11.3. Mineralogía.....	160
4.2.11.4. Leyes.....	161
4.2.11.5. Labores mineras.....	161
4.2.11.6. Continuidad de la mineralización.....	162
4.2.12 Loma Charra (Pb, Zn).....	163
4.2.12.1. Morfología del criadero.....	163
4.2.12.2. Roca encajante.....	163
4.2.12.3. Mineralogía.....	163
4.2.12.4. Labores mineras.....	163
4.2.12.5. Continuidad de las mineralizaciones.....	164
4.2.13 Puerto del Madero (Pb, Zn).....	164
4.2.13.1. Morfología del criadero.....	164
4.2.13.2. Roca encajante.....	164
4.2.13.3. Mineralogía.....	164
4.2.13.4. Labores mineras.....	164
4.2.13.5. Continuidad de la mineralización.....	165

	<u>Pag.</u>
4.3. Mineralogénesis	165
4.3.1. Mineralizaciones de hierro.....	165
4.3.1.1. Introducción.....	165
4.3.1.2. Morfología y volumen de los criaderos	166
4.3.1.3. Mineralogía.....	166
4.3.1.4. Leyes y calidad del mineral	169
4.3.1.5. Metalotectos.....	175
4.3.1.6. Génesis de las mineralizaciones de Fe	175
X 4.3.2. Mineralizaciones de Cu.....	179
4.3.2.1. Introducción.....	179
4.3.2.2. Morfología y volumen de los criaderos	179
4.3.2.3. Mineralogía.....	180
4.3.2.4. Leyes.....	181
4.3.2.5. Metalotectos.....	181
4.3.2.6. Génesis de las mineralizaciones de Cu	181
4.3.3. Mineralizaciones de Pb-Zn.....	182
4.3.3.1. Introducción.....	182
4.3.3.2. Morfología y volumen de los criaderos	182
4.3.3.3. Mineralogía.....	182
4.3.3.4. Leyes.....	183
4.3.3.5. Metalotectos.....	183
4.3.3.6. Génesis de las mineralizaciones de Pb -Zn.....	183
4.3.4. Síntesis.....	185
4.3.4.1. Distribución de las mineralizaciones en la secuencia estratigráfica.....	185 "
4.3.4.2. Sedimentación y metalogénesis.....	188
4.3.4.3. Cambios postsedimentarios y metalogé- nicos.....	188
4.3.4.4. Previsión de mineralizaciones.....	189

V. INVESTIGACION.	<u>Pag.</u>
5.1. Introducción	190
5.2. Zona de Olvega, Borobia y Noviercas	191
5.2.1. Introducción	191
5.2.2. Geología	191
5.2.2.1. Estratigrafía	192
5.2.2.1.1. Cámbrico	192
5.2.2.1.2. Triásico	200
5.2.2.1.3. Jurásico	203
5.2.2.2. Tectónica	208
5.2.3. Investigación en la mina de Olvega	211
5.2.3.1. Mineralizaciones	211
5.2.3.2. Sondeos	211
5.2.3.3. Resultados	211
5.2.4. ZONA DE BOROBIA	211
5.2.4.1. Mineralizaciones	212
5.2.4.2. Gravimetría	212
5.2.4.3. Sondeos	223
5.2.4.4. Resultados	223
5.2.5. ZONA DE NOVIERCAS	224
5.2.5.1. Geoquímica	224
5.2.5.2. Sondeos	225
5.2.5.3. Resultados	225
5.3. ZONA DE TIERGA	226
5.3.1. Introducción	226
5.3.2. Geología	226
5.3.2.1. Estratigrafía	227
5.3.2.2. Tectónica	235
5.3.3. Investigación	236

	<u>Pag.</u>
5.3.3.1. Mineralizaciones	236
5.3.3.2. Geoquímica	237
5.3.3.3. Sondeos	237
5.3.3.4. Resultados.....	238
5.4. ZONA DE CODOS	239
5.4.1. Geología	239
5.4.2. Mineralizaciones	241
5.4.3. Prospección geoquímica	241
5.4.4. Resultados	241
5.5. ZONA DE ALASNE (CUEVA DEL MONCAYO)	242
5.5.1. Introducción	242
5.5.2. Sondeos	242
5.5.3. Resultados	242
5.6. ZONA DE ARANDA DEL MONCAYO.....	243
5.6.1. Geología	243
5.6.2. Indicios	246
5.6.3. Resultados	246
5.7. ZONA DE OLMACEDO	247
5.7.1. Geología	247
5.7.2. Mineralizaciones	247
5.7.3. Resultados	247
X 5.8. ZONA DE TOBED-SANTA CRUZ DE GRIO	248
5.8.1. Introducción	248
5.8.2. Mineralizaciones	248
5.8.3. Geoquímica	248
5.8.4. Resultados	248
X 5.9. ZONA DE ALPARTIR	249
5.9.1. Introducción	249
5.9.2. Estratigrafía	249

	<u>Pag.</u>
5.9.3. Estructura.....	251
5.9.4. Mineralizaciones.....	251
5.9.5. Resultados.....	251
5.10. ZONA DE CALCENA (VALDEPLATA).....	253
5.10.1. Introducción	253
5.10.2. Estratigrafía.....	253
5.10.3. Tectónica.....	256
5.10.4. Mineralizaciones.....	256
5.10.5. Geoquímica.....	256
5.10.6. Sondeos.....	257
5.10.7. Resultados.....	257
✗ 5.11. ZONA DE TABUENCA	259
5.11.1. Introducción.....	259
5.11.2. Estratigrafía.....	259
5.11.3. Tectónica.....	260
5.11.4. Mineralizaciones.....	261
5.11.5. Geoquímica.....	261
5.11.6. Sondeos.....	261
5.11.7. Resultados.....	261
5.12. ZONA DE PUERTO DEL MADERO.....	262
5.12.1. Introducción.....	262
5.12.2. Geología.....	262
5.12.2.1. Estratigrafía.....	262
5.12.2.2. Estructura.....	262
5.12.3. Mineralizaciones.....	262
5.12.4. Geofísica.....	263
5.12.4.1. Introducción.....	263
5.12.4.2. Métodos empleados.....	263

	<u>Pag.</u>
5.12.4.3..Equipos de medida.....	264
5.12.4.4. Trabajo realizado.....	264
5.12.4.5. Resultados obtenidos y representa- ción gráfica.....	268
5.12.4.6. Interpretación de los resultados...	269
5.12.5. Geoquímica	277
5.12.6. Sondeos	277
5.12.7. Resultados	277
5.13. ZONA DE FUENDEJALON	278
5.13.1. Introducción.....	278
5.13.2. Estratigrafía.....	278
5.13.3. Estructura.....	280
5.13.4. Yacimiento.....	280
5.13.5. Sondeos.....	281
5.13.6. Resultados.....	281

	<u>Pag.</u>
VI. CONCLUSIONES.	
6.1. Historia geológica	282
6.2. Criaderos minerales	284
6.3. Mineralogénesis	285
6.4. Reservas	288
6.5. Recomendaciones para exploraciones futuras..	290

A N E X O S

I.- Inventario de Indicios Mineros.....	Tomo 2
II.- Sondeos	" 3
III.- Geoquímica	" 4
IV.- Ensayos de métodos geofísicos	" 5
V.- Análisis	"
VI.- Fotografías	"
VII.- Planos	" 6

- A.3.2. Tierra: Distribución del Cu.
- A.3.3. Madero: Distribución de los elementos
- A.3.4. Calcena: Distribución de los elementos

- A.4.1. Calibrado del magnetómetro ASKANIA de Torsión
- A.4.2. Tierra, S.E.V. 1
- A.4.3. Tierra, S.E.V. 2
- A.4.4. Tierra, S.E.V. 3
- A.4.5. Tierra, S.E.V. 4
- A.4.6. Tierra, S.E.V. 5
- A.4.7. Tierra, S.E.V. 6
- A.4.8. Cierres de la Red Topográfica
- A.4.9. Perfil electromagnético y magnético aéreo.

INDICE DE FIGURAS

- 1.1. Situación geográfica
- 1.2. Situación en la geología regional
- 2.1. Resumen de la investigación realizada
- 2.2. Situación de las principales explotaciones de hierro activas o no.
- 3.1. Situación de los mapas geológicos
- 3.2. Estratigrafía del Mesozoico
- 3.3. Estratigrafía del Paleozoico
- 4.1. Esquema de la mineralización de Olvega
- 4.2. Esquema de la mineralización de Borobia
- 4.3. Esquema de la mineralización de Tierga
- 4.4. Esquema de la mineralización de Codos
- 4.5. Esquema de la mineralización de Aranda
- 4.6. Esquema de la mineralización de Alpartir
- 4.7. Esquema de la mineralización de Tabuena
- 4.8. Esquema de la mineralización de Calcena
- 4.9. Relaciones hierro/silicatos y hierro/carbonatos
- 4.10. Índice de basicidad
- 4.11. Relación sílice/Alúmina
- 4.12. Sodio y Potasio
- 4.13. Elementos nocivos
- 4.14. Testigo, zona de Tierga
- 5.1. Borobia: Situación de las muestras de rayos X
 - A.1.1. Situación de los mapas de indicios
 - A.3.1. Noviercas: distribución de los elementos

PARTE - I

INTRODUCCION.

1.1. RESUMEN

1.1.1. Introducción

El distrito del Moncayo era el segundo productor de hierro en la Cordillera Ibérica, donde se explotaban las minas de Santa Rosa en Tierga, Gandalias en Borobia y Petra III en Olvega.

Este hecho fué básico y fundamental - para que la Administración realizara un proyecto de Investigación en este sector, con el fin de prospectar las minas y alrededores que tuvieran la posibilidad de encontrar criaderos de hierro ocultos en la zona.

Así el proyecto se denominó "Estima--ción del Potencial Minero en el subsector VII; Centro-Levan-te: Area 4 - Moncayo" y fué otorgado mediante concurso a la Compañía General de Sondeos, S.A. que lo ha llevado a realización durante el período comprendido entre Enero de 1.972 y Diciembre de 1.975.

1.1.2. Métodos de Trabajo.

Fundamentalmente la investigación elaborada se puede resumir en tres grandes capítulos ó fases de ejecución:

1ª.- Fase de reconocimiento geológico, conjuntamente con la confección del inventario de indicios - para todo tipo de sustancias.

2ª.- Fase de investigación, mediante geología de detalle, prospección geofísica, desmuestres geoquímicas, sondeos con testigo continuo y análisis químicos. En las zonas que presentaron condiciones más favorables se aconsejó que se llevara a cabo la ejecución de la siguiente etapa.

3ª.- Fase de evaluación, consistente en un estudio geológico-económico, con todos los datos obtenidos.

1.1.3. Geología.

La secuencia de las distintas formaciones sedimentarias expuestas dentro de la Reserva se muestra en la fig. 3.2. Sus características y distribución son discutidos a lo largo de este informe.

No obstante se puede señalar que las formaciones de mayor potencia Paleozoicas y Mesozoicas yacen sobre un Precámbrico, ligeramente metamorfoseado que únicamente aflora en el sector central de la Reserva con una po-

tencia máxima de 500 metros.

El contacto del Paleozoico con el zócalo Precámbrico es discordante, estando constituido por una serie de 4.500 metros de espesor, de edad comprendida entre el Cámbrico Inferior y el Silúrico Inferior.

Sobre el Paleozoico y en discordancia angular con él, se sitúa una serie predominantemente marina carbonatada que comprende desde el Triásico Inferior -- hasta el Cretácico, cuyo espesor es superior a los 5.000 metros.

Desde el punto de vista de investigación para hierro, es particularmente interesante el nivel de Dolomía de Ribota y Capas del Jalón puesto que arman en él preferentemente las mineralizaciones. También presenta interés por contener frecuentes mineralizaciones de hierro aunque de menor importancia, el Triasico Inferior (Buntsandstein).

En las zonas marginales de la Cordillera y en depresiones tectónicas interiores existen terrenos terciarios, de carácter detrítico principalmente, separados por un nivel característico lacustre.

La cartografía realizada, junto a una visión de la columna geológica, ayuda de una forma extraordinaria a adquirir la más completa idea de la estructura que constituyen este conjunto de montañas en el Sector Occidental de la Cordillera Ibérica.

Las rocas igneas son intrusivas de edad Precámbrica y Triásica. No son extraordinariamente abundantes, aunque en la base del Triás son frecuentes y en general bastante homogéneas en cuanto a composición y textura. En las proximidades de Codos existen afloramientos de tobas volcánicas, de edad pre-alpina.

El carácter estructural más acentuado, es el gran anticlinorio de dirección NNW-SSE. En el núcleo afloran materiales antehercinianos, mientras que en los flancos afloran materiales mesozoicos. La disposición estructural es como consecuencia de la superposición de dos estructuras tectónicas: la herciniana y la alpídica.

Los ejes de plegamiento hercinianos se alinean de NW a SSE, los pliegues son laxos y verticales. Los grandes macizos hercinianos se presentan fracturados en bloques mediante fallas ligeramente inversas de dirección E-W y vergencia al N; a su vez fallas de desgarre y de distensión de direcciones NNE y N que fracturan dichos bloques en los que se producen preferentemente las mineralizaciones de hierro.

De edad alpina son los cobijamientos de vergencia NE que ponen en contacto los macizos hercinianos con los terrenos mesozoicos. Las direcciones de plegamiento alpinos son NW-SE y N-S; la estructura de los materiales mesozoicos se presenta complicada por la disarmonía que se produce entre zócalo y cobertera y a la vez despegues internos por la existencia de horizontes plásticos en el

Trías, lo que puede determinar localmente una tectónica -- gravitacional.

1.1.4. Criaderos minerales y mineralogé-
nesis.

De acuerdo con la importancia econó- mica de los criaderos de hierro existentes en la zona de - la Reserva, estos podemos clasificarlos en dos grupos prin- cipales:

- I) Criaderos conteniendo más de 500.000 Tm.
- II) Criaderos de menor producción.

Dentro del primer grupo se incluyen tres criaderos de óxidos de hierro (oligisto) que se presen- tan siempre en la parte alta del Cámbrico inferior, esten - discordantes o concordantes con las rocas encajantes: son - las minas de Olvega, Borobia y Tierga, que se describen en el texto.

El metalotecto presente en el "Cám- brico inferior" son las fracturas de zócalo de dirección a- proximada N-S, normalmente verticalizadas, que intersecten a los niveles superiores dolomíticos de las Capas del Jalón y la dolomía de Ribota.

Estas masas mineralizadas son tabula- res, yaciendo subhorizontalmente y entonces son más o menos concordantes con la estratificación o por el contrario ver- ticales y discordantes. La potencia o espesor está compren- dida entre 5 y 20 metros y la longitud es superior a los

300 metros, persistiendo hasta una profundidad conocida, por las labores o sondeos de 150 metros.

La mena está formada casi exclusivamente por hematites. Ocasionalmente es micácea, observándose con frecuencia textura concéntrica, que hacia el exterior -- presenta un incremento progresivo de forma radial, probablemente relacionado con la energía de cristalización del mineral.

Como ganga existe cuarzo y menor cantidad de carbonatos, ambos íntimamente asociados al mineral de hierro. La ley en hierro puede llegar a alcanzar el 60%, pero conteniendo siempre excesivo Si O₂ ó, álcalis que le hacen difícilmente vendible como producto siderúrgico.

El mineral rellena y de una forma incipiente, reemplaza a los niveles dolomitizados, como resultado de las soluciones hidrotermales que circularán por las zonas de fractura y planos de estratificación y que dieron lugar a la concentración en las zonas favorables en forma de filones.

En el segundo grupo de minas de hierro están agrupadas unas series de estructuras típicamente filonianas. El metalotecto aquí lo constituyen una serie de fracturas de dirección aproximada N 70° E de edad alpina y buzamiento próximo a la vertical.

El mineral también es hematites, pero abunda el mineral especular (oligisto micáceo). La ganga cuar

zo ó carbonatos. Los filones están formados por una serie de bolsadas de mineral alternando con esterilizaciones. La razón de esteril a mineral es demasiado alta, de tal forma que su explotación solo se ha realizado en el pasado y de forma esporádica. La potencia media nunca supera 1 metro, en una corrida de 100 metros, por lo que no pueden esperarse grandes volúmenes de este tipo de criaderos.

Los yacimientos conteniendo galena y blenda, y que arman en el Triásico inferior y Kimmeridgense, son típicamente filonianos. Su origen estaría relacionado con aguas hidrotermales, sin relación aparente con rocas ígneas y controladas por fracturas. Es el caso de la Mina de Valdelaplata (Calcena) y Puerto del Madero (Valdejeña).

En los sectores donde estos filones fueron fuertemente meteorizados, durante los procesos de oxidación, se originarían soluciones ácidas. Estos contendrían Pb y Zn en disolución, los cuales reaccionarían con una ganga reactiva, como es una caliza, depositándose los carbonatos correspondientes de una forma zonal. Al mismo tiempo la roca encajante se carstificaría y pudiendo dar lugar a una falsa interpretación en cuanto al origen de la mineralización.

1.1.5. Investigación

La investigación en general ha consistido en aplicar las técnicas de geología general y de detalle, así como geoquímicas, geofísicas y sondeos de una manera sistemática.

En cada caso este esquema se modificó convenientemente de acuerdo con las necesidades de cada sector, pero normalmente se aplicó siempre la misma metodología, con el fin de encontrar criaderos de un tamaño suficiente, que en cualquier caso permitiese la explotación en un futuro próximo.

Los métodos geofísicos, fueron previamente ensayados para determinar las técnicas más adecuadas para la prospección, dentro de las áreas que previamente se habían dado como prometedoras en el estudio geológico.

Estos ensayos incluían sistemáticamente mediciones electromagnéticas y magnéticas terrestre y aéreas y eléctricas en su modalidad de Calicatas Eléctricas, sobre metalizaciones y rocas encajantes de una mineralización conocida. En las zonas donde la topografía era suave se empleó el método gravimétrico.

La prospección geoquímica consistió en la toma de muestras de sedimentos y suelos con el objeto de encontrar concentraciones primarias o secundarias superiores al fondo regional.

En las zonas más extensas se ha empleado la geoquímica estratégica llevando a cabo un desmuestre de sedimentos de arrastre en barrancos, arroyos y ríos.

En zonas con indicaciones potenciales se ha realizado una geoquímica de detalle o táctica de suelos, dependiendo de las características geológicas y de la posible mineralización. Se efectuaron perfiles perpendiculares a su dirección principal separados de 100 hasta 200 metros y las muestras siempre se tomaron sobre el horizonte B del suelo.

Tanto en las muestras procedentes de sedimentos como de suelos, se analizó mediante absorción atómica la fracción inferior a 80 mallas.

La campaña de sondeos ha consistido - en la ejecución de 13.134,35 metros con testigo continuo. La mayor parte de ellos fueron para la investigación de mineral de hierro. Solo unos 3.000 m. se emplearon en la investigación de metales básicos y lignitos.

1.1.6. Conclusiones.

Las características geológicas de los tres distritos mineros principales, Olvega, Borobia y Tierga, representan criaderos masivos de hierro concordantes o no. El rasgo más importante en relación con su génesis se puede resumir como sigue:

1º) La hematites (localmente oligisto - especular) es el principal mineral, se presenta encajando en los niveles superiores de las Capas del Jalón que son de edad Cámbrica. Estas bolsadas de mineral constituyen -- criaderos de hierro con más de 1.000.000 Tm.

2º) Independientemente de que estas mineralizaciones sean concordantes o no, están relacionados con fracturas de dirección aproximada N-S, muy próximas a la vertical que intersectan a los niveles superiores del Cámbrico inferior.

• 3º) Las rocas encajantes de las estructuras mineralizadas se observan que han sufrido exclusivamente efectos de compactación, sin que muestren signos de metamorfismo.

4º) De acuerdo con la morfología de los criaderos y con las características mineralógicas parece probable pensar que el origen de dichas masas de hematites es la removilización de la limonita contenida en los niveles ferruginosos.

5º) Las soluciones hidrotermales que -- circularon por las zonas de fractura y planos de discontinuidad dio lugar al transporte del hierro y a su concentración en las zonas favorables en forma de filones de cuarzo -hematites.

Las reservas de mineral indicadas mediante sondeos son de 850.000 Tm. con la siguiente calidad: En el sector de Borobia existen unas 500.000 Tm. con una ley de 37,76% en Fe y 34% en Si O₂.

En el sector de la Mina de Tierga, también mediante sondeos se ha indicado la presencia de 350.000 Tm en dos niveles, con una ley media del 50% en Fe aproximadamente y 5% en Si O₂. Esta ley en Fe puede llegar a alcanzar el 60% si en la explotación únicamente se extrae las zonas de mayor concentración metálica. En la actualidad el mineral que se explota se utiliza como pigmentos colorantes, a un ritmo de producción anual de 6.000 Tm, cantidad máxima que puede ser tratada en la planta allí existente.

Como minerales no ferríferos, en el sector de la Mina de Calcena (Zaragoza) se han localizado mediante sondeos, entre 75 y 100 metros de profundidad, la presencia de una mena de Pb y Zn (galena y blenda) con una ley combinada de 7,5% para unas 100.000 Tm. aproximadamente.

1.2. PRESENTACION

A la COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A. le fué otorgado mediante concurso el Proyecto de "ESTIMACION - DEL POTENCIAL MINERO EN EL SUBSECTOR VII; CENTRO-LEVANTE, - AREA 4: MONCAYO", en la Reserva Estatal que el INSTITUTO -- GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, solicitó en su día sobre parte de las provincias de Soria y Zaragoza, ocupando una superficie total de 230.047 Ha.

Este Proyecto pertenece al PROGRAMA SECTORIAL DE INVESTIGACION DE MINERALES DE HIERRO, aunque dedica una parte importante para la investigación de cualquier tipo de sustancias de interés económico que se encontraran -- dentro de la Reserva.

La realización del mismo ha corrido a cuenta de la COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S.A., ejecutándolo durante el período de tiempo comprendido entre Octubre de 1972 a Diciembre de 1975, según el Pliego de Condiciones que fue establecido por el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA - en su día.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo básico del Proyecto ha sido la evaluación del potencial minero de la zona, para hierro y cualquier tipo de mineralización metálica.

1.4. DELIMITACION DEL AREA ESTUDIADA .

Situada en la parte Centro-Levante de la Península, la zona está integrada en un 60% de la provincia de Zaragoza y en el 40% restante por la de Soria. Abarca algunas comarcas naturales como Campo de Cariñena, Valle de Olvega y Tierra de Agreda.

La designación con líneas perimétricas siguiendo paralelos y meridianos es la siguiente:

Se considera como punto de partida el de intersección del paralelo $41^{\circ} 51' 50''$ N con el meridiano $2^{\circ} 10' 40''$, 0.

Desde el Pp. en dirección E. hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 51' 50''$ N con el meridiano $1^{\circ} 44' 0''$.

Desde el punto anterior en dirección S, hasta el de intersección del paralelo $41^{\circ} 47' 34''$ N, con el meridiano $1^{\circ} 44' 0''$.

Desde el punto anterior en dirección E, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 47' 34''$ N con el meridiano $1^{\circ} 26' 20''$ 0.

Desde el punto anterior en dirección S, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 28' 14''$ N con el meridiano $1^{\circ} 26' 20''$ 0.

Desde el punto anterior en dirección E, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 28' 14''$ N. con el

meridiano $1^{\circ} 20' 40'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección S, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 16' 4'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 20' 40'' 0$.

Desde el punto anterior 0, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 16' 4'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 32' 50'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección N, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 22' 30'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 32' 50'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección 0, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 24' 30'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 44' 0$.

Desde el punto anterior en dirección N, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 33' 4'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 44' 0$.

Desde el punto anterior en dirección 0, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 33' 4'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 50' 50'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección N, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 38' 50'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 50' 50'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección 0 hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 38' 50'' N$ con el meridiano

no $1^{\circ} 58' 30'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección N, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 42' 40'' N$ con el meridiano $1^{\circ} 58' 30'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección O, hasta el punto de intersección del paralelo $41^{\circ} 42' 40'' N$ con el meridiano $2^{\circ} 10' 40'' 0$.

Desde el punto anterior en dirección N, por el meridiano $2^{\circ} 10' 40'' 0$, hasta el punto de partida, cerrándose así el perímetro del área, que abarca una superficie de unas 230.000 Has.

Todos los meridianos referidos a Greenwich.

1.5. SITUACION GEOGRAFICA

El área investigada está situada en la Cordillera Ibérica, entre las regiones de Aragón y Castilla (Fig.1.1).

1.5.1. OROGRAFIA

En la parte N. tenemos la Sierra del Madero y la Sierra del Moncayo con el Pico Moncayo de 2.316 m. y alturas entre 1.300 y 2.000 m. Más al S. y paralelamente a la anterior, alineándose también en dirección NO-SE, la Sierra de Toranzo y la de Tablado con alturas entre 1.200 y 1.400 m. En la parte S. de la zona, la Sierra de la Virgen con alturas de 1.400 m. y continuándose con ella en dirección NO-SE la Sierra de Vicort, con altitudes de 1.429 m. (Pico del Rayo) (Plano 1).

1.5.2. HIDROGRAFIA

El río más importante que cruza nuestra zona en dirección SO-NE, es el Jalón, afluente del Ebro.

Otros ríos existentes en la zona, son afluentes o subafluentes del Jalón, como Isuela, Aranda, Perejiles, Grío etc. Al NO. de la zona cruzan los ríos Rituerto, Matilla, Araviana, Manubles, afluentes del Duero.

1.5.3. CLIMA

En la parte zaragozana, el clima es muy variable en el que lo más destacado es el régimen de vientos y las temperaturas medias anuales. El viento dominante, el llamado Cier

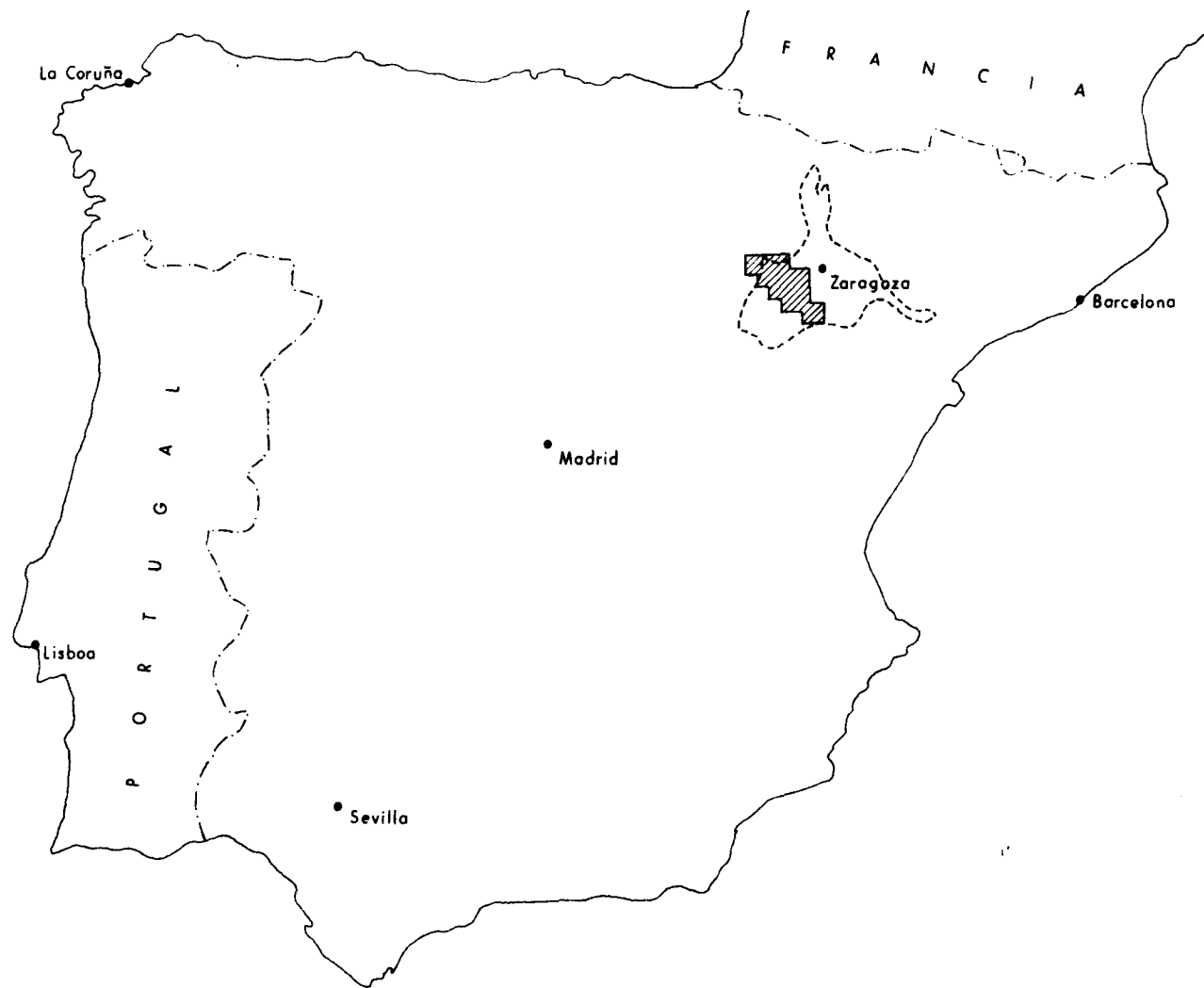


FIG.1.1 Mapa de situación geográfica

zo, se atribuye generalmente al Moncayo. Tanto en esta parte como en la de Soria, los inviernos son crudos, largos, apareciendo la nieve en Diciembre y continuando hasta la entrada de la primavera.

1.5.4. GEOGRAFIA HUMANA

La población total es de 32.112 habitantes.

La superficie total es de 192. 436 Has.

La densidad de población es de 16/hab./Km.

Las ciudades más importantes son: Agreda, con 3.543 habitantes; Olvega, con 2.363; Fuendejalón, con 1.200, Illueca con 2.357, Arándiga, con 2.474, Añiñón, con 1.273 y Saviñán con 1.489 habitantes.

1.5.5. GEOGRAFIA ECONOMICA

La parte soriana es pobre, siendo su mayor riqueza la forestal.

La parte zaragozana, está mucho más desarrollada, en su industria y su población laboral, se puede dividir en tres partes que pertenecen al sector industrial, agrario y servicios respectivamente.

En el sector agrícola destacan el olivo, la vid, trigo, cebada, maíz, centeno, arroz, etc.

La importancia industrial, es superior a la me-

dia nacional; la principal rama es la metalurgica, seguida de la alimentación, construcción y textiles.

1.5.6. COMUNICACIONES

1.5.6.1. Carreteras

Nacionales:

N-234 - Sagunto - Burgos

N-II - Madrid - Francia por Barcelona.

Comarcales:

C - 101 - Guadalajara-Tafalla por Agreda.

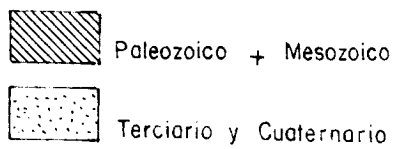
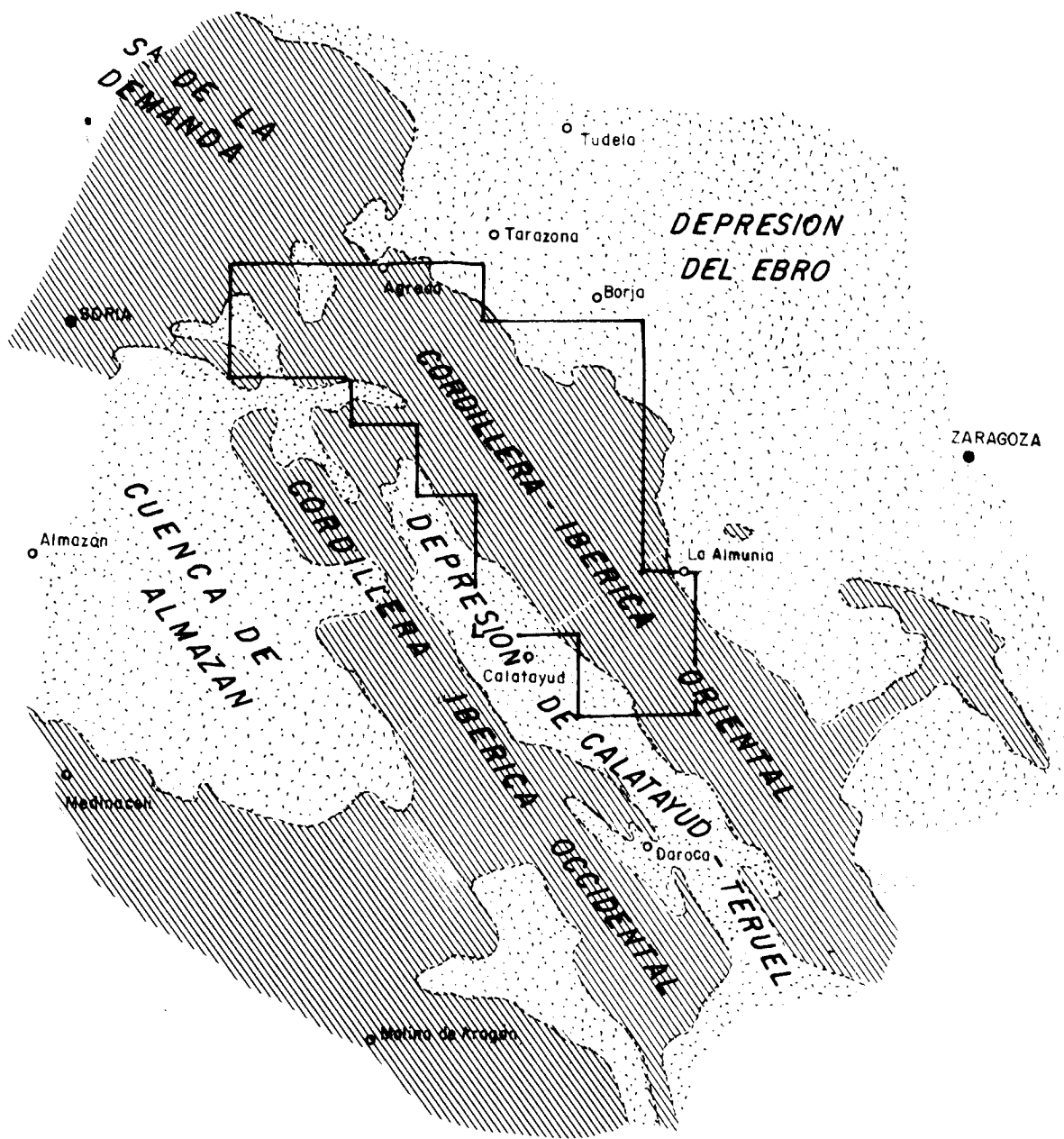
C - 120 - Cariñena a Borja por Epila

C - 121 - Calatayud - Gandesa.

1.5.6.2. Ferrocarril

Línea Madrid - Zaragoza.

SITUACION DE LA RESERVA EN LA GEOLOGIA REGIONAL



ESCALA 1/1.000.000

FIG. 1.2

1.7. ANTECEDENTES.

Los escasos estudios que sobre la zona se encuentran en la bibliografía son parciales y apenas si tienen en cuenta la geología minera.

No existía hasta hoy una cartografía de detalle a 1:25.000 de la zona, ni tampoco un cálculo de reservas digno de ser tenido en cuenta.

Por todo ello, dentro del Plan Nacional de Minería, el I.G.M.E. emprendió un ambicioso Programa Sectorial de investigación de Minerales de Hierro, en el cual se encuadra el presente estudio como parte del Area Centro-Levante. (1).

La realización del presente trabajo se ha ajustado al Pliego de Condiciones fijado por el I.G.M.E. (2).

- (1) C.G.S., S.A. 1970.- Anteproyecto de investigación de Mineral de Hierro del Area Centro-Levante.
I.G.M.E., 260 ppg. Inédito.
- (2) I. G. M. E. 1972.- Proyecto : Estimación del potencial minero en el subsector VII. Centro-Levante. Area 4 Moncayo.
113 ppg. Inédito.

PARTE II

METODOS DE ESTUDIO

TRABAJOS REALIZADOS

2.1. INTRODUCCION.

Se trata en primer lugar la metodología empleada en la investigación. (capítulo 2.2.).

En un segundo capítulo se describen las técnicas especiales empleadas (geofísica y geoquímica) (2.3.).

Finalmente se enumeran sumariamente los trabajos realizados a lo largo de la investigación minera, comprendiendo la recopilación de datos, la topografía, geología, geofísica, geoquímica, sondeos y trabajos de laboratorio. (capítulo 2.4.). Vease plano 5.1., en donde se indican los distintos trabajos realizados.

2.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

En la investigación realizada se han sucedido las siguientes fases:

1.- Fase previa: documentación e inventario de indicios.

2.- Fase de geología regional: cartografia 1:25.000.

3.- Fase de investigación minera: cartografía 1:10.000, geofísica, geoquímica y sondeos.

4.- Cartografía geológica tipo, a escala 1:50.000 según las especificaciones del Mapa Geológico Nacional a esta escala. El trabajo ha consistido en la elección del sector central del área investigada, para lo cual se elaboran las hojas n^os. 352 y 381, Tabuenca e Illueca respectivamente. Los resultados obtenidos permiten extender las conclusiones a otros sectores de la Reserva.

5.- Fase de síntesis: cartografía 1:200.000 evolución geológica y mineralogénesis, resultados obtenidos.

Al trabajo de base realizado en las fases 1 y 2, ha seguido la investigación específica de las zonas - interesantes. Una vez cartografiados los indicios a 1:10.000 se ha seleccionado la técnica más idónea de prospección.

Previamente se realizaron ensayos con distintos métodos geofísicos con objeto de conocer la respues-
ta de las mineralizaciones de hierro a aquellos, resultando
positivo, únicamente el método gravimétrico. Sin embargo, -
su uso quedó restringido por las acusadas diferencias topo-
gráficas (Cuadro 2.1).

Para minerales no férreos se utilizaron -
métodos electromagnéticos y calicatas eléctricas.

Por otra parte se intentó utilizar los mé-
todos geoquímicos indirectamente para la prospección de mine-
rales férreos analizando metales traza (por ejemplo, el Cu.,
en las zonas de Tierga y Codos).

Para minerales no ferríferos se realizaron
prospecciones geoquímicas estratégicas en zonas con difíci--
les condiciones de observación (Tobed y Madero). En áreas --
más localizadas se empleó la prospección táctica en perfiles.

Finalmente a partir de los datos de geolo-
gía, geofísica y geoquímica se emplazaron diversos sondeos -
mecánicos con testigo continuo.

Con todos los datos obtenidos se ha inten-
tado una visión de conjunto como base de las investigaciones
a realizar durante el tiempo que ha durado el Proyecto y en
un futuro más o menos inmediato.

CUADRO 2.1. ENSAYOS GEOFISICA

<u>Métodos</u>	<u>Zonas:</u>	<u>Resultados:</u>
Magnético terrestre	Mina Petra III (Olvega)	Mineral no magnético
	Mina Gandalia (Borobia)	"
	Mina Santa Rosa (Tierga)	"
Magnético y electro magnético aéreo.	Mina Gandalia (Borobia)	Negativo.
Electromagnético te- rrestre (tipo Turam)	Mina Gandalia (Borobia)	Contraste débil.
Calicatas eléctricas	Mina Gandalia (Borobia)	Aceptable únicamente sobre el mineral.
Sondeos eléctricos	Mina Santa Rosa (Tierga)	Negativo
Gravimetría	Mina Gandalia (Borobia)	Máximos de poca entidad.

2.3. TECNICAS ESPECIALES DE INVESTIGACION

2.3.1. GEOFISICA

METODOLOGIA : Dentro del programa de Investigación de Hierros del Moncayo, elaborado por el I:G.M.E., se incluía un período de ensayos de Métodos Geofísicos para determinar la técnica o técnicas geofísicas más adecuadas para la búsqueda, dentro de las áreas seleccionadas como prometedoras en el estudio geológico, de nuevos yacimientos de hierro con características similares a las de los que se explotan o han explotado en aquella zona.

Siguiendo las indicaciones del mencionado programa se han ensayado en una primera etapa los siguientes:

-- Magnético: Completado por medidas de susceptibilidad magnética en muestras de mineral y roca.

-- Electromagnético: Empleando la modalidad tipo TURAM.

-- Eléctrico: En su modalidad de sondeos eléctricos verticales.

El método magnético confirmó la falta de materiales con intensidad magnética suficiente para ser detectado con garantías.

Esto quedó puesto de manifiesto calculando la susceptibilidad magnética de las muestras de mineral y rocas tomadas "in situ" en tres minas diferentes de la zona, al dar u

nos valores de susceptibilidad muy pequeños.

El electromagnético tampoco dió resultado pues los perfiles que cruzaron una mina, actualmente en explotación, aunque dieron una pequeña alteración en las -- curvas no se pueden considerar como anomalía. Esto parece -- ser indicio de una pequeña perturbación, pero no creemos sea suficiente para emplear el método para un reconocimiento general.

Los Sondeos Eléctricos se realizaron en la zona de Tierga y sus resultados no muestran ningún horizonte que permita efectuar correlaciones.

Ante estos resultados se decidió efectuar una segunda campaña de ensayos, empleando los métodos de:

- Gravimetría
- Eléctrico en su modalidad de Calicatas Eléctricas.

Los resultados obtenidos en gravimetría tampoco fueron demasiado concluyentes pues las anomalías obtenidas, sólo en un caso, llegaron a tener 0,6 mlgs, siendo el resto del orden de 0,2 mlgs. Sin embargo, ante la falta de métodos geofísicos de apoyo a la investigación, se decidió utilizarlo posteriormente en el sector de Borobia.

El método de Calicatas Eléctricas parece ser el que da algunos datos más concluyentes, aunque la -- mineralización origina máximos, cosa ya esperada por los datos obtenidos con el electromagnético que indicaba una resistividad mayor para el mineral que para la roca de caja.

-- Electromagnético aéreo tipo INPUT

Posteriormente y ante la posibilidad de poder efectuar un reconocimiento aéreo por el método electromagnético "tipo INPUT" y magnético simultáneamente, se realizó un pequeño ensayo no terminándose por causas climatológicas, aunque con los datos obtenidos se vió que tampoco existía anomalía en ninguno de los perfiles, uno de los cuales cruzaba una mina en explotación.

-- Electromagnético.- SCOPAS V.L.F.

En la zona de la sierra del Madero se realizó un estudio para plomo y zinc por los métodos electromagnéticos y calicatas eléctricas, cubriendo toda la zona.

Se eligieron estos dos metodos por ser los más apropiados para la localización de minerales conductores de tipo filoniano.

Los resultados han sido negativos, ya que las anomalías encontradas no parece se puedan atribuir a mineralizaciones de tipo filoniano.

2.3.1.1. Técnicas de trabajo

Los fundamentos de todas las técnicas geoelectricas empleadas están ampliamente definidos en numerosas publicaciones, por lo que a continuación haremos una descripción somera de las mismas, remitiendo al lector interesado en profundizar en estos fundamentos, a dichas publicaciones.

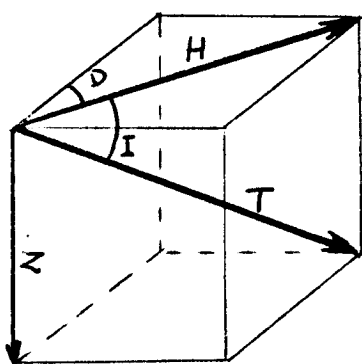
2.3.1.1.1. Magnético

El método está basado en el estudio de la desviación del campo magnético terrestre originado por la presencia de cuerpos que poseen una imanación permanente.

Esta imanación permanente es en parte debida al magnetismo remanente y en parte inducida por el campo magnético terrestre.

El vector que representa el campo magnético terrestre T se define por sus componentes: Horizontal H , Vertical Z y Declinación D (ángulo del vector H con el norte verdadero).

El valor del campo total T quedará definido por:



$$T = \sqrt{Z^2 + H^2} \quad \text{y su dirección en el plano vertical queda definida por el ángulo de Inclinación } I = \text{arc.tg.} \frac{Z}{H}.$$

Para el estudio del campo puede tomarse el valor de T de Z o de H , prefiriéndose en general la variación del campo vertical Z por una mayor simplicidad en la interpretación de las anomalías magnéticas encontradas.

Los magnetómetros empleados para la toma de datos en el campo, suelen medir el ángulo de desviación o la fuerza compensadora necesaria para volver la aguja magnética, si

tuada en su interior, a su posición de referencia.

En nuestro trabajo hemos empleado un magnetómetro de compensación que medía la componente vertical Z.

Los valores obtenidos en el magnetómetro, debidamente corregidos en el mapa, se pueden presentar en forma de perfiles o bien en mapas donde se dibujan las curvas de isogammas.

La interpretación es en general cualitativa.

En el magnético aéreo el fundamento es el mismo. La única diferencia estriba en que se mide la componente total. La ventaja de esta modalidad está en su rapidez (en poco tiempo se calculan grandes áreas) y accesibilidad a zonas pantanosas, junglas, etc. y la posibilidad de eliminar los efectos perturbadores próximos o en la superficie que dificultan la interpretación del trabajo terrestre.

2.3.1.1.2. Electromagnético

a) Electromagnético terrestre

Si tenemos un conductor aislado, situado sobre el suelo, recorrido por una corriente alterna, producirá un campo electromagnético que al propagarse por el subsuelo induce una corriente eléctrica en una masa conductora que encuentre en su camino. Esta corriente eléctrica engendra un campo magnético el cual puede ser detectado y por tanto localizada la masa conductora que ha originado este campo magnético.

La intensidad de las corrientes inducidas depende de varios factores, siendo los más importantes la frecuencia del campo inductor y la resistividad eléctrica de la masa conductora. Las corrientes son más intensas cuanto menor es la resistividad y mayor la frecuencia.

Las frecuencias utilizadas oscilan generalmente entre 500 y 2.000 ciclos por segundo.

Se pueden estudiar diversas características del campo total: amplitud, ángulo de inclinación y desfase.

En el método TURAM, aquí empleado, se ha medido la relación de amplitudes y la diferencia de fase del campo total en dos puntos próximos que se toman en consideración.

El equipo consta de un emisor fijo, que es el conductor tendido en el suelo y recorrido por la corriente inductora y dos receptores que son mantenidos a una distancia constante que se mueven a lo largo del perfil a estudiar.

b) Receptor de muy baja frecuencia (V.L.F.) SCOPAS-SE 80

El receptor Scopas emplea como manantial de campo de V.L.F. las emisoras de radio que transmiten en una frecuencia comprendida entre 15 y 25 KHz.

Las ondas electromagnéticas generadas por estos transmisores se propagan por el subsuelo y están sujetas a distorsiones locales por contrastes de conductividad en es-

te medio. Estas distorsiones indican variaciones en la estructura geoelectrica que pueden ser originadas por : fallas, contactos, masas mineralizadas, etc.

En condiciones normales la componente magnetica del campo de V.L.F. se situa en un plano horizontal, perpendicular a la linea que une la estacion del transmisor seleccionado y el punto de observacion.

La presencia de un conductor crea un campo secundario local, que da origen a una componente vertical y cambios en la amplitud, direccion y posiblemente fase del campo. Las medidas de estos cambios pueden permitir localizar el conductor y posiblemente determinar alguna de sus caracteristicas. En nuestro trabajo se ha medido la componente vertical.

La profundidad de investigacion se puede calcular segun el efecto SKIM en $3,6\sqrt{\rho}$ metros, siendo ρ la resistividad del semiespacio homogeneo expresado en ohm.m.

De la formula se deduce que la penetracion disminuye rapidamente con la resistividad del recubrimiento.

La profundidad de investigacion es funcion de la distancia emisor-receptor y de la frecuencia de la corriente inductora.

Se puede decir que la penetracion es mayor cuanto menor sea la frecuencia y mayor la distancia entre los receptores. Otro factor importante es la resistividad de las rocas. La penetracion aumenta con la resistividad del terreno.

c) Electromagnético aéreo

METODO INPUT.- En este sistema la señal primaria consta de una sucesión de impulsos de corta duración, 1,5 milisegundos, separados por un intervalo de 2 milisegundos durante el cual se estudia la variación del campo secundario.

Sí la anomalía es debida al recubrimiento, el decrecimiento de la amplitud es rápido; por el contrario es lento para los buenos conductores enterrados.

El circuito emisor lo lleva el avión sobre las alas y el receptor suspendido por un cable desde el avión.

La penetración de este método aerotransportado no parece ser superior a los 80 a 100 m. de profundidad.

2.3.1.1.3. Sondeos Eléctricos Verticales

Con esta modalidad geoelectrica se investigan cambios "litoeléctricos" (conjunto litológico eléctricamente diferenciado), según la vertical del punto sondeado.

Para ello, de un dispositivo eléctrico tetrapolar simétrico AMNB, tipo Schlumberger en el presente caso, se desplazan los electrodos de corriente (A y B) distancias fijas (estaciones) del punto cuya vertical se investiga, coincidente con el centro MN (electrodos de potencial). La distancia entre estos electrodos permanece constante mientras sean posibles lecturas correctas de potencial. En caso contrario, se aumenta MN, con la condición de que siempre --

$$MN \leq \frac{AB}{5}$$

Para cada posición de los electrodos A y B, se determina la intensidad de corriente I y la diferencia de potencial ΔV . con estos valores se calcula la resistividad aparente mediante la fórmula:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

donde K es una constante que depende de la geometría del dispositivo para la estación considerada.

El número así obtenido, se lleva como ordenada en un sistema bilogarítmico cuya abscisa es la semidistancia entre los electrodos de corriente. Uniendo los valores de ρ_a calculados para las sucesivas estaciones del sondeo, se obtiene la variación de dicho parámetro en función de la semiseparación $\frac{AB}{2}$, que constituye la curva experimental del Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.) del punto que se investiga.

Estas curvas se interpretan cuantitativamente comparándolas con otras teóricas, calculadas para modelos previamente establecidos, que se suponen constituidos por capas horizontales e ilimitadas de resistividad constante. Con esta interpretación se determinan espesores y resistividades verdaderas de las diferentes capas que forman el corte litoelectrónico del punto sondeado.

Disponiendo los S.E.V. alineados se puede trazar para cada perfil así formado, un corte geoelectrónico en el que las distintas capas que integran el subsuelo están representadas por su resistividad.

2.3.1.1.4. Calicatas Eléctricas (C.E.)

Con esta técnica geoelectrica se investigan cambios litoeléctricos laterales a profundidad constante. Para ello se efectuan mediciones de I y de ΔV por medio de un dispositivo electródico de dimensiones constantes, que se desplaza a lo largo de una alineación (perfil) transversal a las estructuras o dimensiones mayores de los cuerpos que se exploran.

Con ambos parámetros y mediante la fórmula $\rho_a = \frac{\Delta V}{I}$ se calcula la resistividad aparente ρ_a , para cada posición del dispositivo electródico. Este valor se lleva como ordenada logarítmica a un sistema de representación cuya abscisa lineal es la estación del perfil investigado. La curva que resulta, muestra la variación lateral de la resistividad aparente a lo largo del perfil.

En la presente investigación se utilizó un dispositivo trielectródico unilateral compuesto, que permite realizar investigaciones a dos profundidades teóricas diferentes. De esta manera se puede conocer, no sólo cambios laterales de resistividad, sino también variaciones según la vertical, que informan sobre la continuidad en profundidad de un cuerpo eléctricamente anómalo.

La interpretación de las curvas obtenidas es, en general, cualitativa. Los resultados pueden mostrarse en forma de perfiles de resistividad aparente o de planos con la variación bidimensional de este parámetro.

Esta técnica geoelectrica es adecuada para estudiar estructuras o medios con estratigrafía vertical o subvertical.

2.3.1.1.5. Gravimétrico

El fundamento del método gravimétrico está basado en la ley de gravitación universal de Newton.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

donde F es la fuerza entre las partículas m_1 , m_2 ; y r la separación entre ellas. G es la constante de gravitación universal - cuyo valor es aproximadamente $6,67 \cdot 10^{-8}$ unidades cegesimales.

La aceleración a para una masa m_2 que es atraída por una masa m_1 será $a = \frac{F}{m_2} = G \frac{m_1}{r^2}$

La aceleración al ser la fuerza que actúa sobre una - unidad de masa, nos da la medida del campo gravitatorio que ac túa en cualquier punto.

El valor de esta aceleración se mide en cm. por segundo al segundo es decir cm/seg.^2 . Esta unidad se denomina gal. En la superficie terrestre este valor es de 980 cm/seg^2 o 980 gales.

En la práctica se utiliza como unidad el miligal pues to que las anomalías que se encuentran en prospección son siem pre muy pequeñas, del orden de varias décimas de miligal, de - aquí la necesaria precisión de los aparatos empleados y el su- mo cuidado en la realización de las medidas.

El gravímetro mide el valor de la aceleración en un punto cualquiera, con que es atraída la masa m_2 que posee en su interior, por la masa terrestre.

Si en la tierra y próxima a la superficie existe una masa anómala con relación a su entorno, esta masa modificará la fuerza de atracción en más o menos, según la densidad y quedará reflejada en el valor obtenido en el gravímetro siempre que la variación de densidad y el volumen de la masa sean suficientes para originar dicha anomalía.

El método en principio es sencillo pero su aplicación encierra muchas complicaciones a causa del gran número de factores que hay que tener en cuenta para efectuar las correcciones necesarias (falta de esfericidad de la tierra, masas próximas como montañas o valles, diferencias de altitud entre los puntos, etc.) así como la precisión requerida en las medidas.

2.3.2. GEOQUIMICA

La prospección geoquímica consiste en la toma de muestras, suelos, sedimentos de drenaje, agua, etc. de un área determinada con el objeto de encontrar concentraciones - primarias o secundarias superiores al fondo regional. Es decir, que a pequeña o gran escala, consiste en el conocimiento de los fondos geoquímicos regionales con una precisión razonable hasta el extremo que permita por comparación, la apreciación de anomalías ya sean positivas o negativas.

2.3.2.1. Geoquímica estratégica o regional.-

Con objeto de reconocer grandes áreas y de seleccionar anomalías, se ha empleado la geoquímica estratégica con desmuestre de sedimentos de arrastre en ríos, arroyos y barrancos.

2.3.2.2. Geoquímica táctica o de detalle.-

El desmuestre se efectúa según perfiles paralelos separados 100 a 200 m., con una distancia entre muestras de 50 a 25 m. Las muestras se toman del horizonte B del suelo.

2.3.2.3. Análisis.-

Los análisis se han efectuado sobre la fracción inferior a 80 mallas, por el método de absorción atómica.

2.3.2.4. Tratamiento de los datos.-

Los datos obtenidos han sido tratados estadísticamente, obteniéndose el "Umbral de anomalía" (Threshold) según la fórmula:

$$\text{Th.} = \bar{x} + 2 S$$

$$\text{Siendo } S^2 = \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}$$

en donde Th = Umbral de Anomalía (Threshold)

$$\bar{x} = \text{Media} = \frac{x_i}{n}$$

$$S^2 = \text{Variación} = (\text{desviación standard})^2$$

x_i = Cada uno de los valores.

n = número de muestras.

2.3.2.5. Representación gráfica.-

En el mapa se han representado gradualmente los valores comprendidos entre Th. y 2 Th.; entre 2 Th. y 4 Th; y así sucesivamente.

CUADRO 2.2. - TRABAJOS REALIZADOS.

Topografía:	Restitución Fotogramétrica.....	42.886 Ha.
	Vuelo.....	13.515 Ha.
	Campo y confección del mapa.....	21 Ha.
Geología:	1:25.000	204.182 Ha.
	1:10.000	42.886 Ha.
Geofísica:	Ensayos.....	27 dias.
	Gravimetría.....	761 estaciones
	Calicatas Eléctricas.....	78 Km. -
	Electromagnético.....	78 Km.
Geoquímica:	Estratégica.....	198 muestras
	Táctica.....	5.175 muestras
Sondeos:	13.134,45 metros.

2.4. TRABAJOS REALIZADOS.

Se resumen los trabajos realizados en la Reserva en la figura 2.1. El mapa 5.1. representa su distribución en el espacio.

En los cuadros 2.3. al 2.9. se detallan los trabajos realizados en cada zona.

El período de realización de los trabajos se ha extendido entre el 4º trimestre de 1.972 y el 4º - trimestre de 1.975.

2.4.1. Recopilación de datos.

Se ha efectuado un acopio de datos previo sobre la geología existente, así como de los indicios mineros suministrados por el P.N.I.M. Además se visitaron las Jefaturas de Minas de Guadalajara y Zaragoza, tomando de los archivos todos los datos existentes sobre la minería de la zona.

Posteriormente fué visitado cada indi--cio, elaborándose la ficha para cada uno de ellos según las normas del PNIM.

El inventario de indicios se completó - posteriormente con la realización de los mapas mineros de detalle.

La bibliografía consultada se recoge en las páginas siguientes (apartados 2.4.1.1 y 2.4.1.2).

ZONA		Substancias	GEOLOGIA 1/10,000	GEOFISICA			GEOQUIMICA		SONDEOS
				Calicatas electricas	Electro- magnetica	Gravime- tria	Estrate- gia	Tactica	
OLVEGA BOROBIA	OLVEGA	Fe							
	BOROBIA	Fe							
	NOVIERCAS	Pb-Zn							
TIERGA		Fe							
CODOS		Fe							
ALASNE (Cueva del M.)		Fe							
ARANDA DEL M.		Fe							
MONCAYO		Fe							
TOBED - SANTA CRUZ		Cu							
ALPARTIR		Cu							
TABUENCA		Cu - U							
CALCENA		Pb - Zn							
MADERO		Pb - Zn							
FUENDEJALON		Lignito - U							

CUADRO RESUMEN DE LA INVESTIGACION REALIZADA

FIG. 2.1

SITUACION DE LAS PRINCIPALES ESPLLOTACIONES DE HIERRO
ACTIVAS O NO

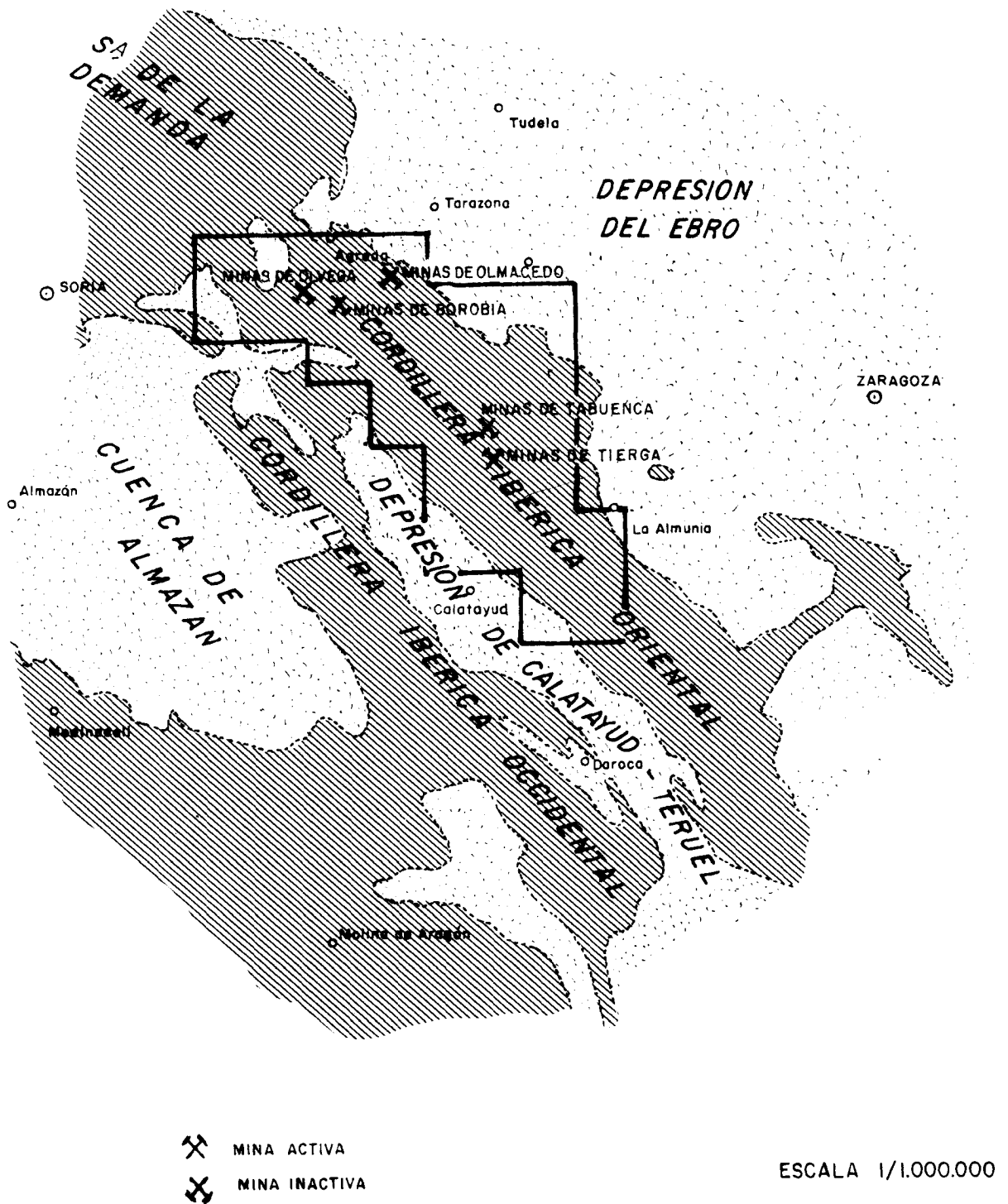


FIG. 2.2

2.4.1.1. BIBLIOGRAFIA GEOLOGICA.

ALASTRUE, E. (1953).- Bibliografía geológica de la provincia de Zaragoza.

Rev. Ac. Ciencias Zaragoza, t.8, fase 1, 2ª ser. pp. 59-83.

BARTSCH, (1966).- Geologische Untersuchungen in den Ostlichen, Iberischen Ketten zwischen Rio Jálón un der Strasse Miedes-Codos-Cariñena (Spanien). Westfälischen-Landes Universitat zu Munster Westfalen.

BATALLER, JR. & LARRAGAN, A. (1955).- Memoria explicativa de la hoja nº 352, Tabuena (Zaragoza, Soria). Inst. Geol. Min. Esp. Madrid. 98 pp

BOMER, B. (1960).-Aspectos morfológicos de la cuenca de Calatayud-Daroca y de sus zonas marginales. Estudios Geográficos, nº 80 año 21, pp. - 393-402.

BONNARD, E.G. (1959).- Los accidentes de la parte meridional de la Depresión del Ebro.

Not. Com. I.G.M.E. nº 53, pp. 81-86

----- (1959).- Algunas observaciones sobre la carencia de Cretáceo en el borde meridional de

la depresión terciaria del Ebro, entre Calanda y la Almunia de Doña Godina.

Not. Com. Inst. Geol. Min. de Esp. nº 53, pp 57-80.

BOULARD, P.F. (1966).- Sur les facies et l'extension du Jurassique Supérieur au Sud de Zaragoza (Espagne).

C.R. Ac. Sc. Paris, t-263, pp. 220-223.

----- (1970).- Le Jurassique moyen et supérieur des Chaînes Ibériques près de Ciria et de Bijuesca (prov. de Soria et Zaragoza).

Bull. Soc. Hist. Not. Toulouse, t-106, pp. 88-98.

----- (1971).- La discontinuité entre le Callovien et L'Oxfordien sur le bordure Nord-Est des Chaînes Ibériques.

Cuad. Geol. Ibérica, 2, pp. 425-438.

BRINKMANN, R. (1957).- Terciario y Cuaternario antiguo de las Cadenas Celtíberas Occidentales.

Est. Geol. 13 nº 34, pp. 123-134.

----- (1960-62).- Aperçu sur les Chaînes Ibériques du Nord de L'Espagne.

Liv. à la Mem. du Prof. P. Fallot; Mem. Soc.

Geol. Fr. t-1, pp. 291-300 Paris.

BRUIJN; H. (1965).- Miocene Gliridae, Sciuridae and Eomyidae (Rodentia, Mammalia) from Calatayud (prov. Zaragoza, Spain) and their bearing on the biostratigraphy of the area.

Tes. Doc. Univ. Utrecht (res. tes. 16 pp. 21). Traducción Bol. Inst. Geol. Min. Esp. 78, pp. 190-365, 1967.

----- (1968).- On the mammalian fauna of the Hipparion beds in the Calatayud-Teruel basin (prov. Zaragoza-Spain).

Proc. Kon. Nederl. Ak. Wetensch, v 71, n^o 1, pp. 73-76.

CARLS, P. (1965).- Jung-Silurische und Unterdevonische Schichten des Ostlichen Iberischen Ketten (N.O.-Spanien).

Inaug. Diss. Univ. Wünzburg, 115 pp.

COLCHEN, (1974).- Géologie de la Sierra de la Demanda. Mem. IGME t-85 Madrid, 2 vol.

CRUSAFONT, M. (1954).- Notas para la estratigrafía y paleontología de la cuenca de Calatayud-Teruel. - Not. Com. I.G.M.E. n^o 34 pp. 41-58.

CRUSAFONT, M. (1957).- Caracterización del Vindoboniense Continental en la cuenca de Calatayud-Teruel
Cursillos, Conf. Inst. "Lucas Mallada",
IV, pp. 75-76.

CRUSAFONT, VILLALTA & TRUYOLS, (1957).- Definición estratigráfica-paleontológica de la cuenca terciaria de Calatayud-Teruel.
Cursill. Conf. Inst. "Lucas Mallada", IV
pp. 89-91.

CRUSAFONT M. TRUYOLS J. (1964).- Aperçu chronostratigraphique des bassins de Calatayud-Teruel. 2ª Reunión Comité Neog. Medit. Sabadell-Madrid 1961. Curs. Conf. Inst. "Lucas Mallada", IX, pp. 89-92.

DEREIMS, (1898).- Recherches géologiques dans le Sud de L' Aragon. Ann. Hebert, t-2, VII-199, pp. - Lille.

DESPARMENT, R. (1967).- Carte géologique de la région d'Alhama d'Aragon. 1:100.000.
I. Catholique. Paris.

DONAYRE, (1873).- Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza.
Mem. Com. Mapa Geol. de España.

ESSO IBERIA, Inc..- Mapa geológico del Oeste del Ebro y mon
tañas adyacentes. 1:200.000

FRUTOS, M.L. (1968).- Los glaciares del Campo de Zaragoza.
Ap. Esp. al Congr. Inst. Geogr. India-
1.968.- Inst. Geogr. Aplic. CSIC pp. 422
-429.

GOMEZ DE LLARENA, (1916).- Excursiones a las Sierras de la
Demanda, Urbión y Moncayo.
Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. 16 Ma--
drid.

HAHNE, RICHTER & SCHROEDER, (1930).- Zum tektonik den kelti
berischen Ketten.
Abh. Gess. Wiss. Goth n^o 5.

HARTLEB, J. (1968).-Über Vererzungen in den keltiberischen,
ketten.
Aufschluss, pp. 313-315. Göttingen.

----- (1969).-Stratigraphie, Tektonik und Vererzung -
in den Ostlichen Hesperischen ketten, -
Spanien (mit einem Beitrag über die Ei-
senerzlagerstätten von Ojos Negros (pro
vinz Teruel).
Inaug. Diss. Heidelberg, 101 pp.

I.G.M.E., (1971).- Mapa 31 (Soria) 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente.

I.G.M.E. 23 pp. Madrid.

JOLY, H. (1927).- Etudes géologiques sur la Chaîne Céltibérique (Provinces de Teruel, Zaragoza, Soria et Logroño; Espagne).

Congr. Geol. Int. Madrid, C.R. 14 sess, 2 fasc, pp. 523-584.

JULIVERT, M. (1954).- Observaciones sobre la tectónica de la depresión de Calatayud.

"Arrahona", pp. 1-18 Sabadell.

LOTZE, F. (1929).- Stratigraphie und tektonik des keltiberischen Grundgebirges (Spanien).

Abh. Ges. Wiss. Göttingen math-phys K.L.-

• N.F. 14 n^o 2 320 pp. Berlín.

Trad. en: Publ. Estr. Geol. Esp. 8 pp. 1-315, 1954-55 Madrid.

----- (1970).- El Cámbrico en España.

Mem. Inst. Geol. Min. de Esp. 252 pp. Madrid.

MALDONADO, A. Y RIBA, D.- Cuenca de Calatayud y Sierra de Argantes.

Mem. V. Reunión Grupo Español Sedim.

MELLENDEZ, B. (1944).- Contribución al estudio del paleozoico aragonés.

Trab. Inst. Cienc. Nat. "José de Acosta"
Ser. Geol. 3 nº 1 Madrid.

----- (1948).- Consideraciones tectónicas sobre el Cámbrico aragonés.

La Ciencias, a 13 nº 2 pp. 23-360.

MENSINK, H. (1966).- Stratigraphie und Paläogeographie des marinen Jura in den nordwestlichen keltiberischen ketten (Spanien).

Beih. Geol. Jahrb. t-44 pp.42-104 Hannover.

MOHL, (1965).- Erläuterungen zur geologischen kartierung in den Ostlichen Iberischen ketten (Nordost-Spanien).

Dipl. Arb. Würzburg, 58 pp.

PALACIOS, P. (1892).- Reseña geológica de la región meridional de la provincia de Zaragoza.

Bol. Com. Mapa Geol. Esp. 19 1-112. Madrid.

----- (1917).- Nota sobre la constitución estratigráfica del Moncayo.

Bol. I.G.M.E. XXXVIII, pag 3.

PINILLA, A. (1966).- Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro.
1ª parte de Mem. doct. Fac. Farmacia, Madrid, 330 pp.

----- (1968).- Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca Terciaria del Ebro.
Bol. Geol. Soc. Esp. Hist. Nat. Ser. Geol. t-66 pp. 207-217.
II parte An. Edafol. t-27 nº 7-8, pp. 547-562.

PINILLA A. Y PEREZ MATEOS, J. (1968).- Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro.
III parte, An. Edaf. t-27 nº 9-10 pp. 593-617.

QUARCH, (1967).- Erläuterungen zur geologischen Kartierung bei Borobia in den Ostlichen Iberischen Ketten (Nordost-Spanien).
Diplomarbeit. Würzburg.

QUIRANTES; J. (1969).- Estudio geológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros.
Tesis doctoral Zaragoza. Dep. Sedimentología y Suelos (CSIC) II-10-1-37.

RIBA, O. (1972).- Introducción estratigráfica y tectónica de parte de las cadenas ibéricas comprendidas entre Burgos, Atienza, Albarracín, Montalbán y Logroño.
Inédito.

RIBA, O; VILLENA J. Y PUIGDEFABREGAS, C.. (1971).- Estudio geológico de la zona minera de Olvega y Borobia. Inédito.

RIBA, O: ET AL. (1971).- Hoja 32 (Zaragoza) 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente.
I.G.M.E. Madrid 33 pp.

----- (1971).- Hoja 40 (Daroca) 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente.
I.G.M.E. Madrid 53 pp.

RICHTER, G. (1930).- Die Iberischen ketten zwischen Jalón und Demanda.
Abh. Ges. Wiss. Göttingen math-phys kl, N.F, 16,3.
Trad. en: Publ. Extr. Geol. Esp. nº 9 pp 62-142.

----- (1930). Zum tektonik den keltiberischen ketten
Abh. Gesell, Wissen. Goth. nº 5.

----- (1931). Abscherungserscheinungen in der Trias

der Iberischen ketten (Nordspanien).

Sdr. Geol. Rdsch. XXII, m-I.

RICHTER, G. (1932).- Der Graben von Morés.

Abh. Preuss. Geol. Lds. Aust. N.F. Heft.

139 Berlín.

RICHTER, G & TEICHMULLER, R. (1933).- Die Entwicklung der -
Keltiberischen ketten.

Abh. Ges. Wiss. Göttingen math-phys, Kl.

III, F-47 Berlín.

RICHTER, R. Y E. (1948).- Zur Frage des Unterkambrium in -
Nordöst Spanien.

Senckenbergiana, 29 Frankf. a.M.

SAMPELAYO, (1935).- El sistema Cambriano.

Expl. Nuevo Mapa Geol. Esp. 1; pp. 291-

528. Madrid.

SCHMIDT-THOME, (1968).- Beiträge zur Feinstratigraphie des
Unterkambriums in den Iberischen ketten
(Nordost Spanien).

Diss. Univ. Würzburg.

SCHMITZ, (1971).- Stratigraphie und Sedimentologie im Kam-
briem und Tremadoc der Westlichen Ibe--
rischen ketten, nördlich Ateca (Zarago-
za), NE Spanien.

Münster Forsch. Geol. Paläont, H-22, 123
pp. Münster/Westf.

TRICALINOS, (1928).- Untersuchungen über den Bau der Kelti-
berischen ketten des nordöstlichen Spa--
niens.

Zeitschr. Deutsch Geol. Ges. t-80, Abh. 4
pp. 409-482. Berlín.

VALDEBRO, (1954).- Map of Tabuenca-La Almunia área 1:50.000
PNIM.

VILLALOBOS, L. Y LEON, L. (1965).- Estudio geológico de los
bordes Norte y Este de la cuenca de Alma-
zán.

Inédito.

WURM, A. (1911).- Untersuchungen über den geologischen Bau
und die Trias von Aragonien.

• Z. dt. Geol. Ges, 63. Berlín.

2.4.1.2. BIBLIOGRAFIA MINERA.

ABAD, M. (1900).- Minas de hierro en la cuenca del rio Isuela. Término municipal de Tierga (Zaragoza) Informe Inédito.

AGUILAR, M. (1972).- Nuevas orientaciones sobre la génesis de yacimientos de hierro y su repercusión en la investigación.

Actas Ism. Minero-Metal. Cartagena, 1971.

ANIM ed. Madrid.

ALVAREZ ROS, F. (1956).- Las minas españolas de mineral de hierro. Min. Metal, 177, pag. 17-24

CAÑADA, F. - Sobre la génesis de algunos yacimientos de óxidos de hierro. Not. Com. IGME, 87.

----- (1972).- Yacimiento de mineral de hierro de Sierra Menena, edad de su formación y experien--cias de laboratorio que reproducen su génesis. Bol. Geol. Min. LXXXIII, p2, pp.69-74.

DE PEDRO Y SAN GIL, J.M. (1954).- Memoria sobre el yacimiento y plano de las minas (Coto Minero del Moncayo, Minas Olmacedo, Virgilio y Ramona). Informe inédito.

EZQUERRA VAYO.- Anales de minas, t II, pag. 11.

- FEBREL, T. (1972).- Estudio de muestras de mineral de hierro de Olvega (Soria) ETSIM, Cátedra de Criaderos minerales. Inédito.
- GALVEZ CAÑERO, .- Estudio geológico y minero de la zona de Tabuenca. I.G.M.E. Informe inédito.
- GIL MONTERO, J. (1956).- Las minas de Olvega. Metal. y Electric. año XX, nº 221, pag. 59-60.
- GONZALEZ LASALA, J. (1857).- Sobre el estado actual y porvenir de la industria minera de Zaragoza. Rev. Minera, t-VIII, pag. 244-254, 276, 368, 1.857.
- LEITEAO, J. (1851).-Revista Minera, t.II, pag. 750.
- (1853).-Revista Minera, t.IV, pag. 524.
- MEJIAS VAZQUEZ, A. (1966).- Informe sobre la mina "Petra III" situada en el pueblo de Olvega de la provincia de Soria. Informe inédito.
- (1967).- Proyecto de explotación del grupo de minas de Olvega. Informe inédito.
- MORENO CASTILLA, (1957).- Informe sobre las concesiones mineras del Moncayo, propiedad de los Sres. Zapatero-Gurruchaga. Informe inédito.

NAVARRO SOLER, D. (18).- Revista Minera, t.I, pag .361.

PEREZ FORNIES, (1910).- Estudio geológico-minero de las minas de hierro de Tarazona (Zaragoza) - pertenecientes a D. Juan Gurruchaga y D. Manuel Zapatero. Informe inédito.

REY DE LA ROSA, (1973).- Trabajo de investigación de Pb-Zn en la Reserva de "Loma Charra" en la - provincia de Soria. Bol. Geol. Min. t. 84, pag. 32-43.

RIVED, F. (1933).- Los hierros de la cuenca del Isuela, - Tierga, etc. (Zaragoza). Cat. Des. Cri. Min. t-I, pag. 155.

ROMERO ORTIZ, (1934).- Los hierros de Tabuenca (Zaragoza) - Cat. Des. Cri. Min. t-II, pag. 347-350

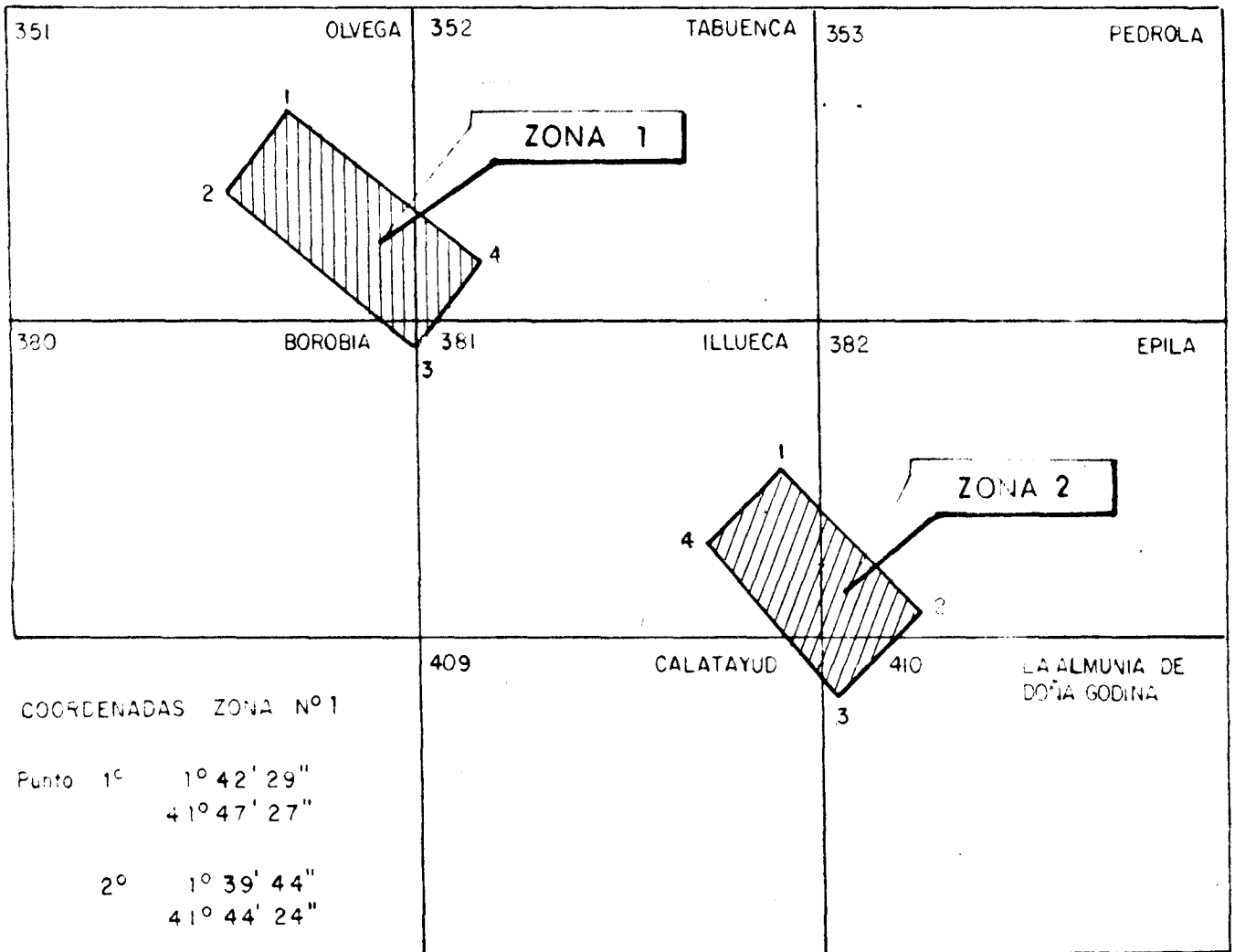
2.4.2. Base topográfica.-

Para la escala 1:25.000 ha sido suficiente ampliar el mapa base existente a 1:50.000.

Para la escala 1:10.000 se efectuó un vuelo en la zona de Olvega, Borobia y Tierga, restituyendo a partir de los fotogramas. (fig. 2.3., planos 2.1 y 2.2).

En las demás zonas a 1:10.000 se ha restituido directamente del vuelo de 1.957.

En la zona de Cálcena se ha considerado necesario levantar un plano topográfico de detalle á 1:1.000 para situación de indicios, labores y sondeos. (cuadro 2.3.)



COORDENADAS ZONA N° 1

Punto	1°	2°
1°	1° 42' 29"	41° 47' 27"
2°	1° 39' 44"	41° 44' 24"
3°	1° 50' 50"	41° 38' 50"
4°	1° 53' 30"	41° 41' 50"

COORDENADAS ZONA N° 2

Punto	1°	2°
1°	2° 04' 35"	41° 35' 18"
2°	2° 12' 10"	41° 31' 03"
3°	2° 09' 07"	41° 27' 58"
4°	2° 01' 29"	41° 32' 10"

ZONAS VOLADAS Y RESTITUIDAS A ESCALA 1:10.000

• FIG. 2.3

CUADRO 2.3.- TOPOGRAFIA

<u>Escala</u>	<u>Zona</u>	<u>Superficie Ha,</u>	<u>Método</u>
1: 25.000	Reserva	204.182	Ampliación del Mapa Base 1:50.000
1: 10.000	Olvega-Borobia	13.515	Vuelo y restitución fotogramétrica.
	Tierva	12.350	"
	Fuendejalón	1.610	Restitución fotogra métrica.
	Cálcena	2.115	"
	Codos	735	"
	Alpartir	1.530	"
	Aranda	2.680	"
	Moncayo	3.000	"
	Madero	4.112	"
	Tabuena	1.239	"
1: 1.000	Cálcena	21	Levantamiento topo- gráfico.

2.4.3. Geología.-

La cartografía se realizó mediante recorridos sobre el terreno y con ayuda de los fotogramas del vuelo de 1.957.

Se tomaron muestras suficientes para la obtención de columnas estratigráficas.

En la cartografía de detalle se prestó especial atención a los indicios mineros.

Los resultados se han expresado sobre bases topográficas 1:25.000 del Mapa Militar y del Instituto Geológico y Catastral y sobre bases 1:10.000 obtenidos por restitución de los fotogramas anteriormente citados.

Asimismo se realizaron muestreos que pudieran aportar datos significativos sobre las génesis de las mineralizaciones.

Las superficies cartografiadas se especifican en el cuadro 2.4.

CUADRO 2.4.. CARTOGRAFIA MINERA

Escala 1:25.000	Reserva.....	<u>204.182 Ha.</u>
1:10.000	Olvega-Borobia.....	13.515 Ha.
	Tierna.....	12.350
	Fuendejalón.....	1.610
	Cálcena.....	2.115
	Codos.....	735
	Alpartir.....	1.530
	Aranda.....	2.680
	Moncayo.....	3.000
	Madero.....	4.112
	Tabuena.....	<u>1.239</u>
	T O T A L	<u>42.886</u>

2.4.4. Geofísica.-

Una vez realizados los ensayos se empleó el método gravimétrico en la zona del sinclinal de Borobia, para la búsqueda de minerales ferruginosos, cubriendo una superficie de - 15 Km².

Por otra parte en la zona del Puerto del Madero, - se emplearon para la investigación de sulfuros, el método electromagnético y calicatas eléctricas. Previamente fué necesario efectuar un desbroce del total de la superficie investigada, - 15 Km². (ver cuadro 2.5.).

CUADRO 2.5. - GEOFISICA.

	Zona	Método	Superficie cubierta, ó tiempo
ENSAYOS:	Olvega	Magnético Terrestre	
	Borobia	Magnético Terrestre	
		Magnético y Electromagnético aéreos.	
Electromagnético Terrestre			
		Calicatas Eléctricas	27 dias.
		Gravimetría (206 estaciones)	
	Ti erga	Magnético Terrestre	
		Sondeos eléctricos	
PROSPECCION:	Borobia	- Gravimetría (601 estaciones)	15 Km ² . en total.
	Madero	Calicatas Eléctricas	
		Electromagnético terrestre	15 Km ² . (78 Km. perfiles)

2.4.5. Geoquímica.-

Los métodos geoquímicos han sido empleados en distintas zonas (cuadro 2.6.) con un total de 5.373 muestras recogidas.

2.4.6. Sondeos.-

Los sondeos se han efectuado a testigo continuo con empleo de las siguientes sondas:

- 1 Longyear 38
- 3 Craelius D-750
- 1 Craelius XC 90
- 1 Mayhew

El detalle de muestras realizados según las distintas zonas se representa en el cuadro 2.7.

CUADRO 2.6. - GEOQUIMICA

ZONA	TIPO	MUESTRAS	ELEMENTOS ANALIZADOS.	METODO
Tobed-Codos	Estratégica	74	Cu, Pb, Zn.	Absorción atómica en fracción < 80 ma .
Madero-Loma-Charra.	"	124	" " "	" "
Madero	Táctica	1.389	Cu, Pb, Zn.	Absorción atómica.
Cálcena	"	1.215	" " "	" "
Noviercas	"	285	Pb, Zn.	" "
Codos	"	673	Cu, Ba.	" "
Ti erga	"	297	Cu.	" "
Tabu enca	"	1.316	Cu.	" "
<u>TOTAL.....</u>		<u>5.373</u>		

CUADRO 2.7 - SONDEOS

<u>Z O N A</u>	<u>M E T R O S</u>
CUEVA	390,85
OLVEGA	1.287,65
FUENDEJALON	427,00
CALCENA	1.746,00
TIERGA	4.232,55
EPILA	868,00
BOROBIA	3.838,90
MADERO	343,50
TOTAL...	<u>13.134,45</u>

2.4.7. Laboratorios.-

Los tramos mineralizados intersectados con los sondeos han sido desmuestreados y analizados en los laboratorios -- del I.G.M.E. para distintos cationes (cuadro 2.8.).

Otros análisis efectuados han sido metalogénicos, - petrográficos, micropaleontológicos, paleontológicos y de Rayos X, (cuadro 2.9.).

CUADRO 2.8 - ANALISIS QUIMICOS

<u>FECHAS</u>	<u>MUESTRAS</u>	<u>CATIONES/ MUESTRA.</u>	<u>CATIONES</u>
15-11-73	2	2	4
	5	5	10
19- 2-74	3	11	33
20- 6-74	1	1	1
11- 9-74	2	11	22
28-11-74	15	12	180
9- 1-75	3	4	12
9- 1-75	1	1	1
10- 1-75	6	11	66
20- 2-75	5	4	20
4- 4-75	2	4	8
12- 5-75	3	11	33
23- 7-75	5	12	60
			<hr/> 455

CUADRO 2.9. - OTROS ANALISIS

<u>T I P O</u>	<u>M U E S T R A S</u>
Metalogénicos	20
Petrográficos	100
Micropaleontológicos	412
Paleontológicos	53
Rayos X	11
Sedimentología	371

PARTE III

(GEOLOGIA)

3.1. INTRODUCCION

La elaboración del mapa geológico de la Reserva a escala 1:25.000 ha constituido el punto de partida de la investigación realizada (planos 3.4. a 3.11. y leyenda en plano 3.3.).

Como complemento al Mapa Geológico se enumeran en el capítulo 3.2. las distintas formaciones aflorantes.

A partir de la columna geológica se describe la evolución sedimentológica y paleogeográfica (capítulo 3.3.) Las rocas sedimentarias se describen en el capítulo 3.4.

En el capítulo 3.5. se describen las principales estructuras y se deducen los procesos orogénicos que han tenido lugar.

El capítulo 3.6. resume la sucesión de procesos geológicos en el tiempo que ha ocurrido en la zona estudiada.

Finalmente se presenta la bibliografía consultada referente a la geología regional.

Con objeto de disponer de una visión de conjunto de la zona se ha sintetizado la cartografía a escala 1:200.000 (plano 3.1.) y se han elaborado cortes generales a 1:100.000 (plano 3.2.).

3.2. ESTRATIGRAFIA

La serie estratigráfica observable en la reserva alcanza un espesor cercano a los 5.000 m. (plano 3.13)

Sobre un zócalo precámbrico yace un Cámbrico completo, un Ordovícico y un Silúrico Inferior, con un total de 3.000 a 3.500 m. (Fig.3.3).

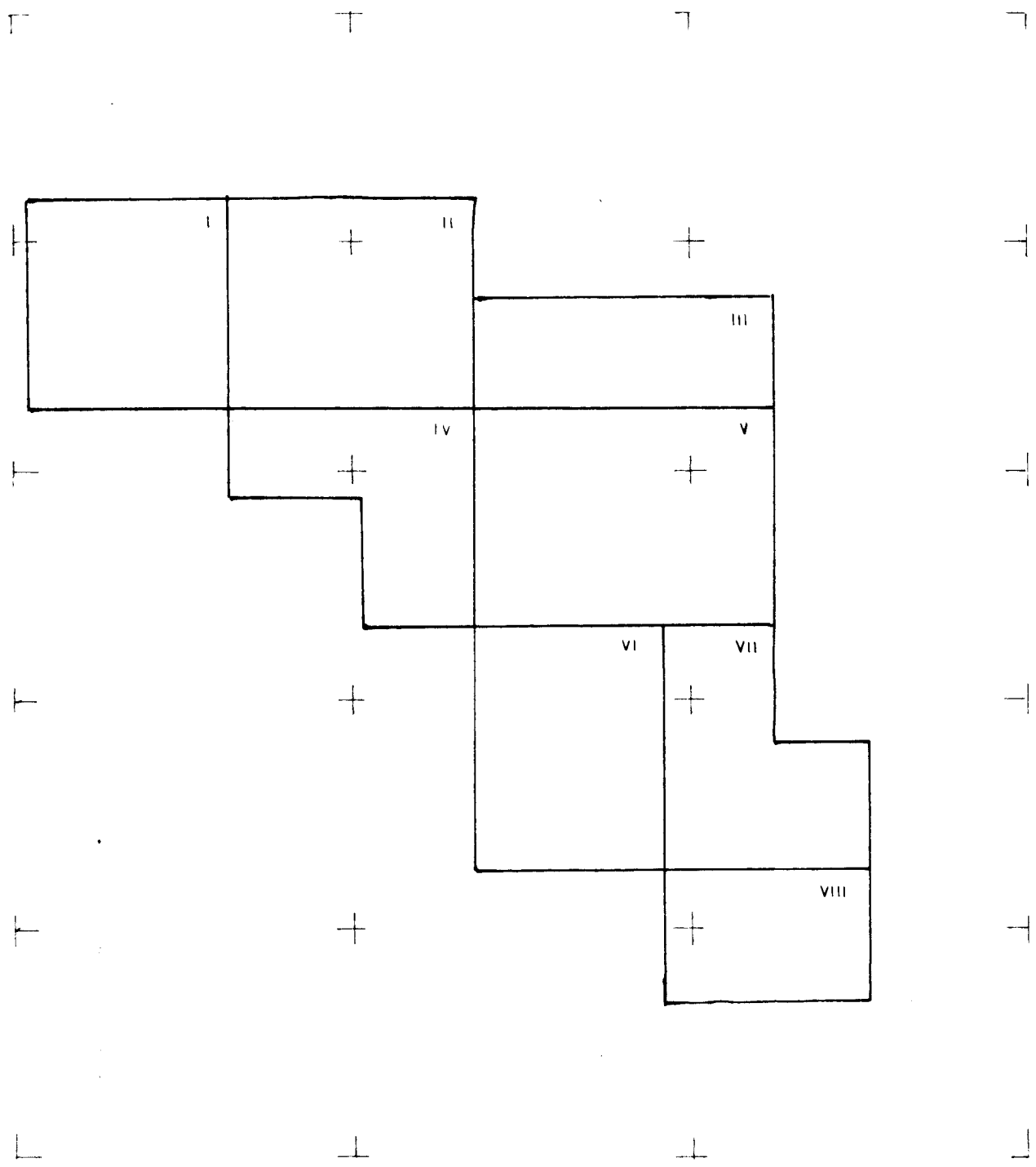
Tras una extensa laguna estratigráfica se deposita un Triásico y Jurásico completos, y parte del Cretácico; este último únicamente se encuentra representado en el sector NW. de la reserva. La potencia total del Mesozoico varía entre los 2.700 y 4.500m., aumentando en general hacia el Oeste (Fig.3.2).

La sedimentación se reanuda en el Mioceno, en discordancia sobre las formaciones más antiguas, en tres zonas individualizadas: la depresión del Ebro, al norte; la de Calatayud, al sur; y la cubeta de Tierga, en el centro de la reserva.

Localmente existen, además, recubrimientos -- cuaternarios de extensión y espesor relativamente pequeños.

3.2.1. PRECAMBRICO

El substrato precámbrico está formado por un conjunto de pizarras denominado por LOTZE (1.929) "Pizarras de Paracuellos".



SITUACION DE LOS MAPAS GEOLOGICOS A ESCALA 1:25.000

FIG. 3.1

ESTRATIGRAFIA DEL MESOZOICO

EDAD	UNIDAD	POTENCIA (m)	LITOLOGIA	DISCORDACIAS
TECHO Terciario				← pre-neógena
CRETACICO SUPERIOR	CAMPANIENSE	120 m.		
	SANTONIENSE	500 m.		
	TURONENSE-CONIACIENSE	30 m.		
	CENOMANENSE	120 m.		
CRETACICO INFERIOR	ALBENSE	150 m.		
	APTIENSE	200 m.		← neocimérica
MALM	FACIES PURBECKIENSE	~ 400 m.		
	KIMMERIDGENSE	60-140 m.		
	OXFORDIENSE	120-150 m.		
DOGGER	BATHONIENSE-CALLOVIENSE	130-540 m.		
	BAJOCIENSE	50 m.		
	AALeniENSE	10-50 m.		
LIASICO	TOARCIENSE	15-20 m.		
	PLIENSbACHIENSE	50-450 m.		
	SINEMURIENSE	40-90 m.		
	HETTANGIENSE	80-500 m.		← cimérica
TRIASICO	KEUPER	20 m.		
	MUSCHELKALK	20-40 m.		
	BUNTSANDSTEIN	300-600 m.		← pre-triásica
ZOCALO PRETRIASICO				

FIG. 3.2

ESTRATIGRAFIA DEL PALEOZOICO

EDAD	UNIDAD	POTENCIA (m)	LITOLOGIA	DISCORDACIAS
TECHO TRIASICO				
DEVONICO	CALZAS Y PIZARRAS	200 m.		← pretriásico (angular)
SILURICO	PIZARRAS Y CUARCITAS	300		
ORDOVICICO	LLANDEILO-LLANDOVERY	250 m.		
	CUARCITA ARMORICANA	300 m.		
CAMBRICO SUPERIOR	SERIE IBERICA	>1.500 m.		
CAMBRICO MEDIO	PIZARRAS Y MARGAS SUPERIORES	75 m.		
	GRIOTTE	65 m.		
	PIZARRAS INFERIORES	150 m.		
CAMBRICO INFERIOR	DAROCA	50-60 m.		
	HUERMEDA	80-100 m.		
	RIBOTA	30-60 m.		
	JALON	150-200 m.		
	EM BID	220-300 m.		
	BAMBOLA	350-400 m.		
BASAMENTO PRECAMBRICO				← asintica (angular)

FIG. 3.3

El afloramiento más extenso está presente en el valle del Jalón, entre Paracuellos y Morés, extendiéndose hacia el NO. y el SE. Otro afloramiento, más reducido, se encuentra al sur de Codos, en el límite meridional de la reserva.

En el sector de Paracuellos llega a alcanzar una potencia de 500 m., pero como señala BARSTCH (1.966), el espesor probable es de 1.500 m., estando cizallado por las cuarcitas de Bámbola que se sitúan encima mecánicamente.

La formación está constituida por pizarras arcillosas de color pardo claro a verde oscuro, alternando con pizarras arenosas que hacia arriba se hacen más frecuentes, llegando a aparecer localmente bancos delgados de una arenisca cuarcítica de grano fino.

Localmente han sufrido un débil metamorfismo epizonal que origina texturas filíticas. También aparecen fenómenos de carácter dinámico que se limitan al contacto mecánico con las cuarcitas del Cámbrico Inferior de la base.

3.2.2. CAMBRICO

Aflora en las Sierras de Carrasquera, Toranzo y Tablado, en donde forma dos unidades estructurales separadas por la falla de Peñacuco al norte de la Reserva; y en las sierras de Algairén, Espigar y Vicort al sur, presentando en ambas igual litología.

En la mitad sur aflora la serie del Cámbrico Inferior en Espigar y Vicort; y aproximadamente la mitad del Cámbrico Superior en la Sierra de Algairén.

En la zona norte de la unidad occidental (Carrasquera-Toranzo) aflora incompletamente el Cámbrico Inferior mientras que en Tablado está casi completo.

En la hoja de Olvega 1:50.000 del I.G.M.E., se atribuye el Cámbrico Inferior de la unidad de Carrasquera-Toranzo al Ordovícico, al no haber observado la Dolomía de Ribota al W. de las minas de Olvega; en nuestra opinión y de acuerdo con QUARCH y SCHMITD-TOME la litología y petrología de esta unidad corresponden claramente al Cámbrico Inferior.

Por nuestra parte y en contraposición con los autores de la mencionada hoja, hemos utilizado la subdivisión de LOTZE para el Cámbrico de la Ibérica, que es el siguiente:

TECHO: Cuarcita armoricana.

i) Capas de Ateca.

h) Capas de Jiloca

g) Cámbrico Medio Capas de tránsito al Cámbrico S.
 Capas de Villafeliche
 Capas de Murero.

f) Cuarcita de Daroca.

e) Capas de Huérmeda.

d) Dolomía de Ribota.

c) Capas abigarradas del Jalón.

b) Capas de Embid.

a) Cuarcita de Bámbola.

BASE : Precámbrico (Pizarras de Paracuellos).

3.2.2.1. Cuarcita de Bámbola

Forma el núcleo del anticlinal de Toranzo, sin que llegue a aflorar su base. No son pues visibles aquí los niveles inferiores conglomeráticos descritos por LOTZE en el río Jalón. El espesor medible es de 350 m.

Está formada por cuarcitas en bancos de 0,03 a 1,5 m. de espesor, bien estratificados, a veces con laminación oblicua. En general de color blanco, pero localmente alcanzan tramos rojos o violetas debido al contenido en óxidos de hierro.

En el macizo del Moncayo, en la Ermita de la Virgen existe un afloramiento de cuarcitas cubierto en discordancia por un conglomerado del Buntsandstein. Este afloramiento, completamente aislado, parece corresponder a la Cuarcita de Bámbola, pero esta atribución es muy dudosa.

En la mitad meridional o zona sur, la Cuarcita de Bámbola ocupa extensas áreas, tanto en la Sierra de Espigar como en los flancos norte y sur de la Sierra de Vicort.

En las proximidades de Paracuellos aflora la base en contacto mecánico con las pizarras precámbricas, mediante un conglomerado muy continuo de 50 m. de espesor. Este conglomerado, de cemento silíceo, engloba cantos de cuarzo de color claro, de tamaños groseros, que hacia el techo se hacen más finos; y localmente se intercalan pizarras cuarcíticas de matriz sericitica cristalina orientada, y eventuales porfiroblastos de plagioclasas, que muestran un fuerte metamorfismo dinámico. Este tramo tiene una potencia de 200 m.

Encima continua un conglomerado de cantos rodados de cuarzo, que hacia el techo evoluciona hacia una cuarcita de grano fino y color claro, estratificada en bancos de 1 m. de potencia.

En este sector el espesor total de la Cuarcita de Bámbola es de 400 m., comprendiendo dos secuencias análogas por lo que al desarrollo de la granulometría se refiere.

3.2.2.2. Capas de Embid

A partir de la Cuarcita de Bámbola se desarrollan intercalaciones cada vez más potentes de pizarras de tonos verdosos y ocre, aceitunadas, alternando con grauwacas y cuarcitas, con un espesor que varía entre 220 y 370 m.

Afloran en la zona Norte en los flancos del Anticlinal de Toranzo, a ambos lados de la Cuarcita de Bámbola, sobre la cual yace; también forma la parte basal de la serie de la Sierra de Tablado.

Según QUARCH, la sucesión en Toranzo es la siguiente:

TECHO: Capas del Jalón

55 m.: Pizarras arenosas y areniscas cuarcíticas.

22 m.: Cuarcitas

66 m.: Pizarras y areniscas.

8 m.: Cuarcitas

22 m.: Pizarras

27,5 m: Pizarras arenosas y areniscas con piritas orgánicas (nivel de Astropolithon).

58 m.: Pizarras y areniscas.

48 m.: Pizarras, areniscas y cuarcitas.

70 m.: Cuarcitas, areniscas y pizarras con pis-
tas orgánicas.

BASE : Cuarcitas de Bámbola.

Ahora bien SCHMITD-TOME y BARTSCH señalan que la anterior serie no es extrapolable al resto de la Ibérica. Estos autores establecen la serie siguiente con mayor valor general:

TECHO : Capas del Jalón

100 m.: Arcillas, areniscas y cuarcitas.

50-60 m.: Cuarcitas y pizarras.

100 m.: Grauwacas y pizarras.

BASE : Cuarcita de Bámbola.

En la zona sur, la serie tiene un espesor de 200 metros. Al oeste de Tobed, BARTSCH distingue tres tramos análogos a los del valle del Jalón.

El tramo inferior está compuesto por areniscas y grauwacas; hacia arriba aumenta la proporción de cuarzo y se van intercalando areniscas cuarcíticas.

El tramo medio se compone de cuarcitas de grano fino alternando con pizarras y grauwacas.

Por último el tramo superior está compuesto por rocas fuertemente detríticas; su espesor es variable según los sectores.

3.2.2.3. Capas del Jalón

Sobre las capas de Embid, en Toranzo, Tablado, Olvega y Borobia al norte; y Sierra de Vicort al sur, afloran unas pizarras rojo-violáceas, a veces verdosas o azules en las que hay pasadas de areniscas, cuarcitas y margas más o menos calcáreas o dolomíticas, entre las que se intercalan bancos carbonatados que en dirección al techo se hacen más frecuentes y más potentes.

En general los niveles carbonatados aumentan su potencia hacia el techo, desde varios cm. a varios metros.

El límite entre Embid y Jalón se sitúa convencionalmente al empezar los colores rojos. El cambio de color es brusco, y en general visible en el campo, sin que la litología cambie bruscamente.

Los bancos carbonatados han sido dolomitizados y silicificados; mientras que las pizarras tienen un notable contenido en sílice, y en sulfuros de hierro, lo que les da el color verde cuando no están oxidadas, y rojo en superficie. El yacimiento estratiforme de Tierga, de oligisto, aparece precisamente en estos niveles.

Algunos niveles ferruginosos presentan estructuras de sobrecarga, de slumping y laminación cruzada de pequeña escala.

En Tablado las capas del Jalón tienen una potencia de 160 m. En la parte inferior existe una alternancia de areniscas y cuarcitas; el tramo medio está formado casi ex--

clusivamente por pizarras rojas; y en la parte superior aparecen intercalaciones de margas verdosas y niveles de calizas más o menos dolomíticas.

En Toranzo no aflora la parte superior de la serie por estar recubierta por derrubios. Al Sur de Borobia los afloramientos son muy reducidos y aparecen entre fallas.

En la carretera de Olvega a Noviercas solamente aflora la parte inferior pizarrosa.

En Olvega los afloramientos están cubiertos por la vegetación y tectonizados, pero se reconoce la parte superior con intercalaciones dolomíticas en la corta de la mina y algo más al W.

Por último, hay que añadir que en las minas estos niveles aparecen teñidos o decolorados, lo que dificulta su reconocimiento.

3.2.2.4. Dolomía de Ribota

Es un nivel muy característico que aflora en Tablado, Olvega y Borobia, Jarque y Codos.

El mayor afloramiento se encuentra en Tablado. Según SCHMITD la serie es la siguiente:

TECHO : Pizarras de Huermeda

17 m.: Dolomías de grano muy grueso.

3 m.: Margas con restos de trilobites.

- 7 m.: Dolomías.
- 7 m.: Calizas.
- 4 m.: Margas con restos de trilobites.
- 4 m.: Calizas.
- 3 m.: Dolomías.
- 4 m.: Alternancia de margas y dolomías.
- 6 m.: Dolomías.

BASE : Capas de Jalón.

Esta formación tiene color gris a negro cuando no está alterada, pero en superficie es generalmente de color ocre.

Las grandes mineralizaciones de oligisto ocurren generalmente en las proximidades de este nivel; en las zonas mineralizadas la dolomía sufre fuertes alteraciones: así en Olvega y Tierga se encuentra muy silicificada, mientras que en Borobia está caolinizada.

Por su característico color ocre y el resalte topográfico que determina, constituye un excelente nivel gufa.

En la zona de Valdelamata; junto a la carretera N-II, existe un pequeño afloramiento dolomítico limitado por fallas, que ha dado lugar probablemente a que se desarrolle un metamorfismo dinámico.

Al NW. de Codos las rocas carbonatadas están mineralizadas.

Diversos afloramientos sueltos bordean el gran anticlinal de la Sierra de Espigar y Vicort, y en ningún ca-

so el espesor de las dolomías de Ribota en este sector meridional es superior a los 60 m.

3.2.2.5. Pizarras de Huérmeda

Sobre las dolomías de Ribota se encuentran unas pizarras que fueron denominadas por LOTZE como "pizarras de Huérmeda". En el sector norte afloran en el sinclinal de Borobia y al sur, entre las Sierras de Vicort y del Espigar.

En Borobia aparecen en ambos flancos del sinclinal y según QUARCH, tienen un espesor de 80 metros y están formadas por pizarras gris-azuladas con intercalaciones arenosas hacia el techo (20 últimos metros). Contiene los fósiles datables más antiguos encontrados en la zona de Borobia.

En la corta de Borobia se han encontrado:

Lusatiops ribotanus RUD y E. RICHTER

Relaspis, Sp.

que según SDZUY caracterizan la parte inferior de las pizarras de Huérmeda.

En el sector meridional, donde mejor afloran es en el centro de un sinclinal situado al NE. de Codos, consistiendo en pizarras que forman una serie monótona de color gris o gris verdoso y llegan a alcanzar una potencia de unos 60 metros.

También afloran en las proximidades del pueblo de Huérmeda en el valle del Jalón, pero aquí no se observa el conjunto estratigráfico completo. De acuerdo con LOTZE

(1.929), la serie en este sector está caracterizada por la gran cantidad de biotita y restos de trilobites, a veces en grandes grupos existentes en algunos sitios.

3.2.2.6. Cuarcita de Daroca

A los 85-90 m. sobre la base de las pizarras de Huérmeda aparecen bancos gruesos de cuarcitas arenosas de color pardo verdoso de 9-10 m. de espesor que constituyen la base de la cuarcita de Daroca. Sobre ellas hay un paquete de 16 m. de pizarras a los que siguen 28 m. de alternancias de cuarcitas y pizarras.

Los únicos fósiles encontrados por QUARCH 300 m. al SSE. de la mina de Gandalia son unos moldes asimilables a Volborthella y a braquiópodos inclasificables.

3.2.2.7. Cámbrico Medio

Como las capas anteriores, aflora únicamente en el sinclinal de Borobia.

Consta de:

TECHO: Serie Ibérica

60 m.: Cuarcitas con pizarras.

84 m.: Margas y pizarras verdosas.

65 m.: Calizas nodulosas y margas de colores rojos y verdosos.

75 m.: Esquistos pardo-verdosos con pequeñas pasadas de grauwacas y cuarcitas. La parte superior es azul negruzca.

BASE : Cuarcita de Daroca.

El nivel de margas y pizarras verdosas es el tramo más rico en fósiles. En el túnel de entrada a la mina Gandalia se han clasificado:

Solenopleuroopsis Sp.

Pardailhancia Sp.

" hispanica

" hispidia

" granieri

Parabailiella cf. Langedoecuris

" " Schimdtii.

Ctenocephalus Sp.

" Antiquus.

" cf. Antiquus

Peronopsis Sp.

Agraulos Sp:

Agraulos longicephalus

" cf. asturianus

Paradoxides Sp.

" rouvillei.

" cf. rouvillei

" brachyrhachis

" pradoanus

En otros puntos, además de estos fósiles han a-parecido:

Conocoryphe heberti

" solaeri

Paradoxides espinosus

Boliaspis dalmai

3.2.2.8. Serie Ibérica.

Bajo esta denominación, empleada por SCHMITZ - (1971) se comprenden las alternancias de cuarcitas y pizarras existentes entre el Cámbrico Medio fosilífero y la Cuarcita - Armoricana.

Se trata de una serie de más de 1.500 m. de potencia, monótona y sin fósiles, de tipo turbidítico. Las areniscas presentan estructuras de sobrecarga y laminación paralela y cruzada, así como pistas (Scolithus, Vexillum). Son de colores claros en fractura, y oscuros en superficie debido a óxidos de hierro.

Las pizarras son de colores verdes y de aspecto más o menos astillado. Contienen abundantes nódulos calcáreo-limolíticos de 1 a 5 cm., que en su interior suelen presentar braquiópodos (lingúlidos).

En cuanto a la edad, según han demostrado SCHMITZ (1971) en el Norte de Ateca y COLCHEN (1974) en la Demanda, la parte basal debe corresponder aún al Cámbrico Medio, - comprendiendo todo el Cámbrico Superior y el Tremadoc en los tramos superiores.

En la Reserva, esta formación aflora extensamente en la zona de Aranda-Pomer, así como en la zona de Tabuena, en donde afloran niveles más altos que en la anterior.

3.2.3. ORDOVICICO.

Encima del Cámbrico Superior y en ligera discordancia existe la Cuarcita Armoricana atribuible al Skiddawiense en regiones próximas; con un espesor de 300 m.; sobre ésta yace -- una serie cuarcítica y pizarrosa que según BARTSCH comprende -- del Llandeilo al Llandoverryense.

La serie termina con una pizarras (Pizarras con -- graptolites de BARTSCH) sobre las que yacen en discordancia los conglomerados basales del Triásico.

El conjunto tienen una potencia de 570m.

Los afloramientos en el área estudiada se producen en las proximidades de Morata de Jalón, y en Sierra de Algairén (Sinclinal de río Tiernas).

3.2.3.1. Cuarcita Armoricana.-

En el río Tiernas, BARTSCH distingue los siguientes tramos:

TECHO: Pizarras del Llandeilo

150 m.: Ortocuarцитas claras de grano fino.

130 m.: Cuarcitas oscuras impuras.

20 m.: Ortocuarцитas claras de grano grueso a medio.

BASE: Cámbrico Superior.

Esta serie se encuentra bien representada en la Sierra de Algairén, entre el río Grío y Alpartir.

Hacia el techo se observan abundantes Scolithus

Otro afloramiento se encuentra cerca de Purroy.

El espesor total de la formación es de 300 m.

Aunque la base no ha podido ser datada, por analogía con regiones próximas puede atribuirse edad Skiddawiense a esta formación.

3.2.3.2. Llandeilo-Llandovery

Por encima de la cuarcita Armoricana existe una serie que según BARTSCH es comprensiva desde el Llandeilo al Llandovery inferior. Para el río Tiernas, la columna es la siguiente:

TECHO: Pizarras de Graptolites.

8-10 m.: Ortocuarцитas claras.

60 m.: Pizarras arcillosas verdes alternando con cuarcitas.

5- 6 m.: Calizas con restos de Briozoos y Equinodermos (Ashgill).

170 m.: Ortocuarцитas y pizarras verde oliva con areniscas ferríferas en la base.

BASE : Cuarcita armoricana.

Lo que hace un total de 250 m.

3.2.4. SILURICO.

Por encima de la cuarcita Llandoveryense existe una serie predominantemente pizarrosa, en la que se intercalan niveles de areniscas oscuras, y algunas vulcanitas.

Las pizarras basales corresponden según BARTSCH a las "Pizarras de graptolites", aunque carece de ellos.

Son pizarras oscuras, bien estratificadas, de grano fino, a veces satinadas. Las areniscas suelen ser de grano medio, en bancos de 1 m, con base irregular y de color verde muy oscuro. Algún nivel de calizas intercalado contiene crinoides y braquiópodos indeterminables.

La potencia de esta formación es de unos 200 m.

Aflora al W. de Arándiga, y en la Sierra de Algairen únicamente los tramos basales.

3.2.5. DEVONICO.

Está representado por unas calizas detríticas con braquiópodos y corales, de tipo arrecifal, alternando con pizarras azules y niveles de cuarcitas claras con braquiópodos, con una potencia de 150 m.

La presencia de Spiriféridos permite atribuirlos al Devónico, en espera de que una clasificación de la fauna permita la atribución de una edad más ajustada.

Un único afloramiento existe en la reserva, al W, de Arándiga, del que no se ha encontrado noticia en la bibliografía.

3.2.6. TRIASICO

El triásico, en discordancia angular sobre el Paleozoico se presenta en facies típicamente germánica.

El tramo inferior (Buntsandstein) está formado por una serie detrítica de carácter continental con un espesor variable entre 300 y 600 m., arcillosa en el techo. Ocupa grandes extensiones de la Reserva.

Encima viene un Muschelkalk dolomítico de unos 20 a 40 m. de espesor, sobre el cual descansa un Keuper arcilloso y yesífero que contiene rocas efusivas de tipo ofítico.

Mención aparte merece el Trias del Moncayo que debido al metamorfismo presenta una facies especial.

3.2.6.1. Buntsandstein

En discordancia angular sobre el Paleozoico, existe una potente formación roja detrítica de edad Triásica inferior.

La base conglomerática fosiliza una superficie de erosión bastante llana, a gran escala, pero irregular en detalle, e incluso karstificada (Tierga). Los conglomerados basales del Buntsandstein contienen cantos de oligisto y en las proximidades de las mineralizaciones (Olvega, Tierga); estos conglomerados o brechas pueden desaparecer o adquirir espesores de hasta 30 m.

Hacia arriba se pasa a una alternancia de areniscas y limolitas rojas de tipo fluvial, con estratificación cruzada de gran y pequeña escala, base erosiva con cantos blandos; disminución del tamaño de grano hacia arriba, pistas de gusanos y restos de vegetales.

Hacia la parte superior se intercalan algunos niveles de pizarras y margas verdes con restos carbonosos e indicios de Cobre (Tabuena). Más hacia arriba se pasa a un tramo arcilloso y yesífero, y de éste a las Dolomías del Muschelkalk.

El espesor total varía entre 300 y 600 metros.

Sierra de Toranzo

En un corte desde el Estrecho hasta la dehesa de Noviercas, empieza un banco de conglomerados de 5 metros de espesor con cantos de cuarzo poco rodados que varían entre 2 y 15 m. También hay algún canto de oligisto. Sobre ellos hay arcillas rojas, a las que sucede un banco de areniscas que pueden llegar a ser microconglomerados. El resto de la serie, que tiene 650 m. de espesor, está formado por arcillas, areniscas rojas (a veces blancas por decoloración) y limolitas.

Lateralmente los conglomerados de base pueden desaparecer (Carrasquera) o adquirir espesores mayores (30 m. en Toranzo).

Sierra del Moncayo

En el macizo del Moncayo al E. de una línea que va de Beratón a Ambel, existe un Bunt. en facies normal de arcillas rojas y areniscas. Hacia el W.. estos terrenos se vuelven metamórficos, transformándose las arcillas en pizarras negras y adquiriendo las areniscas tonos violetas y luego blancos. El paso es completamente gradual, afectando a toda la serie. Por ello no creemos que se pueda considerar una edad diferente para la serie metamórfica., formada por conglomerados con cantos de cuarcitas y cuarzo fundamentalmente.

En nuestra opinión las diversas huellas vegetales halladas por L. SOLE y otros, no son probablemente significativas para aclarar el problema de la edad, ya que estas son relativamente frecuentes en el Bunt.

Sector de Tabuena

Aquí se encuentra ocupando una extensión considerable al Sur de la Sierra de Tabuena. Está formado por un conglomerado basal de 10 m. de potencia. Se trata de una puddinga de cantos de cuarcita, de cemento también silíceo.

Sobre este tramo aparece una potente serie de areniscas con señales de estratificación cruzada, localmente muy consolidadas, con predominio de tonos rojizos, violáceos o blanquecinos. Frecuentemente son micáceas y hacia el techo van intercalándose niveles margo-arenosos y arcillas de colores abigarrados e incluso lentejones de yeso que deben co-

responder a la parte alta de este piso que Tricalinos (1928) denominó "facies Rot" y que es frecuente en las cadenas ibéricas.

La potencia que se estima para el Bunt es del orden de los 300 m.

Sector de Morata de Jalón y Fosa de Morés

Litológicamente presenta en toda la zona una gran uniformidad estando constituido por una alternancia de areniscas y limos rojos, pertenecientes a los tramos inferior y medio. Ocasionalmente se intercalan niveles conglomeráticos y areniscas muy micáceas. La potencia de este tramo es de unos 100 metros aproximadamente.

Hacia el techo en distintos sectores está presente un nivel formado por yesos y margas rojas o verdes muy parecidos al Keuper pero donde no se han encontrado ni Jacintos ni Aragonitos, y por ello esta secuencia debe corresponder todavía al Bunt. superior o facies Rot, la cual está irregularmente distribuida no adquiriendo un desarrollo superior a los 10 m.

3.2.6.2. Muschelkalk

Los sedimentos correspondientes al Muschelkalk están bien repartidos en la zona de la Reserva, dependiendo la importancia de sus afloramientos de las condiciones mecánicas en los distintos sectores a que la zona ha estado sometida.

Este piso, que generalmente se encuentra bastante incompleto, está compuesto por unas calizas dolomíticas de color marrón, bien estratificadas. Entre Pomer y la Sierra del Madero, presenta 20 m. de dolomías tableadas marrones que hacia la parte superior se hacen más masivas.

En el resto de los afloramientos se encuentra en forma de "isleos" con una potencia de 2 a 3 m. y no es posible levantar columnas estratigráficas completas por estar parcialmente laminado, entre las margas del Bunt Superior y las potentes calizas del Lías, ya que en la mayor parte de las zonas estudiadas está ausente el Keuper.

3.2.6.3. Keuper

Está constituido por margas y arcillas abigarradas con presencia de yesos y rocas volcánicas de textura ofítica, abundantes o ausentes según los distintos sectores.

El espesor de este tramo resulta muy difícil de calcular, debido a su gran plasticidad pudiendo reducirse considerablemente o incluso desaparecer totalmente por efectos de laminación.

La potencia máxima observable en ningún caso es superior a los 20 metros.

3.2.7. JURASICO

La base del Jurásico, constituída por las brechas calcáreas del Hettangiense, descansa en ligera discor--

dancia sobre el Triásico (discordancia cimmérica), aunque casi siempre este contacto tiene un carácter mecánico.

Se encuentra bien representado la totalidad del Jurásico, con una potencia variable, especialmente en la mitad norte de la Reserva.

Se trata de una serie predominantemente calcárea, con un tramo margoso en el Toarciense; arenosa y arrecifal hacia el techo, para terminar con las capas rojas de la Facies Purbeckiense.

3.2.7.1. Hettangiense

Este conjunto calizo-dolomítico es muy pobre en fósiles y a efectos cartográficos, se han agrupado sus calizas, dolomías, brechas y mármoles en una sola unidad.

Según los sectores, y en detalle, varían las columnas tanto en litología como en espesor, estando comprendidos entre los 80 y 500 metros.

3.2.7.2. Sinemuriense

Directamente encima de la serie anterior existen unas biomicritas bien estratificadas en bancos de 0,20 a 0,40 m. entre los que se intercalan margas y calizas margosas con sustancias carbonosas y cristales de pirita. Este último tramo aflora claramente en las Cuevas de Agreda y en la carretera de Borja a Talamantes.

Las biomicritas contienen secciones de Dentalina Sp; Ostrácodos; restos de Moluscos y restos de Crinoides, por lo que esta facies es característica probablemente del Sinemuriense.

3.2.7.3. Pliensbachiense

El tránsito del Sinemuriense al Pliensbachiense viene caracterizado por la intercalación progresiva de margas grises en las que siguen existiendo niveles de biomicritas - con abundantes microfósiles que contienen las siguientes especies: Lingulina gr pupa (TERQ), Lenticulina Sp; Astacolus Sp. Nodosaria Sp; Ataxophragmida; Ostrácodos; restos de moluscos y restos de Crinoides.

Está bien representada en la zona norte en las proximidades de Cuevas de Agreda y Noviercas. En el sector meridional puede observarse en la serie que se atraviesa por la carretera de Borja a Talamantes, y su potencial es variable, según los sectores, entre 50 y 450 m.

3.2.7.4. Toarciense

En todos los sectores estudiados, este piso - está representado por un tramo poco potente de 15 a 20 m. - constituido por margas grises o amarillentas con niveles de lumaquelas intercalados.

Una muestra de esta micrita sublitográfica ha dado la siguiente fauna que corresponde al Toarciense: Glo-

mospira Sp.; Microfilamentos; Ostrácodos (posiblemente Cyte-
rella) pequeños Gasterópodos. En conjunto todo el tramo es
rico en fósiles, principalmente braquiópodos y Ammonites -
muy abundantes en las proximidades de Ciria al Oeste de Ri-
cla en la Sierra de Arándiga.

3.2.7.5. Aaleniense

Desde el punto de vista cartográfico hemos dife-
renciado un nivel margoso, en la parte superior de los pisos
Toarciense-Aaleniense, que corresponde a la parte terminal y
que describimos a continuación.

Fundamentalmente está constituida por margas -
amarillentas muy ricas en Ammonites, así como presencia de cu-
bos de pirita, oxidados a hematites. La potencia es del or-
den de los 10 a 50 metros y aflora en Cuevas de Agreda, norte
de Noviercas, y de forma muy representativa, en el sinclino-
rio de Talamantes.

3.2.7.6. Bajociense

Esta unidad viene definida por un conjunto de ca-
lizas muy fosilíferas (biomicritas) en bancos de 1 m.

Se trata de unas calizas de grano fino con pla-
nos de estratificación ondulados, entre los que se intercalan
niveles margosos y calizas limosas, todos llenos de restos or

gánicos, entre los que se han determinado al microscopio los siguientes: secciones de Ammobaculites cf. pontinenses (TERQ) Frondicularia aff. Lignary (TERQ); Lenticulina sp; Dentalina sp; "Protoglobirines"; Microfilamentos; Radiolarios; Ostrácodos; restos de Crinoides y placas de Holoturias.

Su espesor es del orden de los 50 metros, encontrándose bien representado este piso en Noviercas, Ciria, Cuevas de Agreda y sinclinal de Talamantes.

3.2.7.7. Bathonienne-Calloviense

Sobre la serie margosa terminal de Bajociense - descansan unas calizas oolíticas de colores claros y en bancos potentes conteniendo Microfilamentos; Ammodiscus aff.; tenuissimus (GUMB); Cornuspira cf. orbicula (T y B); Trochaminira sp. y Ostrácodos.

En concordancia estratigráfica sigue una serie de calizas detríticas finas del Calloviense con secciones - de Espistomina (Brotzenia) sp; Trochamina sp; Microfilamentos y restos de Crinoides.

Estos dos pisos se han agrupado en una misma unidad cartográfica diferenciando en ella las dos facies que por cambio lateral presenta: una constituida por una serie monótona de esparitas limosas, muy representada en el sector septentrional de Agreda y Olvega y la otra formada por bioesparitas con arenas y gravas, muy frecuente en el área del - Puerto del Madero.

3.2.7.8. Oxfordiense

Sobre el Dogger se sitúan unas calizas intensamente recristalizadas en unos sectores, mientras que en otros son algo arenosas, en las que se observan secciones de Ammobaculites cf. coprolithiformis (SCHWAG); Espistomina - (Brotzemia) sp.; Textularia sp; Glomospira sp; Ataxophragmi-
dae y Restos de Crinoides.

Estas calizas están bien representadas en el NO de la Reserva en la zona de Noviercas y Puerto del Madero, y de acuerdo con los autores de la Hoja de Olvega, se observa un progresivo enriquecimiento de gravas y arenas hacia el te-
cho. En la mitad sur existe un afloramiento al NE de Morata - del Jalón constituido por calizas bien recristalizadas muy fo-
silíferas.

3.2.7.9. Kimmeridgiense

El conjunto está representado por calizas grises estratificadas de facies arrecifal, muy fosilíferas en las que se observan corales y tallos de Crinoides, la cual varía lateralmente de un modo muy brusco a tramos calizos ricos en gravas. Aflora en la mitad septentrional según se in-
dica en la memoria de la Hoja Geológica de Olvega, la potencia de este tramo, está comprendida entre 60 y 140 m. al NO de la Reserva.

3.2.7.10. Facies Purbeck

Se caracteriza esta facies en la región por presentar una variación litológica y de acuerdo con los autores que anteriormente trabajaron en la zona hemos cartografiado y diferenciado cinco grupos:

Se trata en conjunto de una serie de carácter continental en la que se intercala una unidad lagunar en las proximidades de Agreda y Olvega.

El tramo inferior está generalmente representado por areniscas de cuarzo de tonos rojizos que descansan sobre las calizas pararecificales y entre las que se intercalan las areniscas compuestas de cuarzo y feldespatos. La potencia puede llegar a alcanzar cerca de los 100 metros en el extremo meridional de la Sierra del Madero, reduciéndose o incluso desapareciendo en el resto de la Reserva.

Encima descansa una serie potente y monótona formada por alternancia constante de micritas algo limosas y margas del mismo color. Esta unidad tiene un carácter común y es la presencia en este nivel de gran cantidad de cubos de pirita bien cristalizados.

Sobre este horizonte o como cambio lateral de facies del anterior existe un tramo constituido por limolitas y areniscas en las que predomina el color rojo, cuyo espesor, varía ampliamente en el extremo más occidental entre los 10 y 200 metros.

Hacia la parte superior aparece nuevamente un tramo formado por micritas limosas entre las que se intercalan niveles de margas y calizas. Es de edad Portlandiense y su potencia aunque variable no sobrepasa nunca los cincuenta metros.

El techo de esta formación dentro de la Reserva está constituido por micrita limosa en bancos de color amarillento, extendiéndose sus afloramientos en las proximidades de Agreda y Olvega, siendo su espesor del orden de los 50 m.

Cronoestratigráficamente este tramo comprende desde el Kimmeridgiense Superior hasta posiblemente el Barremiense.

3.2.8. CRETACICO

En el área estudiada los afloramientos cretácicos están limitados al extremo occidental de la Sierra de Tajahuerce y al NE. de Agreda.

Los pisos inferiores al Aptiense, no identificados están presumiblemente representados en el tramo comprensivo de facies Purbeckiense.

La serie cretácica es fundamentalmente calcárea, detrítica en la base (Aptiense y Albiense) y frecuentemente calcárea hacia arriba. No afloran tramos superiores al Campaniense.

Por debajo del Albiense se ha reconocido regionalmente una ligera discordancia correspondiente a los movimientos neociméricos.

La potencia total es de unos 1.500 m., aunque varía lateralmente.

3.2.8.1. Aptiense

Está caracterizado por una facies detrítica - constituida por areniscas calcáreas y calizas arenosas con abundante fauna de Ostrácodos. Al microscopio esta roca está cementada por calcita cristalina (esparita). La potencia es desconocida porque se apoya sobre el Lías Inferior al N. de la Sierra de Tajahuerce. Al NE de Agreda la potencia mínima es de 200 metros.

3.2.8.2. Albense

La constituye una facies detrítica característica, esencialmente arenosa en las que existen tramos intercalados de conglomerados y niveles arcillosos.

La potencia de esta serie es del orden de los 150 metros.

3.2.8.3. Cenomanense.

Encima de los sedimentos Albenses existe un pa-

quete masivo constituido por calizas y margas, que hacia el techo se hace mucho más calizo y se presenta fuertemente recristalizado. Alcanza la potencia aproximada de unos 120 metros en la Sierra de Tajahuerce.

3.2.8.4. Turonense-Coniaciense

En la base están constituidos por calizas y dolomías que pasan gradualmente hacia arriba a calizas nodulosas y niveles de margas grises.

Su potencia en el mismo sector que el piso anterior es del orden de los 30 metros.

3.2.8.5. Santoniense

Este tramo está formado por una serie de calizas y calizas dolomíticas de grano fino fosilíferas que llegan a alcanzar una potencia de 800 metros aproximadamente al Oeste del pueblo de Tajahuerce. La fauna que le caracteriza está representada por Ostrácodos y Gasterópodos.

3.2.8.6. Campaniense

Sobre el conjunto anterior se diferencia un nivel de 120 m. aproximadamente, constituido por calizas de grano fino e intercalaciones dolomíticas, conteniendo la misma fauna que el piso inferior.

3.2.9. Terciario

Los materiales Terciarios presentes en la zona de la Reserva están ampliamente extendidos por todas las zonas; ocupando vastos sectores de las grandes depresiones que se sitúan al NE y SO respectivamente, y que geológicamente, se conocen como Depresión del Ebro y Depresión del Calatayud.

Independientemente existen pequeñas cuencas de tipo lagunar o continental en la zona central de la Reserva.

Desde el punto de vista cartográfico se han diferenciado esencialmente dos unidades detríticas principales separadas por un nivel característico de facies lacustre.

La edad que atribuyen a estos sedimentos los autores que han trabajado en la zona está comprendida entre el final del Oligoceno y el Pontiense.

3.2.9.1. Serie detrítica inferior

La base de esta serie está constituida por un paquete de conglomerados y arcillas rojas entre las que se intercalan paulatinamente hacia el techo niveles margosos y margo-calizas, cuya potencia aumenta hacia el norte en la zona septentrional de la Reserva, en dirección a la gran depresión del Ebro.

En el sector sur esta serie se desarrolla en la llamada cubeta de Calatayud. Litológicamente es mucho más variada y en ella cabe distinguir hacia los bordes niveles de

conglomerados silíceos procedentes de los relieves del NO principalmente. Lateralmente estos conglomerados pasan a yesos, arcillas, margas y algún nivel carbonatado, depositándose por último en la zona central una formación de evaporitas constituidas especialmente por yesos y niveles de sales.

3.2.9.2. Niveles lacustres

En las depresiones terciarias centrales, sobre la serie inferior se deposita un tramo de calizas travertínicas de color amarillento e intercalaciones delgadas de margas del mismo color.

Las calizas se presentan en bancos del orden de un metro, y contienen abundantes restos de vegetales característicos de una deposición lagunar. Su potencia en el sector central es aproximadamente de hasta 60 metros.

3.2.9.3. Serie detrítica superior

Tanto en la zona central de la Reserva como en el sector marginal de la depresión del Ebro, al norte de la misma, está presente una serie detrítica grosera constituida por conglomerados en capas que van de 0,25 m. a 1 m. de espesor, formada por cantos calizas procedentes del Jurásico, entre los que se intercalan niveles de margas rojizas y calizas.

Los autores que han estudiado anteriormente esta zona datan a este nivel como un Vindoboniense inf., aun-

que su límite superior es poco exacto, y creemos que esta formación no debe ser contemporánea para las diversas cuencas - presentes dentro de la Reserva, pero sí indican que se trata del último nivel de Edad Terciaria aquí representado.

3.2.10. CUATERNARIO

No se han diferenciado en el Cuaternario ni los sedimentos de la red fluvial ni de los derrubios de ladera - agrupándose éstos en el resto de sedimentos actuales, como - eluviales, etc. Unicamente se han separado los glacis, de mucho mayor potencia que los anteriores y los deslizamientos masivos de sedimentos bien consolidados.

3.3. SEDIMENTOLOGIA Y PALEOGEOGRAFIA

3.3.1. RESUMEN E INTERPRETACION DE LAS FORMACIONES PRE- TRIASICAS:

Las rocas de las formaciones pretriásicas pueden agruparse en las siguientes unidades:

- 1 - Una serie detrítica infraconglomerática.
- 2 - Un conjunto detrítico basal.
- 3 - Un tramo carbonatado inferior.
- 4 - Una serie detrítica intermedia.
- 5 - Un tramo carbonatado superior, margoso.
- 6 - Un conjunto detrítico superior que comprende nuevas series detríticas.

3.3.1.1. La serie infraconglomerática

Corresponde a las "Pizarras de Paracuellos", situadas por debajo de los conglomerados de cuarzo.

Se compone de rocas detríticas de grano fino a medio alternando con pizarras arcillosas. No se aprecian variaciones laterales de litofacies.

3.3.1.2. El conjunto detrítico basal

Consta de tres tramos detríticos que corresponden respectivamente a la Cuarcita de Bámbola, las capas de Embid y las capas del Jalón.

En discordancia mecánica con las Pizarras de Paracuellos se sitúa un conjunto detrítico que se inicia con conglomerados de cuarzo que proceden de la erosión de un país cristalino emergido.

La estratificación, confusa en los horizontes basales, es cada vez más aparente, y los clastos más seleccionados hacia arriba, apareciendo estratificación cruzada.

Las areniscas de las Capas de Embid presentan estratificación más regular y material mejor seleccionado.

En las capas de Jalón desaparecen los clásticos de grano grueso, con la sedimentación de una alternancia rítmica de areniscas finas y arcillas, en un medio poco oxigenado (presencia de pirita). Probablemente el aporte detrítico se produce mediante corrientes de marea, como sugieren las estructuras sedimentarias (de sobrecarga, corriente y --deslizamiento).

Hacia el techo la sedimentación es fundamentalmente arcillosa, con pirita finamente diseminada, disminuyendo los aportes detríticos. Finalmente, éstos desaparecen y se inicia la sedimentación carbonatada.

En resumen, tras el plegamiento y erosión que sufren los tramos precámbricos se inicia una fase claramente transgresiva.

El ambiente sedimentario es claramente marino epicontinental, en los tramos superiores por lo menos, a pesar de la ausencia de fauna; en cuanto a la base no puede --descartarse un origen costero o de transición.

Las condiciones de sedimentación cambian con el tiempo en el sentido de la disminución de los aportes detríticos.

3.3.1.3. El tramo carbonatado inferior

Corresponde a la Dolomía de Ribota, constituido por carbonatos (dolomita principalmente; calcita) en general recristalizados en cristales que llegan a tener 2 cm,. Es imposible conocer las texturas originales.

Los bancos son masivos, alternando con lechos de pizarras.

Hacia el SE. las intercalaciones pizarrosas aumentan de espesor.

Hacia el techo aparecen los primeros restos de Trilobites.

3.3.1.4. La serie detrítica intermedia

Después de la fase carbonatada de sedimentación se reanudan los aportes detríticos, con las pizarras de Huérmeda. Hacia arriba el carácter de los sedimentos es cada vez más grosero, alternando las areniscas con las pizarras en las Cuarcitas de Daroca, para volver a la sedimentación fina en las Pizarras inferiores del Cámbrico Medio.

El ambiente es francamente marino como prueba la presencia de Trilobites y Braquiópodos.

3.3.1.5. La serie carbonatada superior

Una nueva disminución de los aportes detríticos - permite la sedimentación de una serie margosa que comprende las calizas nodulosas y las pizarras y margas superiores -- del Cámbrico Medio. En este último tramo existe una abundante fauna de Trilobites.

3.3.1.6. El conjunto detrítico superior

Las series detríticas que siguen a la formación - carbonatada del Cámbrico Medio alcanzan los 2.000 m. de espesor.

Las rocas que componen el conjunto son cuarcitas, areniscas y pizarras. Estos elementos se distribuyen en ritmos formados por un término basal arenoso y un término superior pizarroso o limoso. Estos ritmos a su vez se agrupan - en secuencias de orden superior.

Así las capas basales del Cámbrico Superior son - esencialmente arenosas; a estas suceden una potente serie - rítmica areniscas/pizarras. Hacia el techo la sedimentación vuelve a ser arenosa (Cuarcitas Superiores de Ateca, de -- Bartsch) para terminar con un nuevo tramo pelítico (Pizarras de Santa Cruz, de Bartsch).

El ambiente sedimentario es claramente marino, y - los depósitos son del tipo de las corrientes de turbidez.

Un nuevo ciclo empieza con la Cuarcita Armoricana, con depósito de areniscas de cuarzo. Sigue durante el Ordovícico la sedimentación pelítica con una breve fase carbonatada (caliza Ashgillense).

Otra secuencia empieza en el Ordovícico inferior - con una fase arenosa seguida por las pizarras sulúricas para terminar con las facies para arrecifales devónicas.

El ambiente sedimentario sigue siendo marino de -- plataforma. La sedimentación culmina en el Devónico con facies costeras arrecifales.

El carácter rítmico de la sedimentación sugiere un medio inestable, y el considerable espesor de los depósitos demuestra una notable subsidencia del área sedimentaria.

3.3.2. LA SUPERFICIE DE EROSION PRETRIASICA

De la orogénesis hercínica seguida de la fase erosiva pérmica resultó la formación de una penillanura sobre los materiales paleozoicos plegados.

El relieve de esta superficie es bajo, aproximadamente plano en general, pero con irregularidades en detalle.

Las rocas inmediatamente inferiores a la superficie de erosión han sido rubeificadas e impregnadas de óxidos de hierro (hematites roja).

Las calizas y dolomías han sido carstificadas en las proximidades de la superficie, con formación de cavidades que posteriormente han sido rellenas por sedimentos permotriásicos rojos.

Las brechas y conglomerados de la base del -- Buntsandstein que fosilizan la superficie de erosión, son de carácter muy local, conteniendo cantos de oligisto en las proximidades de las mineralizaciones que se desarrollan en terrenos cámbricos.

3.3.3. RESUMEN E INTERPRETACION DE LA FORMACIONES MESOZOICAS.-

En las formaciones mesozoicas se distinguen - las siguientes unidades:

- 1 - Un tramo detrítico rojo basal
- 2 - Un episodio evaporítico y carbonatado
- 3 - Una serie calcárea inferior
- 4 - Un tramo detrítico rojo superior
- 5 - Una serie calcárea superior

3.3.3.1. El tramo detrítico rojo basal.

Corresponde al "Buntsandstein", situado en discordancia angular sobre los terrenos paleozoicos.

Se compone de rocas detríticas desde conglomerados hasta pizarras.

En la base existen brechas angulosas de carácter muy local, puesto que su composición petrográfica corresponde a la de las rocas del substrato. Hacia arriba se pasa a conglomerados de cuarzo alternando con areniscas rojas, en bancos lenticulares sin estratificar.

Progresivamente aparece estratificación oblicua alternando areniscas y limolitas rojas, finalmente desaparecen las areniscas y el conjunto termina con arcillas abigarradas y algunos yesos.

El color rojo es dominante, aún cuando existen niveles de color claro o verdoso, más cuarcíticos, que contienen pirita y restos de vegetales.

La mica es constante a lo largo de la serie, desapareciendo en la parte superior.

El conjunto es claramente transgresivo, siendo el ambiente sedimentario de llanura aluvial costera, más o menos relacionado con el mar.

3.3.3.2. La serie carbonatada y evaporítica

El cese de los aportes detríticos determina la sedimentación de un nivel dolomítico correspondiente al Muschelkalk, seguido de una fase evaporítica que corresponde al Keuper.

El ambiente sedimentario corresponde al tipo marino-costero, alternando con episodios evaporíticos.

Durante el Keuper se produce la efusión de rocas de tipo ofítico.

3.3.3.3. La serie calcárea inferior

Se inicia en el Liásico inferior, en ligera discordancia con el Triásico, atribuible a los movimientos ciméricos que determina la sedimentación de brechas calcáreas por slumping.

Los tramos basales son de carácter muy costero, incluso evaporítico, siguiendo una serie transgresiva que alcanza su máximo en el Toarciense (margas con Ammonítidos). A partir de aquí la serie se hace regresiva, sucediéndose facies cada vez más costeras para terminar con un episodio arrecifal en el Kimmeridgense.

Los espesores de las distintas formaciones son muy variables, aumentando en general hacia el NW. de la reserva.

3.3.3.4. El tramo rojo superior

Corresponde a la facies Purbeck. Está formado por alternancia de conglomerados, areniscas y arcillas rojas; contiene en la base alguna intercalación de calizas lacustres.

El carácter de esta formación es netamente continental como demuestra la presencia de restos vegetales y de reptiles.

3.3.3.5. La serie calcárea superior

Se inicia en el Aptiense con unas calizas detríticas; sigue un episodio francamente detrítico correspondien-

te al Albiense, para proseguir ya en facies francamente calcáreas durante todo el Cretácico superior.

La sedimentación es de carácter marino epicontinental y transgresivo, con la ligera regresión que representa el Albense. En el Cenomanense se alcanza la máxima transgresión, evolucionando después regresivamente.

3.4. ROCAS NO SEDIMENTARIAS

En este capítulo se incluyen las rocas efusivas de Codos y del Keuper; el cuarzo de Peñacuco y la formación metamórfica del Moncayo.

3.4.1. ROCAS EFUSIVAS

Si exceptuamos los afloramientos de diabasas - olivínicas de textura ofítica que aparecen ocasionalmente intercaladas en el Keuper, el único e importante cuerpo de origen ígneo es el que existe en el pueblo de Codos en el límite Sur de la Reserva.

Se trata de un afloramiento de unas dimensiones de 200 por 100 m. que está limitado por una falla alpina en su borde oriental, presentandose encajado en las cuarcitas del Cámbrico inferior. (Cuarcita de Bámbola).

Este cuerpo, desde el punto de vista petrológico y estructural, es muy heterógeno, presentando texturas -- y estructuras diferentes según los sectores. A simple vista unas veces se presentan como una roca muy dura y bien cristalizada, otras veces es más blanda y tiene un aspecto conglomerático.

Al microscopio esta última facies, se presenta como una toba volcánica, formada por fragmentos de cuarcita, feldespatos y pizarras sericíticas y textura porfídica hipocristalina con fenocristales de plagioclasa y elementos máficos y pasta muy fina rica en feldespato K, por lo que su composición se aproxima a la de una traquita. Pero si tenemos en

cuenta, también su textura, entonces probablemente se trate de una toba volcánica de composición traquítica.

En cuanto a su edad, hay que considerarla necesariamente como pre-alpina, pero posterior al Cámbrico inferior.

Una capa de tobas volcánicas citada por SCHMITZ en el Cámbrico Superior al norte de Ateca, no ha sido identificada en la Reserva.

3.4.2. ROCAS FILONIANAS

En el flanco W. del sinclinal de Borobia al W. de la mina existe un cuerpo tabular vertical de cuarzo lechoso que lleva una dirección N-S. aproximadamente; arma en el Cámbrico inferior y medio. Contiene algunos indicios de oligisto.

3.4.3. ROCAS METAMORFICAS

Los materiales cámbricos no han sufrido prácticamente metamorfismo; el precámbrico presenta un metamorfismo muy ligero.

El macizo del Moncayo está formado por una formación metamórfica de conglomerados, cuarcitas y pizarras que pasan lateralmente a un Buntsandstein típico al E. de la línea entre Beratón y Ambel. El paso es gradual y afecta a toda la serie.

3.5. TECTONICA

3.5.1. INTRODUCCION

Los caracteres estructurales de la zona resultan de la acción de dos grandes fases orogénicas (Herciniana y Alpina) sobre los distintos materiales. De ahí que podamos clasificar a los materiales en tres grupos tectónicos:

- Materiales postorogénicos.
- Cobertera (materiales posthercinianos y antealpinos).
- Zócalo (materiales antehercinianos).

Cada grupo presenta caracteres estructurales pecu- li
ares, complicados en detalle por el diferente comportamiento de las formaciones litológicas.

Los materiales de zócalo presentan estructuras en pliegues y fallas, mientras que los de cobertera han heredado la estructura de fallamiento y están muy poco plegados.

Los materiales postorogénicos presentan únicamente deformaciones locales.

A grandes rasgos la estructura de la zona es la de un anticlinorio de dirección NNW-SSE, complicado por fallas inversas de vergencia hacia el NE. Véase el mapa tectónico (plano 3.12.) y los geológicos (plano 3.2.).

En el núcleo afloran materiales antehercinianos - mientras que hacia los bordes van apareciendo materiales me-

sozoicos cada vez más modernos, para terminar con materiales postorogénicos al NE. (Depresión del Ebro) y al SW. (Depresión de Calatayud) (planos 13 y 14).

3.5.2. ESTRUCTURAS DE ZOCALO

El paleozoico está plegado en anticlinales y sinclinales relativamente apretados, de gran longitud y dirección N30W. a N35W.

En las series alternantes de cuarcitas y pizarras (Cámbrico superior, Ordovícico) la diferente competencia de los materiales origina fenómenos de disarmonía y despegues con respecto a los niveles compactos.

El conjunto está dividido en bloques por un sistema de fracturas inversas NW-SE y E-W con un cierto desplazamiento horizontal hacia el N. y el E.; otras facturas menos importantes son N-S y NE-SW.

Estas fracturas son de edad herciniana pero volverán a actuar durante los movimientos alpinos.

3.5.2.1. Anticlinal de Toranzo

Afecta exclusivamente a materiales paleozoicos correspondientes al Cámbrico inferior. El núcleo lo ocupa la cuarcita de Bámbola y los flancos está formado por materiales cámbricos completos sobre las Capas de Embid y pequeños afloramientos de las dolomías de Ribota en el flanco occidental.

El eje lleva una dirección NNO-SSE, el cual queda intersectado en el NO por una falla inversa de edad alpina muy vertical cuyo salto es del orden de los 3.000 metros. Hacia el SE. queda cubierto en discordancia angular por materiales Mesozoicos y Cuaternarios.

La estructura es simple y únicamente existe un fuerte repliegue en la zona del Estrecho. El flanco nororiental está afectado por una falla de dirección N-S aproximadamente, rellena por cuarzo; su extremo norte pone en contacto las Capas del Jalón en el Cámbrico Superior.

3.5.2.2. Sinclinal de Borobia

Se trata de una larga y amplia estructura, relieve lateral del anticlinal de Toranzo, en cuyo núcleo aflora el Cámbrico inferior -Capas de Ateca- recubierto en parte -- por diversos materiales Cuaternarios.

La dirección del eje es NNO-SSE en la mitad septentrional, incurvándose hacia el E. en el sector sur, donde queda cubierto por materiales Mesozoicos de discordancia angular. Hacia el norte, como en el anticlinal de Toranzo queda interrumpido por la misma falla inversa de edad alpina -- aunque en este sector el salto en vertical es del orden de los 2.500 m.

Los materiales que constituyen esta estructura, -pizarras y cuarcitas alternando con algún nivel carbonatado, han actuado como un solo nivel estructural competente, en el que se ha desarrollado una amplia red de fracturas a pequeña y mediana escala. •

3.5.2.3. Anticlinal de Vicort

El núcleo está constituido por rocas del basamento de edad Precámbrica y afecta a todo el Cámbrico Inferior, quedando situado entre la depresión de Calatayud al SO y una falla de dirección N 130° E. al NE.

Esta importante falla inversa de edad alpina limita la gran fosa tectónica de Morés en la mitad septentrional.

En detalle se trata de un pliegue anticlinal con desarrollo de una estructura poco apretada, cuyo eje lleva una dirección NNO-SSE y se inclina suavemente hacia el NO. En ambos flancos se observan estructuras locales de fuerte buzamiento debido a las fallas relacionadas con grandes accidentes de edad alpina, que dan lugar a la individualización de estos bloques Paleozoicos emergidos y al desarrollo de fosas tectónicas cuyas fracturas han sido fosilizadas por el Mioceno.

3.5.2.4. Sinclinal de Algairén

Se desarrolla sobre materiales del Cámbrico Superior, Ordovícico y Silúrico, y se trata de una estructura fuertemente simétrica, con desarrollo de buzamientos verticales en ambos flancos.

El eje de esta estructura como todas las de edad Hercínica, es NNO-SSE, hundiéndose suavemente hacia el norte, quedando limitado el flanco sur-occidental, mediante una gran falla inversa de edad alpina muy próxima a la verti-

cal de dirección N150°E., que constituye el borde septentrional de la gran fosa tectónica de Morés, mientras que el flanco nor-oriental se hunde bajo los sedimentos Mesozoicos situados encima en discordancia angular.

3.5.3. ESTRUCTURAS DE COBERTERA

Los materiales de cobertera presentan pliegues muy laxos de direcciones comprendidas entre N-S y NW-SE, si bien en las proximidades de las fallas inversas adquieren - direcciones anómalas (sinclinal de Illueca) y se producen fenómenos de tectónica gravitativa (Zona de Olvega).

Por otra parte el nivel del triásico medio y superior actúa como una superficie de despegue por su carácter plástico siendo el contacto entre el Buntsandstein y el Lías frecuentemente mecánico, como en la zona de Tabuena.

En general, destaca la tectónica por fracturación y el adaptamiento a los bloques paleozoicos.

3.5.3.1. Anticlinal del Moncayo

Está constituido casi por completo por materiales del Bunt y se sitúa al este del sinclinal de Olvega.

En detalle se trata de una suave estructura anticlinal, ligeramente vergente hacia el NE.

La mitad noroccidental del Macizo del Moncayo está constituido por un conjunto de rocas que presentan una facies característica, como anteriormente hemos señalado; así puede observarse que fundamentalmente estas rocas están formadas por cuarzo y sericita en las que existen unas brechas de óxidos de Fe. que se sitúan concordantes con las estructuras sedimentarias, en donde existe cuarzo detrítico de grano más grueso y abundante que en el resto de la zona.

Resumiendo podemos señalar que se trata de - - unas pizarras ocasionalmente ferruginosas de facies epimetamórficas, resultado del suave metamorfismo a que las pizarras y areniscas del Bunt han estado sometidas durante el plegamiento alpino.

3.5.3.2. Sinclinal de Olvega

Se desarrolla sobre materiales que van desde - el Dogger superior hasta los terrenos del Malm en facies Weald Normalmente es simétrico en la mitad norte, llevando su eje - como dirección próxima a la N-S, mientras que en la mitad meridional al sur de Olvega, su eje y el flanco oriental, se ponen paralelos a una gran falla Alpina importante de dirección N 120° E. aproximadamente, quedando cortado el flanco occidental por este accidente.

3.5.3.3. Sinclinal de Noviercas

Esta estructura tiene un núcleo en el que según los sectores afloran o los materiales del Jurásico arenoso

so o Jurásico en facies Weald. Es un sinclinal asimétrico de dirección general NO-SE, en donde el flanco NE está bien desarrollado existiendo buzamientos suaves, mientras que el flanco SO prácticamente no aflora nada más que en aislados afloramientos que emergen bajo los sedimentos Terciarios y Cuaternarios.

3.5.3.4. Sinclinorio de Talamantes

Se desarrolla sobre materiales que van desde el Hettagiense hasta el Dogger Superior. La dirección de su eje practicamente es NO-SE, habiéndose originado en la mitad norte algunas fallas de cizalladura, presentándose el sinclinal muy replegado -Sinclinorio de Talamantes- que debió producirse durante las etapas paleoalpinas.

Hacia el sur la estructura continúa pero con caracteriísticas un tanto diferentes, ya que mientras el eje prosigue con la misma dirección, la envergadura del pliegue es menor, e al quedar comprimido y apretado entre los dos bloques del Bunt y dando origen a que exista un despegue mecánico a nivel del -Lías Inferior, donde el Keuper y/o el Bunt, puesto que el Muschelkalk prácticamente está ausente en este sector, han actuado como nivel plástico de 'deslizamiento mecánico.

3.5.3.5. Fosa tectónica de Morés

La depresión de Morés está limitada por un conjunto de bloques paleozoicos, situados al SO y SE respectivamente de la fosa tectónica que tiene una dirección regional clasicamente celtibérica, es decir NNO-SSE.

Estas dos fallas longitudinales han roto el zócalo Paleozoico durante las fases orogénicas alpinas, al bloque hundido.

De estas dos líneas de fallas es mucho más importante la suroccidental con una componente vertical superior a los 2.000 ya que cerca del pueblo de Morés, se pone en contacto el Precámbrico con el Bunt.

El borde opuesto fallado es de menor salto en vertical y por tanto mucho menos importante para el desarrollo del límite nororiental de la cuenca. Es por esto por lo que queda mucho menos definido dicho borde, pero sin dejar de existir ya que pone en contacto mecánico el Cámbrico superior con el Bunt, faltando únicamente el Ordovícico y Silúrico.

Las dos fallas son inversas casi muy verticales originadas mediante fenómenos de compresión en los bloques paleozoicos de vergencia NE, que dieron lugar también a cabalgaduras en esa dirección, en la cobertera triásica de las proximidades de Morés.

3.5.4. MATERIALES POSTOROGENICOS

Los materiales postorogénicos presentan únicamente ligeras deformaciones locales, como en la Cuenca del Tierga, donde alcanzan un buzamiento de 50°, y en la zona de Ainzón.

3.5.5. CONCLUSIONES

La discordancia angular existente entre las formaciones paleozoicas y las mesozoicas; así como la existente entre las terciarias y las formaciones anteriores, permite distinguir dos grandes períodos orogénicos:

- La orogénesis herciniana.
- La orogénesis alpina.

3.5.5.1. La orogénesis herciniana

Edad

La extensa laguna existente entre el Silúrico y el Trías no permite fijar la edad del plegamiento, pero los datos regionales permiten atribuirlo a la orogénesis herciniana.

Los débiles movimientos epirogénicos de la fase Sarda que según O. RIBA explicarían el hiato existente en el Tremadoc no han sido confirmados por falta de datos paleontológicos.

Parece que actualmente se tiende a admitir que el Tremadoc está representado en regiones próximas en la formación que Schmidt-Thomé llama "Serie Ibérica", con lo cual no es necesario implicar esta fase de plegamiento.

Estilos

Las formaciones paleozóicas, constituidas por rocas diversas, no han actuado de manera homogénea frente a la orogénesis.

La primera etapa es una fase de plegamiento o fase tangencial afectando a un material no plegado.

En las rocas Cuarcíticas y de estratificación gruesa se han desarrollado pliegues de gran radio, concéntricos, simétricos o vergentes al NE.

En las series alternantes arenisca/arcilla se han desarrollado pliegues de arrastre.

La segunda fase afecta un material ya plegado, y se caracteriza por el desarrollo de fallas inversas. Los planos de falla son más o menos paralelos a los planos axiales de los pliegues de la fase anterior.

3.5.5.2. La orogénesis alpina

La discordancia entre las formaciones secundarias y terciarias atestigua una fase orogénica antemiocena; su edad no puede precisarse por la ausencia de mioceno y oligoceno.

Niveles estructurales.

Las distintas series litológicas se comportan de manera distinta frente a la orogénesis, y a su vez confluye sobre el comportamiento de las unidades superiores.

En el área estudiada se distinguen cinco niveles estructurales:

- El zocalo paleozoico.
- El tegumento triásico inferior.
- El nivel plástico del Keuper.
- El conjunto Jurásico-Cretácico.
- Los materiales terciarios. .

- El zócalo paleozoico presenta pliegues de ejes NNW-SSE, afectados por fallas de orientación similar.

Los materiales paleozoicos actuan como zócalo con respecto a los más recientes, que contituyen una cobertera.

Está fragmentado por fallas NW-SE y E-W, de compo nente vertical y tangencial hacia el NE.

- El tegumento triásico es solidario del zócalo, y está afecta do por la mayor parte de accidentes del mismo.

En general se presenta monoclinalmente y ligera-- mente plegado.

- El Keuper es un nivel de despegue por encima del cual las for maciones más recientes se independizan del sustrato. Los nive-- les de ofitas aparecen como núcleos duros.

- Los materiales Jurásicos y Cretácicos forman pliegues alrede-- dor N-S a NW-SE, con independencia del sustrato.

3.6. SINTESIS EVOLUTIVA

La descripción estratigráfica hecha en el capítulo correspondiente, sugiere la siguiente sucesión de acontecimientos en la zona:

Precámbrico.- Sedimentación de las "Pizarras de Paracuellos". Plegamiento precámbrico (discordancia asíntica).

Cámbrico.- Sedimentación marina transgresiva : detrítica costera en el Cámbrico inferior; carbonatada de plataforma en el -- Cámbrico medio, y turbidítica de gran profundidad en el Cámbrico superior y Tremadoc.

Ordovícico, Silúrico y Devónico.- Sedimentación marina regresiva: vuelta a las condiciones de plataforma con sedimentación - predominantemente pizarrosa en el Ordovícico y Silúrico; y carbonatos costeros de tipo arrecifal en el Devónico.

Carbonífero.- No aflorante.

Pérmico.- No identificado. Erosión y formación de penillanura, probable sedimentación de capas rojas incluidas en la formación del Buntsandstein.

Triásico.- Se inicia con depósitos rojos fluvio-costeros (Buntsandstein.). Transgresión epicontinental (Muschelkalk) y depósito evaporítico del Keuper. Movimientos de la fase cimmérica con ligera erosión y depósito por slumping de masas de brechas calcáreas.

Liásico.- En el Retiense se inicia la transgresión Jurásica - con depósito de carniolas y dolomías, continuando con calizas típicamente marinas a partir del Sinnemuriense superior; máxima transgresión en el Toarcense; algunos hiatos en el Liásico medio.

Dogger y Malm.- Se inicia la regresión en el Bajociense con dos hiatos; en el Oxfordiense se pasa a las facies continentales wealdicas de Cameros. Más al SE. la sedimentación marina prosigue durante el Kimmeridgiense, en facies nerítico-coste-ras.

Malm Superior - Cretácico Inferior.- Sedimentación wealdense - en toda la Ibérica, detrítico-continental o lacustre. Movimien-tos epirogénicos de fase neocimmérica.

Cretácico.- La transgresión aptiense no alcanza la zona del Ja-lón. Fase suave de plegamiento austrico que preforma el plega-miento alpídico (discordancias locales). Probables depósitos - de todo el cretácico superior, desmantelado en parte por la -- erosión en el Paleógeno.

Paleógeno.- Depósitos detríticos simultáneos al plegamiento al-pídico en las cuencas de Calatayud y del Ebro. Fases de plega-miento alpino que esbozan las depresiones.

Mioceno.- Depósitos continentales endorreicos en el Ebro y Ca-latayud, con evaporitas en el centro de las cuencas y materia-les detríticos en los bordes, calcáreos en el techo. Fases de compresión Burdigalienses en la fosa de Calatayud. Superficies de erosión finimiocenas.

Plioceno y Cuaternario: Fases postpontienses deforman localmente el Mioceno de las depresiones.

Encajamiento de la red fluvial y erosión de las cubetas.

Depositos detríticos sobre superficies de erosión pliocenas y cuaternarias formado piedemontes, glaciais y terrazas.

Movimientos diapíricos cuaternarios de los yesos de la depresión del Ebro y deforman las terrazas cuaternarias.

Depósitos glaciares en el macizo del Moncayo.

PARTE IV

(CRIADEROS MINERALES Y MINERALOGENESIS)

4.1. INTRODUCCION

Se ha llevado a cabo un inventario sistemático de indicios que puede consultarse en el Anexo I.

Los indicios más importantes se resumen en los cuadros 4.1 y 4.2 y son objeto de descripción en el capítulo 4.2, especificando las características del yacimiento, labores mineras y posibilidades de continuación de las mineralizaciones.

Más adelante se sintetizan los datos obtenidos, y finalmente se emite una hipótesis sobre la génesis de las mineralizaciones.

CUADRO 4.1 MINERALIZACIONES FERRIFERAS

	MORFOLOGIA	ROCA ENCAJANTE	MINERALOGIA	VOL. APROX.	LEYES
1. Olvega	Fisural	Jalón sup., Ribota	Oligisto	1 m. Tm.	
2. Borobia	Fisural	Jalón sup., Ribota, Huermeda	Oligisto, cuarzo, pirita	2 m. Tm.	
3. Tierra (Sta.Rosa)	Estratiforme	Jalón sup.	Oligisto	3 m. Tm.	
4. " (La Potente)	Fisural	Jalón, Ribota, Huermeda	Oligisto	0,5m. Tm.	
5. Codos	Fisural	Jalón, Ribota	Oligisto, cuarzo	0,1m. Tm.	
6. Aranda del Monca- yo.	Fisural	Ribota	Oligisto, Pirolusita		
7. Zona de Valdena- za.	Fisural	Cámbrico Superior	Oligisto, cuarzo		
8. El Frasno	Masivo	Cuarcita armoricana	Oligisto		
9. Purroy	Fisural	" "	Oligisto		
10. Tabuena	Fisural	Buntsandstein	Siderita, Limonita		
11. Olmacedo	Fisural	" "	" "		
12. Cueva del Monca- yo.	Masivo	Lías inf.	Limonita.		

CUADRO 4.2 MINERALIZACIONES NO FERRIFERAS

	MORFOLOGIA	ROCA ENCAJANTE	MINERALOGIA	VOL. APROX.	LEYES
Valdenaza (Cu)	Filoncillos	Cámbrico Superior	Calcopirita, cuarzo		
Tobed (Cu)	"	" "	" "		
Alpartir (Cu)	Fisural	Cuarcita Armoricana	Tetraedrita, siderita		
Tabuena (Cu, U)	Estratiforme	Buntsandstein	Malaquita, azurita		
Calcena (Pb, Zn)	Fisural	"	Galena, Blenda, tetraed.		2 a 8% Pb
Loma Charra (Pb, Zn)	Irregular	Calizas Malm	Carbonatos de Pb. y Zn.		
Ptº del Madero (Pb, Zn)	Fisural	" "	" "		
Codos (Ba)	"	Dolomía de Ribota	Barita		
Tobed (Ba)	"	Cambrico Superior	"		
Purroy (Ba)	"	Cuarcita Armoricana	"		

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES CRIADEROS

4.2.1. OLVEGA

4.2.1.1. Morfología del Criadero

El mineral forma un cuerpo tabular en posición subvertical y con ramificaciones que pueden atravesar los planos de estratificación o ser paralelas a ellos.

Las dimensiones probadas son de 60-70 m. de longitud; profundidad de casi 100 m. y potencia de 25 m.; dirección N20E aprox. En profundidad la mineralización se estrecha.

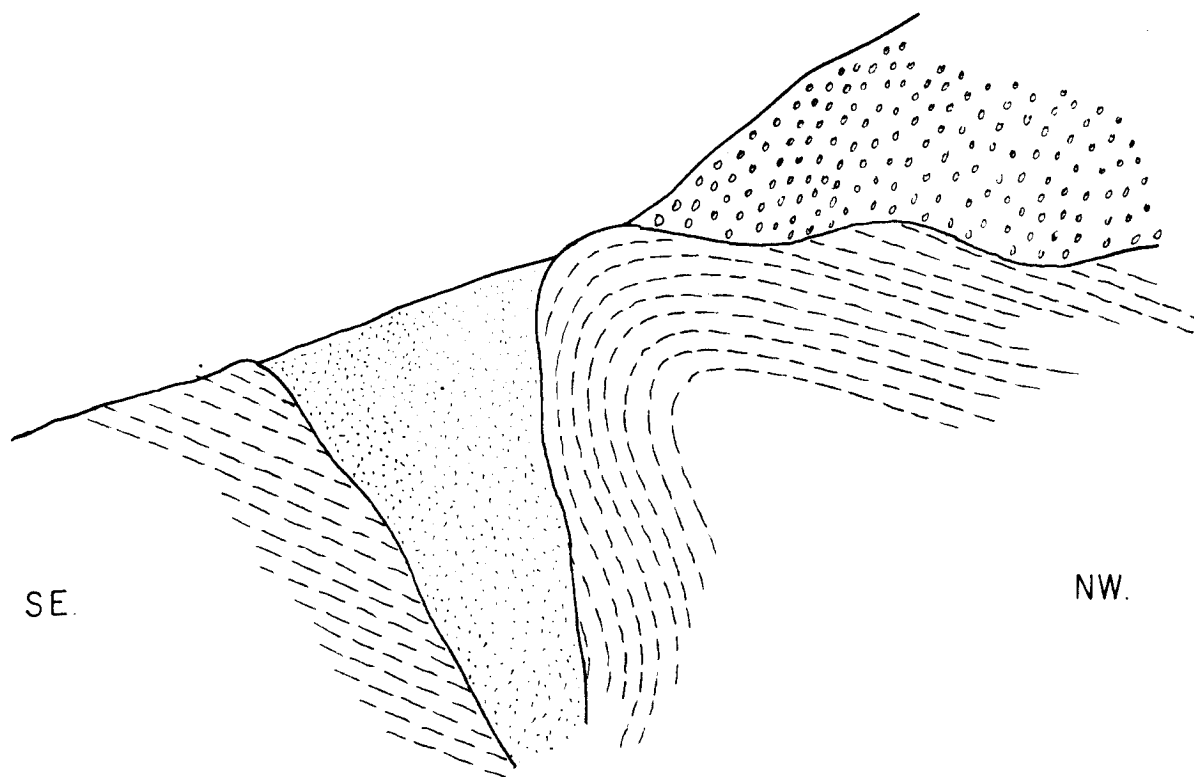
4.2.1.2. Roca encajante

El cuerpo mineralizado está situado en una zona de fractura que rompe la continuidad de las cuarcitas, dolomías y pizarras del tránsito Jalón-Ribota. (Fig. 4.1).

4.2.1.3. Mineralogía

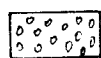
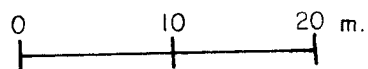
El mineral esencial es oligisto, en general masivo; a veces con textura radiada-concéntrica y botroidal en algunos sectores. La textura masiva es típica del sector central del criadero, mientras que el resto se encuentra hacia las partes marginales del criadero.

La ganga es cuarzo y en menor cantidad carbonatos. El cuarzo es de grano fino a medio, de color blanco, que en parte rellena cavidades y en parte reemplaza a la roca encajante.

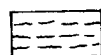


SE.

NW.



Buntsandstein: Conglomerado basal con pequeños cantos de oligisto



Cambrio inferior: Cuarcitas y dolomitas silicificadas



Oligisto masivo

ESQUEMA DE LA MINERALIZACION DE OLVEGA

FIG. 4.1

Los carbonatos son generalmente calcita y/o dolomita de grano grueso, con cristales muy bien desarrollados.

En general la ganga se encuentra hacia los bordes; existiendo además, clorita y minerales arcillosos.

4.2.1.4. Calidad del mineral

Las leyes obtenidas durante las épocas de producción indican que el Fe. está comprendido entre el 45 y el 68% estimándose la media del orden del 65% en Fe.

El contenido en sílice es bajo, variando entre el 1 y el 5%, aunque en algunas zonas, si el material no se estria puede llegar hasta el 33%.

El fósforo y manganeso están en pequeñas cantidades (menos del 0,02 y 0,2% respectivamente).

Otras impurezas presentes son el azufre (menos del 0,01%), óxido de calcio (más del 0,5%) y alúmina (más del 0,5%).

En cuanto al Na. y K. modernamente se ha demostrado que perjudican a los refractarios del horno alto, por lo que se suma de ambos elementos dividida por el % de Fe. contenido de mineral no debe sobrepasar la cifra de 0,002.

Los análisis efectuados por nosotros han demostrado que el mineral de Olvega contiene un 10% más de alcalis que el límite máximo que se exige actualmente.

4.2.1.5. Labores mineras

La bolsada principal ha sido explotada en la mina "Petra III" en parte a cielo abierto y en parte mediante labores de interior, con plantas cada 10 m., totalizando -- una profundidad de 100 m.

El total de mineral extraído debe de ser, suponiendo una densidad de 5,2 para el oligisto:

$$T_m = 100 \times 60 \times 25 \times 5,2 = 780.000 \text{ Tm.}$$

Otro trabajo (la mina "Pobre") ha explotado una bolsada poco conocida, situada al Oeste de la anterior, la longitud no sobrepasa los 20 m. y su potencia máxima es de 2 m.

4.2.1.6. Continuidad de la mineralización

Las labores mineras indican que el cuerpo mineralizado se estrecha en profundidad en forma de embudo.

Por otra parte en dirección norte los terrenos cámbricos se ponen en contacto por fallas con calizas jurásicas.

La prolongación hacia el sur en profundidad, bajo el Buntsandstein ha sido estudiada mediante sondeos con resultado negativo.

4.2.2. BOROBIA

4.2.2.1. Morfología del criadero

El cuerpo mineralizado es tabular, atravesando los planos de estratificación, subvertical, con una dirección aproximadamente N-S. Alcanza una longitud de 500 m. y una anchura media de 20 m. pero que puede llegar hasta 40 m. La altura probada es de más de 20 m. En realidad forma dos bolsas unidas por un tramo de menor anchura. (Fig. 4.2).

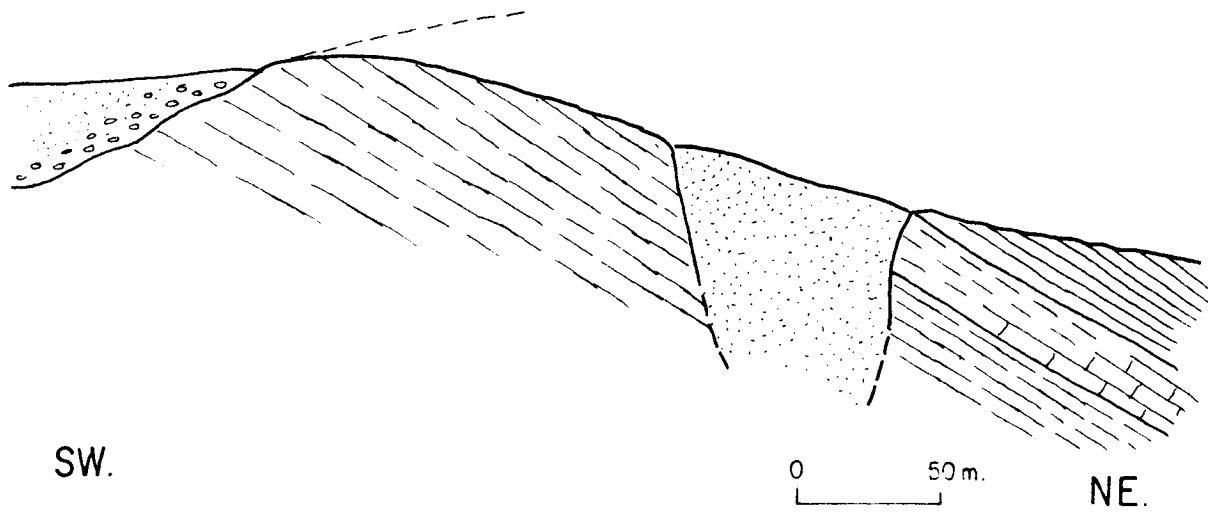
4.2.2.2. Roca encajante

La mineralización está situada en una zona de fracturación, atravesando las capas del Jalón, la dolomía de Ribota y las pizarras de Huermeda, que buzcan hacia el E. unos 40°. El contacto es mecánico y localmente paralelo a la estratificación al W.; mientras al E. es claramente discordante.

En las proximidades del mineral las pizarras cámbricas han sido decoloradas o teñidas de ocre, mientras que las dolomías han sufrido caolinizaciones y limonitizaciones. La anchura de esta alteración puede alcanzar un centenar de metros desde el borde del mineral.

4.2.2.3. Mineralogía

Esencialmente la mineralización está formada por oligisto como mineral esencial, al que acompaña como ganga -



- | | | | |
|--------------------|---|--------------------|-------------------------|
| BUNTSANDSTEIN..... | | Conglomerado basal | |
| CAMBRICO INFERIOR | } | | Pizarras de Huérmeda |
| | | | Dolomia de Ribota |
| | | | Pizarras rojas de Jalón |
| | | | Oligisto y cuarzo |
| | | | Limonita arcillosa |

ESQUEMA DE LA MINERALIZACION DE BOROBIA

FIG. 4.2

cuarzo de color blanco, a veces bien cristalizado.

El oligisto presenta texturas diferentes según los sectores del criadero; así en la mitad sur es masivo o es pecular, mientras que en la mitad N. aparecen texturas botroidales.

Como minerales secundarios se encuentran limonitas de color amarillento y ocre y textura terrosa, principalmente en la parte superficial del criadero, pero también en cavida--des conectadas con la superficie.

En profundidad los sondeos cortaron una masa de pirita.

4.2.2.4. Calidad del mineral

Las leyes obtenidas de los testigos de los sondeos indica que el Fe. está comprendido entre el 42 y el 63%

El contenido en silice es elevado en general, entre el 25 y el 30%, aunque muy variable según los sectores.

El fósforo y manganeso no superan el 0,06 y 0,25% respectivamente.

El azufre es en general menor que 0,1%; la alúmina supera a veces el 4%, y no contiene óxido de calcio.

El contenido en álcalis está comprendido entre 5 y 300 veces mayor que el límite exigido en las siderúrgicas actualmente.

4.2.2.5. Labores mineras

La mineralización ha sido explotada a cielo abierto (Mina "Gandalia") en una profundidad de 10 m, con lo cual el total del mineral extraído debe de ser:

$$Tm: 500 \times 20 \times 20 \times 5,2 = 1.040.000 \text{ Tm.}$$

Otros pequeños indicios próximos no han sido trabajados.

4.2.2.6. Continuidad de la mineralización

Los sondeos realizados indican que el cuerpo mineralizado no continúa en profundidad, ni tampoco en dirección hacia el sur.

Hacia el norte se intersectó una bolsada constituida por oligisto y cuarzo, con algo de pirita, con más dimensiones de 200 x 50 x 10 m. que no se prolonga más al N. El tonelaje indicado en esta bolsada debe de ser del orden de las 500.000 Tm., con una ley de 37,76% de Fe. por lo que su interés como mena de hierro prácticamente no existe, ya que hoy día ninguna mena inferior al 50% es vendible como tal.

Por otra parte el alto contenido en sílice (34% de SiO_2) le hace completamente inservible como mena de Fe, y como pigmento para pinturas.

4.2.3. TIERGA

4.2.3.1. Morfología del criadero

El cuerpo mineralizado principal es tabular y aparentemente concordante con la estratificación, con un buzamiento de unos 25° al NW. La potencia media es de 5 m. alcanzando a veces los 15 m. de espesor (Fig. 4.3).

En realidad no se trata de un único nivel mineralizado, sino de dos o más niveles, con bloques de estéril interestratificados.

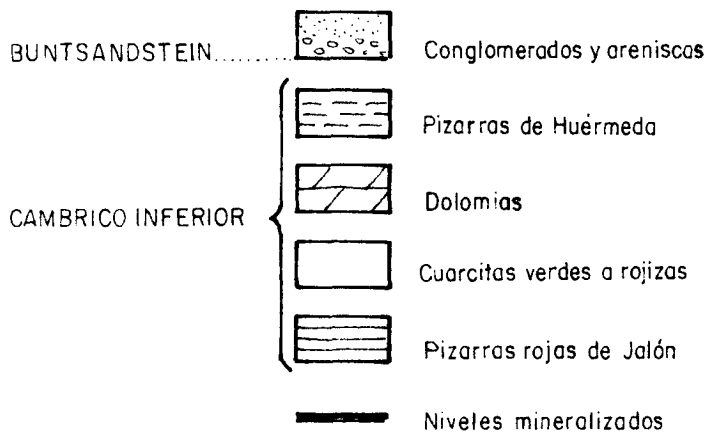
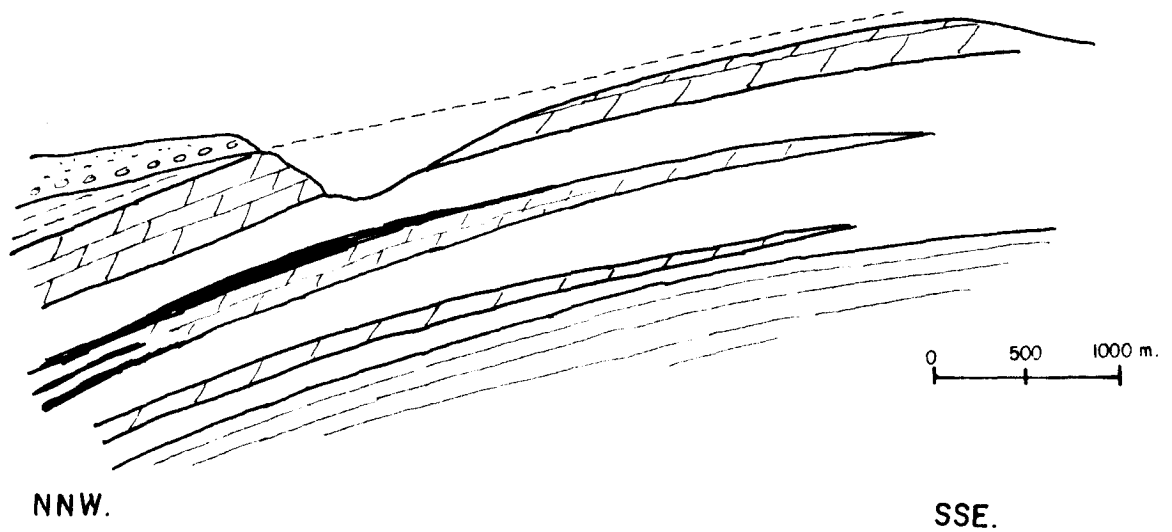
Otras mineralizaciones son de tipo fisural y cortan a la estratificación.

4.2.3.2. Roca encajante

Los niveles mineralizados se encuentran en una formación de dolomías, pizarras verdes y cuarcitas alternantes.

Se observan todos los tránsitos entre el oligisto y las pizarras con pirita y con estructuras sedimentarias de deslizamiento y sobrecarga.

La formación que contiene el mineral constituye el tránsito entre las pizarras rojas del Jalón y las dolomías de Ribota.



ESQUEMA DE LA MINERALIZACION DE TIERGA

FIG. 4.3

4.2.3.3. Mineralogía.

El mineral esencial es oligisto rojo, - masivo, a veces con textura radiada; a veces especular. Como mineral muy abundante a abundante existe siderita.

Como ganga, cuarzo relleno de cavidades; dolomía y calcita. Parece ser que la sucesión en el tiempo ha sido la siguiente: dolomita - cuarzo - oligisto - calcita.

En general la ganga es muy escasa y solamente aparece cuando está en los bordes de la mineralización.

Otros minerales son: pirita, finamente dividida o en cristales cúbicos, asociada a las pizarras verdes; por oxidación pasa a hematites roja y ocupa fracturillas y planos de estratificación; limonita en zonas de oxidación del oligisto, o como impregnación en las dolomías; siderita en venillas en la dolomía de Ribota; calcopirita - asociada con cuarzo en filoncillos.

4.2.3.4. Calidad del mineral

De los análisis de los testigos resulta que el Fe. forma el 60% del mineral.

El contenido en silice esta alrededor del 5%.

El fósforo y manganeso forman el 0,07 y 0,02% respectivamente; el azufre en trazas; el CaO el 0,68% y la alúmina el 3%.

4.2.3.5. Labores mineras: Minería actual

La mineralización principal ha sido explotada en parte a cielo abierto y en parte en interior mediante un plano inclinado, prosiguiéndose la explotación en la actualidad (Mina Santa Rosa). Su producción puede estimarse en 2 millones de Tm.

Otra mineralización ha sido explotada en la mina "La Potente", a cielo abierto e interior, sin que se conozcan datos de su producción.

Numerosas catas y pozos aparecen en la dolomía de Ribota, habiéndose trabajado hasta el indicio más pequeño no siempre para hierro sino en ocasiones para cobre.

4.2.3.6. Continuidad de la mineralización

Hacia el S. los niveles mineralizados principales disminuyen de espesor y acaban por desaparecer, no existiendo mineral debajo de las dolomías de Ribota. como se ha demostrado mediante sondeos.

Hacia el E. y W. los sondeos han demostrado que no existe continuación ;si en cambio hacia el N. formando un bloque de mineral de 150 x 120 x 3,70 m. (unas 350.000 Tm.) a una profundidad entre 100 y 200 metros.

Los restantes indicios presentan escasa continuidad en dirección.

4.2.4. ZONA DE CODOS

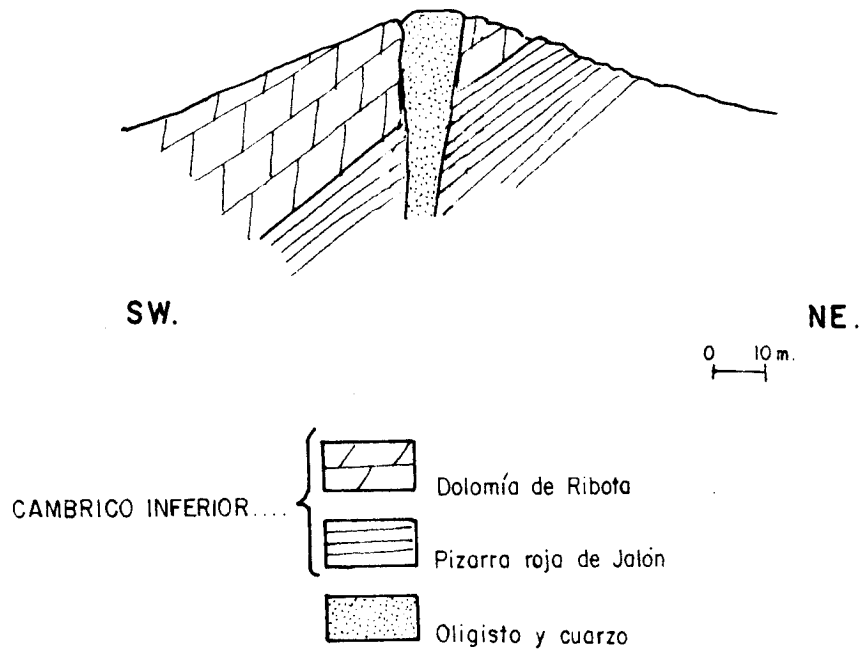
4.2.4.1. Morfología del criadero

El criadero consta de varias mineralizaciones situadas a lo largo de una fractura de dirección NNW-SSE, atravesando los planos de estratificación. (Fig. 4.4).

Las direcciones de la mayor mineralización son de unos 50 m. de longitud y una potencia de unos 5 m.; la profundidad estimada es de unos 25 metros.

4.2.4.2. Roca encajante

El cuerpo mineralizado está situado en una fractu-



ESQUEMA DE LA MINERALIZACION. ZONA DE CODOS

FIG. 4.4

ra herciniana de dirección NNW-SSE; arma en las capas superiores de Jalón y las inferiores de Ribota.

4.2.4.3. Mineralogía

El mineral esencial es oligisto masivo, acompaña do de hematites roja como impregnación de la roca encajante. Cerca de la superficie aparece limonita.

La ganga es de cuarzo de color blanco.

4.2.4.4. Calidad del mineral

Aunque no se han realizado análisis químicos puede apreciarse visualmente que la cantidad de silice es elevada.

4.2.4.5. Labores mineras

La bolsa más importante ha sido objeto de explotación mediante canteras y una galería, estimándose una producción no superior a 1.000 Tm.

Otros trabajos han sido realizados en dos indicios situados más al N.

4.2.4.6. Continuidad de la mineralización

Las distintas mineralizaciones presentan escasa continuidad lateral; desconociéndose la continuación en profundidad.

4.2.5. TABUENCA

4.2.5.1. Morfología del criadero

El mineral está en una serie de filones, de direcciones N65°E y N15°E, con buzamientos variables pero siempre próximos a la vertical.

La longitud puede llegar a 300 m. siendo frecuentemente de 100 m. La potencia, aunque llega a ser de 25 metros, en algunos casos es normalmente de 1 a 3 m. La profundidad no supera los 100 m.

4.2.5.2. Roca encajante

Las mineralizaciones encajan en areniscas y pizarras rojas del Buntsandstein. En los hastiales existe arcillización.

4.2.5.3. Mineralogía

Los minerales son hematites y limonita en superficie, y siderita en profundidad.

4.2.5.4. Calidad del mineral

Análisis realizados por el I.G.M.E. dieron 36,9% de Fe., 5% de SiO₂; 7,91% de MgO, siendo como se ve muy bajo el contenido en Fe.

4.2.5.5. Labores mineras

Las antiguas explotaciones consistieron en calicatas aisladas llamadas por los lugareños "almadenes", que llegan a alcanzar una longitud de varias decenas de metros, y una potencia de cinco metros.

Las labores más importantes son las llamadas -- "Cuatro Hermanas" y "Torre de Ambel".

4.2.5.6. Continuidad de las mineralizaciones

La continuidad en longitud y profundidad fue investigada mediante sondeos mecánicos por el I.G.M.E., sin - resultados positivos.

4.2.6. ZONA DE OLMACEDO (Minas Olmacedo, Virgilio, Ramona y Honda).

4.2.6.1. Morfología de los criaderos

En el área cartografiada en las proximidades del Santuario del Moncayo a escala 1:10.000 (mapa nº 5.29), dos

sectores hemos encontrado que presentan antiguas explotaciones para la extracción de mineral de hierro.

La labor más occidental está situada a unos 200 metros del Km. 8,5 de la carretera que sube de Agramonte a la Ermita del Moncayo.

Se trata de una bolsada de mineral (ooligisto especular) de carácter filoniano, que rellena y reemplaza de una manera incipiente a unas areniscas en pocos mm. en la proximidad de fracturas y zonas de cizallamiento.

Esta estructura tiene una longitud máxima explotada y/o reconocida de unos 25 metros en superficie, y que ha sido explotada hasta una profundidad de 20 metros. La potencia de la mineralización varía entre 0,30 m. y 4-5 metros, siendo la media aproximada de 1,5 m. La dirección es N155°E y su buzamiento vertical.

El criadero situado en el extremo oriental de la zona investigada está constituido por dos estructuras típicamente filonianas, que varían entre N 60 E hasta N 80° E, siendo independientes entre si, y presentándose verticalizadas.

La longitud de estas estructuras típicamente filonianas, tiene una extensión máxima comprendida

entre 70 y 75 m. y la altura explorada y explotada nunca es superior a los 20 metros.

La potencia, aunque más constante que en el criadero de Agramonte, varía entre 1 y 2 metros.

4.2.6.2. Rocas encajantes

Estructuralmente la serie de materiales rocosos presentes en el distrito están esencialmente constituidos por areniscas, pizarras, ortocuarzitas y pequeños -- bancos de conglomerados poligénicos que constituyen una serie monoclin al suavemente buzante hacia el NE.

Los estudios microscópicos de una serie de muestras que hemos recolectado en la zona de Agramonte, han puesto de manifiesto que se trata de una facies que no presenta ningún mineral de neoformación de característica metamórfica, por lo que no es posible el establecimiento de facies metamórficas. Únicamente la intensa suturación de -- los granos de cuarzo por presión-solución, y suponiendo que parte de la moscovita procede de la recristalización de la Sericita, esta podría pertenecer a la facies de los esquistos verdes (metamorfismo regional de más bajo grado).

De todo lo expuesto creemos que la serie pertenece al Triásico de facies germánica del Bunt, que ha sufrido en esta región un proceso de metamorfismo dinámico ligeramente más elevado que en otros sectores, lo que difi-

culta su semejanza con el Trias Bunt característico.

4.2.6.3. Mineralogía

Los contituyentes esenciales que principalmente forman las mineralizaciones allí presentes, son oligisto y cuarzo.

El oligisto siempre de aspecto especular, varía el tamaño de su grano desde muy fino hasta cristales de varios centímetros.

En superficie se encuentra parcialmente -- oxidado debido a los procesos de meteorización, transformándose en limonita, la cual no suele penetrar más de unos pocos metros por debajo de la superficie actual dentro de la caja filoniana.

Lateralmente existen ramificaciones de pequeña extensión y potencia (un metro como máximo de longitud y 0,10 m. de espesor) que atraviesan a los hastiales. - La roca encajante localmente presenta sericita, y arcillizaciones en varios centímetros de espesor, como producto de -- alteración de las pizarras y areniscas; producido por la -- elevación de la temperatura y por los movimientos relativos de los labios de la fractura durante los procesos de relleno por los fluidos mineralizadores.

Como ganga existe cuarzo, el cual no es excesivamente abundante, excepto en la galería más meridional

en el extremo oriental de la zona investigada, en donde creemos que ha sido el principal motivo de la paralización de las labores de explotación, ya que éste suele presentarse en una proporción incluso superior al 50% de material que rellena la fractura.

En los demás sectores sólo se presenta ocasionalmente en pequeñas bolsadas irregularmente distribuido a lo largo y ancho de la estructura.

4.2.6.4. Calidad del mineral y reservas.

Los análisis químicos que se han realizado de muestras de mano tomadas en la concesión Olmacedo, indican que la calidad del mineral es del orden del 60% de Fe. Sin embargo a juzgar por las dimensiones de labores realizadas, y a la vista de los informes que disponemos de la concesión de los Ingenieros D. Maximino Perez Fornies (1910) - Sr. Moreno Castilla (1957) y José Maria de Pedro y San Gil (1954) no creemos que el criadero, produjera más de 3.000 Tm. de mineral de "todo uno".

En resumen se trata de una estructura filoniana que forma una bolsada de mineral de excelente calidad pero que sus reservas probadas actualmente son nulas. La posibilidad de encontrar otras bolsadas de un tamaño aproximado al anteriormente explotado es factible, pero incluso

suponiendo la misma calidad del mineral, creemos que no presenta ningún interés económico actualmente.

Las concesiones Virgilio y Romana, conjuntamente tienen 130 Ha. En ellos no se ha realizado ninguna labor de reconocimiento y solo existen pequeños crestones - de limonita de impregnación, precipitada por las aguas meteóróricas y de distribución muy irregular.

Los débiles indicios, ya que no existen limonitas indígenas, que pudieran indicar una mineralización "in situ", la pequeña extensión de los criaderos allí existentes, las reducidas dimensiones de las limonitas que se - extienden por superficie y por consiguiente las limitadas - concesiones han aconsejado no llevar a cabo ninguna labor - de reconocimiento en este sector.

Por otra parte en las labores realizadas en el extremo oriental del sector de Olmacedo (Mina Honda), el mineral cuando se presenta sin mezcla de ganga, es de exce--lente calidad, por lo que suponemos que las muestras de ma--no lleguen a alcanzar el 60% de Fe, pero en conjunto contienenen mucho más sílice que las de Olmacedo.

Las estructuras como ya hemos señalado anteriormente son típicamente filonianas y en total calcula--mos que este sector habrá producido unas 10.000 Tm. de "to--do uno".

En cuanto a las reservas de mineral, creemos que en las proximidades de estas dos estructuras los criaderos esten agotados.

La posibilidad de encontrar bolsadas de estos tonelajes, con una investigación moderna era difícil, ya que las estructuras son estrechas, y demasiado cortas y por otra parte el mineral no era magnético. Por todo lo expuesto tampoco se aconsejó acometer una investigación con métodos modernos en esta zona.

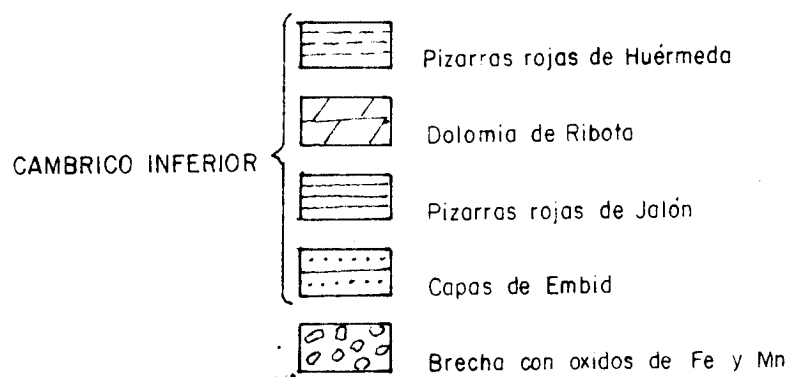
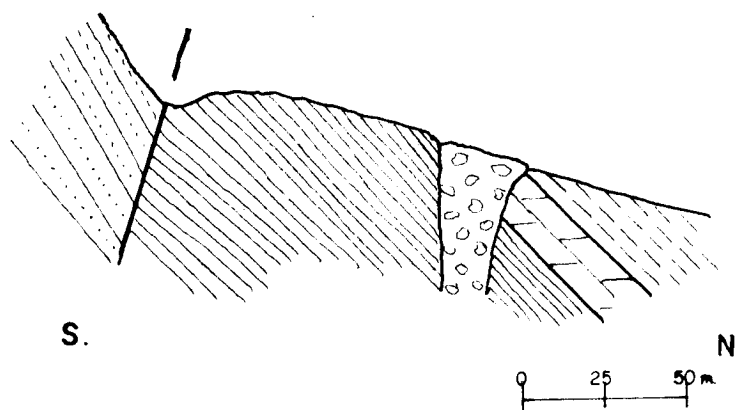
4.2.7. OTRAS MINERALIZACIONES DE Fe.

4.2.7.1. Aranda del Moncayo

Una mineralización de tipo fisural se presenta en un afloramiento de Dolomía de Ribota, con unos 100 metros de longitud y un máximo de 20 m. de anchura. (Fig. 4.5).

Los minerales son oligisto y pirolusita, con una ley relativamente baja, impregnando la brecha de falla. También se encuentra pirita diseminada.

Otra mineralización de Oligisto aranda en el Cámbrico Superior, al E. de Aranda, siendo el mineral de buena calidad, pero el criadero es filoniano y de pequeña extensión y longitud.



ESQUEMA DE LA MINERALIZACION. ZONA DE ARANDA DEL MONCAYO

FIG. 4.5

Ambos criaderos han sido objeto de explotación intermitentemente, habiéndose extraído en total unas 1.000 ó 2.000 Tm. aproximadamente. La posibilidad de cubicar mas mineral, mediante una investigación racional parece poco probable, independientemente de las pequeñas dimensiones del criadero y la baja ley en Fe y Mn. Por estas razones se desestimó realizar cualquier investigación en este sector.

4.2.7.2. Zona de Valdenaza

Existe un sistema de fracturas de dirección aproximada N-S y su complementaria de dirección N 30° W de menor desarrollo, las cuales ocasionalmente están mineralizadas.

Otro sistema de mucha menos importancia y dirección N 90° E, también aunque sea de una manera incipiente presenta débiles mineralizaciones.

La zona pertenece al Cámbrico Superior - estando formada por cuarcitas. Los filones de buzamiento próximo a la vertical, esencialmente presentan rellenos de oligisto y goethita con cuarzo como ganga.

Desde el punto de vista minero no presentan ningún interés, por ser estructuras filonianas en las que existe una alta relación de esteril a mineral, a juzgar por todas las indicaciones superficiales y labores antiguas.

4.2.7.3. Zona de El Frasno

Existe una debil impregnación de Oligisto en las cuarcitas del Ordovícico. En el pasado han sido - objeto de una explotación, extrayéndose unas pocas decenas de Tm. de mineral de hierro. Se utilizaba para pigmentos en pinturas, pero la dureza de la roca encajante junto al pe-- queño contenido de mineral obligarón a abandonar la explotación.

El mineral de buena calidad y aspecto - pulvurulento era concentrado directamente a mano, a boca mina, utilizándolo inmediatamente después, sin ningún otro - tratamiento.

4.2.8. MINAS DE TOBED (Cu) y (Ba)

4.2.8.1. Morfología de los criaderos.

Las mineralizaciones son típicamente filonianas con potencias inferiores a 200 cm, longitudes de - unos 50 m. y profundidades de 50 m.

4.2.8.2. Roca encajante

Todas las mineralizaciones arman en las areniscas y pizarras del Cámbrico superior.

4.2.8.3. Mineralogía

El mineral esencial es calcopirita. A - veces existe impregnación de hierro en cuarcitas rojas y -- brechificadas. Otros filones son de barita.

4.2.8.4. Calidad del mineral

No se han realizado análisis químicos, ya que son disseminaciones, esporádicas, que sin duda están por debajo de una ley económica.

4.2.8.5. Labores mineras

Los filones de Cu. y las impregnaciones de Fe. han sido explotados en el pasado, estando activas en la actualidad las explotaciones de barita.

4.2.8.6. Continuidad de las mineralizaciones.

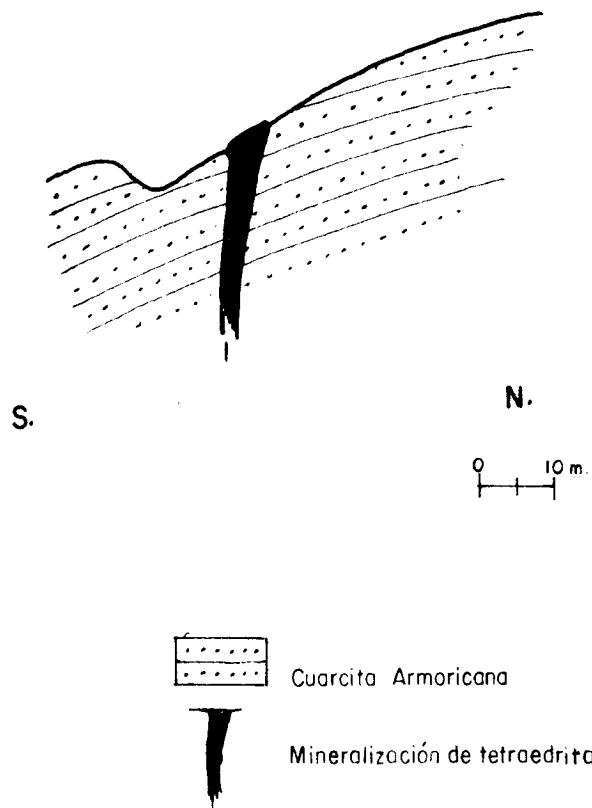
Los filones ofrecen pocas perspectivas de continuidad, para barita y solo puede esperarse algunas bolsadas en las estructuras filonianas con barita, aunque de buena calidad (ya que no contienen óxidos de Fe), que contengan algunos centenares de Tm.

4.2.9. ALPARTIR (Cu).

4.2.9.1. Morfología del criadero

La mineralización es tabular y vertical, con una dirección N 145° E, y una corrida de 100 m, ramificándose en el extremo occidental y desapareciendo bajo los recubrimientos el extremo occidental. (Fig. 4.6).

La potencia observable en superficie varía entre 0,3 y 3 m, cuando está ramificado.



CROQUIS DE LA MINERALIZACION. ZONA DE ALPARTIR

FIG. 4.6

4.2.9.2. Roca encajante

La roca encajante son las cuarcitas del Ordovícico Inferior (cuarcita Armoricana); no se observa alteración en los hastiales.

4.2.9.3. Mineralogía

Los minerales son cobres grises (tetraedrita) y siderita. En superficie aparece limonita. La ganga está formada por cuarzo blanco o gris.

4.2.9.4. Leyes

No se ha realizado desmuestre sobre el filón.

4.2.9.5. Labores mineras

El filón ha sido explotado antiguamente en interior, existiendo un pozo en la "Casa de las Minas", y una galería en dirección. No hay datos de producción.

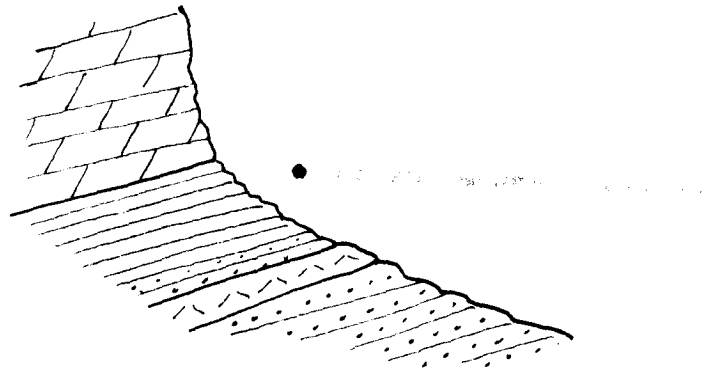
4.2.9.6. Continuidad de las mineralizaciones.

No se ha llevado a cabo una investigación de la continuación en dirección ni en profundidad.

4.2.10. TABUENCA (Cu).

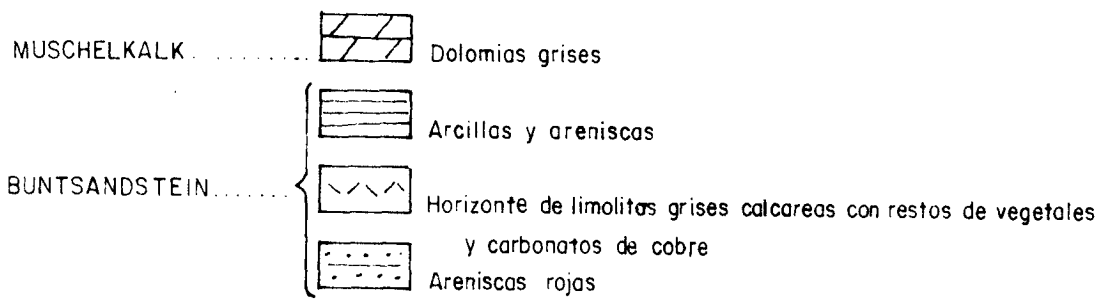
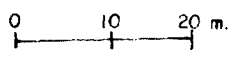
4.2.10.1. Morfología del criadero

Los indicios de Cu. están ligados a un nivel de color verdoso, formado por pizarras y limolitas in-



NW.

SE.



CROQUIS DE LA MINERALIZACION DE TABUENCA

FIG. 4.7

terestratificado en la serie roja continental del Buntsandstein. Se trata, pues, de un indicio estratiforme. La potencia es de unos 0,5 m. (Fig. 4.7).

4.2.10.2. Yacimientos

La mineralización se encuentra diseminada en el nivel citado, en relación con restos carbonosos de plantas. El buzamiento es de unos 35° al N.

4.2.10.3. Mineralogía

Los minerales más abundantes son los carbonatos de Cu. (malaquita y azurita). Se presentan impregnando a los restos orgánicos y rellenando fracturas y planos de laminación.

Si bien se cita un indicio de Uranio en esta zona, que cabría suponer relacionado con esta mineralización, no se han encontrado con el scintilómetro valores claramente superiores al fondo, aunque si localmente estos eran de 3 a 4 veces el background.

4.2.10.4. Labores mineras

En tiempos antiguos estas mineralizaciones de cobre han sido explotadas a pequeña escala hasta una profundidad de unos 50 m. No se tienen datos de explotación.

4.2.10.5. Continuidad de la mineralización.

La continuidad lateral no supera los 1.000 m, mientras que en profundidad debe ser menor que 100 m. puesto que no ha sido cortado por los sondeos situados mas al Norte.

4.2.11. CALCENA (VALDEPLATA) (Pb,Zn)

4.2.11.1. Morfología del criadero

Se conoce en este distrito dos filones de dirección N70°E., subverticales o buzando ligeramente al S. (Fig.4.8)

La corrida del filón más importante es de 500 m. aunque según los datos de interior llega a 800 m. La potencia varía entre 30 y 80 m. en superficie, si bien en profundidad puede alcanzar los 5 m. Las labores mineras han profundizado hasta 180 m.

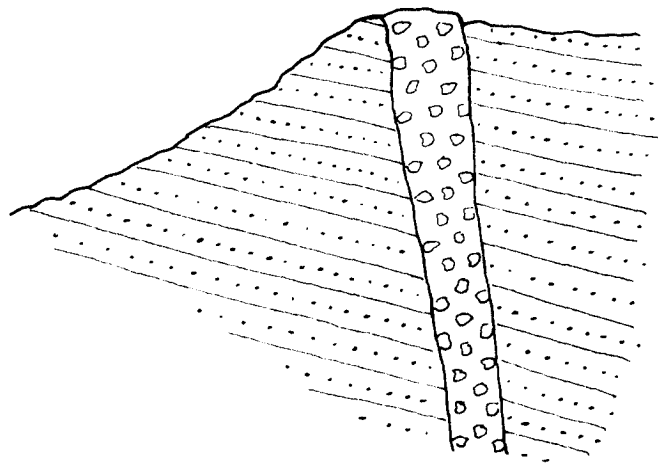
4.2.11.2. Roca encajante



Los filones encajan en las areniscas y pizarras rojas del Buntsandstein, que en las proximidades de la mineralización suelen pasar a cuarcitas claras.

4.2.11.3. Mineralogía

Los minerales esenciales son galena y blenda que se presentan asociados con siderita. En menor cantidad se presenta la tetraedrita y la pirita. En superficie aparece cuarzo

El mineral puede rellenar una brecha o formar una red de filoncillos, existiendo una cierta diseminación en la roca junto al filón.



BUNTSANDSTEIN  Areniscas y limolitas rojas
 Brecha con galena y blenda

CROQUIS DE LA MINERALIZACION DE VALDEPLATA

FIG. 4.8

4.2.11.4. Leyes

Los análisis antiguos indican un contenido en Pb. del 9 al 5%; con 2 a 4% de Cu. y 4 a 5 Kg. Ag./Tm. - mientras que las leyes obtenidas en los sondeos realizados para la presente investigación son del orden de 2 a 8% de Pb, 2% Zn, y 15 g. Ag./Tm.

4.2.11.5. Labores mineras

Sobre toda la zona existe un permiso de investigación denominado Julia que cubre una extensión de -- 2.000 Ha.

Los trabajos de explotación más importantes se encuentran en la concesión de explotación Abandonada 3ª conocida con el nombre de Mina Ménsula.

Se citan cuatro períodos de actividad en el distrito. Del primero, que corresponde a la dominación romana, no se poseen datos.

El segundo período de actividad se remonta al año 1.591, en que se entregaron diferentes cantidades de plomo y plata a Hacienda, según consta en la secretaría del Ayuntamiento de Calcena.

Desde esta fecha hasta 1.839 no se tienen - noticias de actividades en el distrito; en dicho año se efectuaron algunas labores de reconocimiento y se extrajeron algunas cantidades de mineral.

Durante algunos años continuaron las explotaciones a pequeña escala hasta que una compañía inglesa se hace cargo de las labores desde 1.850 a 1.870, coincidiendo con el período de mayor actividad en la mina, abriéndose -- los pozos Pluto (43 m.), Colón y Acteón, así como la galería Santa Bárbara. Para el año 1.853 se cita una producción de 315 Kg. de cobres grises (5,2 Kg. Ag./Tm.), y 402 Kg. de concentrado de galena (730 gr. Ag./Tm.). En este período de explotación se trabajó entre las plantas 1ª y 2ª, reconociendo el filón en 800 m. de longitud con una potencia media de 18 cm. que localmente llegaba a 57 cm.

Por último entre 1.909 y 1.914 una compañía francesa se hizo cargo de las explotaciones, realizándose - un pozo hasta 200 m. de profundidad, con 7 plantas, explotándose y/o explorándose el filón en una longitud de 1 Km. No se tienen datos de producción.

Posteriormente se dice que de los escombros se ha extraído más de 13.000 Tm. de concentrado de Pb.

4.2.11.6. Continuidad de la mineralización

Los sondeos mecánicos realizados en el filón septentrional han indicado una continuidad lateral de - 200 m.; profundidad de 100 m.; potencia media de 1,0 m. (- 100.000 Tm) con 7,5% de Pb + Zn y 15 g. Ag/Tm.

4.2.12. LOMA CHARRA

4.2.12.1. Morfología del criadero

El mineral se presenta en masas más o menos tabulares, de direcciones aproximadas N-S, con longitudes de hasta 50 m.; espesores de hasta 3 m. y profundidad conocida de hasta 20 m.

4.2.12.2. Roca encajante

Las masas citadas están inclinadas en unas calizas arrecifales de edad Kimmeridgense, que buzan unos 25° al Este.

4.2.12.3. Mineralogía

Los minerales esenciales son carbonatos de Pb. (cerusita), galena, blenda y pirita. Como ganga barita y calcita.

4.2.12.4. Labores mineras

Los distintos indicios han sido trabajados mediante pozos y calicatas, existiendo además una cantera que ha explotado la mineralización más importante. No se tienen datos de producción.

4.2.12.5. Continuidad de las mineralizaciones.

La investigación realizada por el I.G. M.E. (año 1.972) puso de manifiesto la rápida desaparición de la mineralización hacia el N., no encontrando nuevas mineralizaciones.

4.2.13. PUERTO DEL MADERO (Cu,Zn)

4.2.13.1. Morfología del Criadero

El mineral se presenta en una fractura de dirección aproximada E-W y buzamiento al N; con una longitud de unos 20 m y 2 m. de potencia.

4.2.13.2. Roca encajante

La masa mineralizada encaja en calizas arenosas y arrecifales del Oxfordiense.

4.2.13.3. Mineralogía

Los minerales esenciales son carbonatos de Pb y Zn, citándose sulfuros en profundidad.

4.2.13.4. Labores mineras

El principal indicio ha sido trabajado mediante un pozo, existiendo varias catas hacia el Oeste. No se tienen datos de producción.

4.2.13.5. Continuidad de la mineralización

La investigación realizada ha demostrado la no continuidad de la mineralización en dirección ni en profundidad.

4.3. MINERALOGENESIS

En el presente capítulo se tratan por separado las mineralizaciones de Fe, de Cu y de Pb-Zn.

Se describen las observaciones que pueden conducir a una interpretación genética de los distintos yacimientos y se emite una hipótesis metalogenética.

Finalmente se intenta una visión conjunta de los procesos metalogenéticos ocurridos en la Reserva a lo largo del tiempo, para terminar con algunas indicaciones sobre previsión de nuevas mineralizaciones.

4.3.1. Mineralizaciones de hierro.

4.3.1.1. Introducción.

Las mineralizaciones de hierro, objeto del presente estudio, se presentan en el Cámbrico Inferior -- principalmente; yacimientos pequeños se encuentran también en el Cámbrico Superior, Ordovícico y Buntsandstein.

El volumen de los criaderos suele ser pequeño, aunque puede llegar a las 3 m.t.; su morfología es diversa y aunque el contenido en hierro es aceptable en general, sus características químicas lo hacen poco apto para el horno alto.

Los criaderos más importantes son los de - Tierga, Borobia y Olvega.

4.3.1.2. Morfología y volumen de los criaderos.

La morfología de los criaderos de hierro es muy variable: así el yacimiento de Tierga presenta un aspecto estratiforme, mientras los de Olvega y Borobia son claramente fisurales, así como la mayor parte de los pequeños criaderos restantes. En algún caso aislado (caso de El Frasnó) se trata de una impregnación.

El volumen de los yacimientos es del orden de las decenas de miles de Tm en general; mientras que en los casos de Olvega, Borobia y Tierga están entre 1 y 3 millones de Tm.

4.3.1.3. Mineralogía

Los principales minerales de Fe que se encuentran en la zona son: Siderita, Limonita, Oligisto, Goethita y pirita. Como ganga se encuentran el Cuarzo, la Dolomita y las arcillas. Ocasionalmente está presente pirolusita.

Siderita: CO_3Fe .

Mineral muy abundante en algunas mineralizaciones, especialmente en Tierga, Olvega y Tabuenca.

En el yacimiento estratiforme de Tierga, forma bandas del orden de los pocos cm. alternando con bandas arcillosas limoníticas del mismo orden de magnitud. A escala microscópica se presenta en agregados cristalinos con cemento limonítico; a veces en cristales idiomorfos. (Fig. 4.14).

En la mina de Olvega parece reemplazar a la dolomía.

En las minas de Tabuena, que arman en el Buntsandstein, es el principal constituyente de la mineralización, a manera de filones aislados en superficie a limonita.

Oligisto: Fe_2O_3

Es el principal constituyente de las mineralizaciones de Olvega, Borobia y Tierga, en tanto que en las minas de Tabuena y Olmacedo no existe prácticamente.

Presenta textura masiva predominantemente, con aspecto especular localmente. Comúnmente asociado a cuarzo, siderita, pirita y limonita.

Limonita: Fe O-OH

Se presenta como accesorio en la casi totalidad de mineralizaciones, siendo mineral predominante en los indicios del Cámbrico Superior de la zona de Valdenaza, y en la zona de Olmacedo.

Procede de la oxidación de la siderita y /o del oligisto. Localmente existe la variedad de goethita.

Al microscopio se encuentra como cemento entre los cristales de siderita o en forma de matriz arcillosa en las rocas detríticas.

En la mina Gandalia se presenta reemplazando a los sedimentos, con aspecto arcilloso y poco compacto.

Pirolusita: MnO_2

Poco abundante, en delgadas películas y filoncillos en zonas de oxidación. Asociada a óxidos de Fe en la mineralización de Aranda del Moncayo.

Pirita: S_2Fe

Se presenta diseminada en las pizarras verdes de las Capas del Jalón, y en grandes cristales cúbicos en las calizas de la facies Purbeck, indicando una sedimentación en medio reductor.

Por otra parte se presenta asociada a gran parte de las mineralizaciones de tipo fisural, como en Borobia, Aranda del Moncayo y Calcena.

Gangas:

El Cuarzo es ganga muy abundante en la Mina Gandalia, ocupando los hastiales de la mineralización.

Su color es blanco, de aspecto masivo, y se presenta asociado a oligisto y pirita.

En Tierga y Olvega forma locales rellenos de cavidades, en cristales perfectos, transparentes.

La Dolomita es abundante en Tierga especialmente, en cristales romboédricos perfectos, de relleno de cavidades.

4.3.1.4. Leyes y calidad del mineral.

El contenido en Fe de las mineralizaciones paleozoicas oscila entre el 65 y el 35%; en los yacimientos mesozoicos varia entre el 55 y el 35%.

Aproximadamente un tercio de las muestras analizadas han dado un contenido en Fe superior al 50%. Algunos análisis se presentan en la Tabla 4.3.

La fig. 4.9 representa la relación hierro/silicatos, que es constante en el caso de Borobia, y la relación hierro/carbonatos, constante en el caso de Tierga.

• El índice de basicidad (fig 4.10) es prácticamente cero para las muestras de Borobia y para el oligisto de Tierga, y muy elevado para los carbonatos de Tierga y Olvega; para un eventual tratamiento en el horno alto habría que efectuar las correspondientes adiciones de carbonato y sílice, respectivamente.

La relación sílice/Alúmina es muy alta en las muestras de Borobia y ligeramente baja en las de Tierga (fig. 4.11).

En cuanto a elementos nocivos, el contenido en sodio y potasio es muy elevado (fig 4.12), el fósforo y el cinc están dentro de los límites de tolerancia, así como el azufre, en general (fig 4.13).

CUADRO - 4.3. -YACIMIENTOS DE HIERRO-LEYES

<u>ZONA</u>	<u>MUESTRA</u>	<u>Fe</u>	<u>SiO₂</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
Olvega	Olvega	34,68	0,61	0,02	0,010
	Mejías Gáz quez y San tos Abris- queta.	164,80	5,00	0,02	0,009

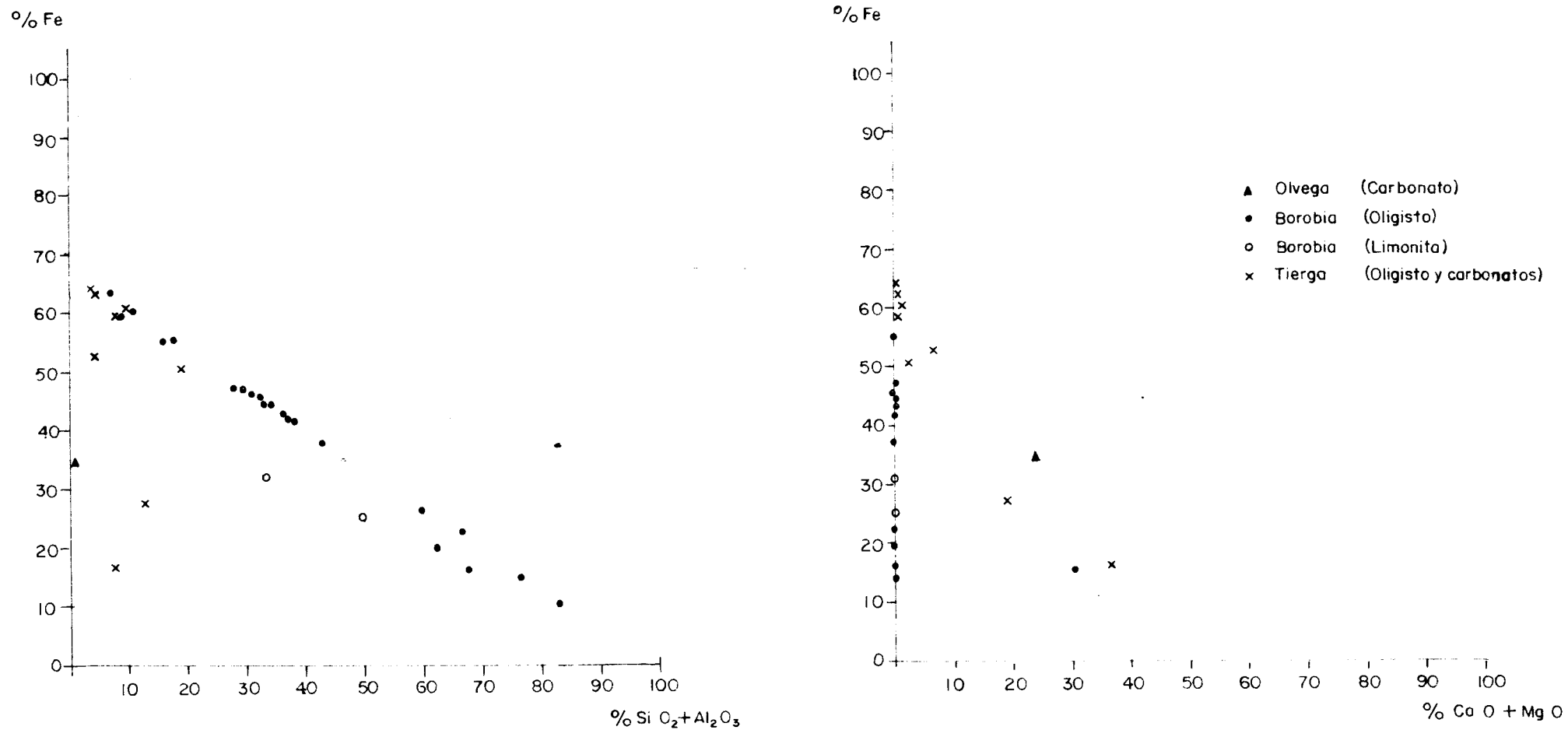
Borobia	Borobia-1	60,76	10,50	0,03	-
	Borobia-2	47,29	28,02	0,04	-
	B-23	42,13	36,60	0,06	0,02
	B-1 (Limon).	25,38	46,86	0,19	0,08
	B-4(")	31,86	30,97	0,51	0,11

Tierga	T-21	59,45	4,93	0,07	-
	T-22	52,99	2,67	0,02	-
	T-24 (a)	64,29	1,97	0,03	-
	T-24 (b)	63,84	2,28	0,05	-
	T-24 (c)	60,20	6,72	0,04	-
	T-25	50,55	12,15	0,09	-

Tabuena	Galvez Cañero	36,90	5,56	0,02	0,01

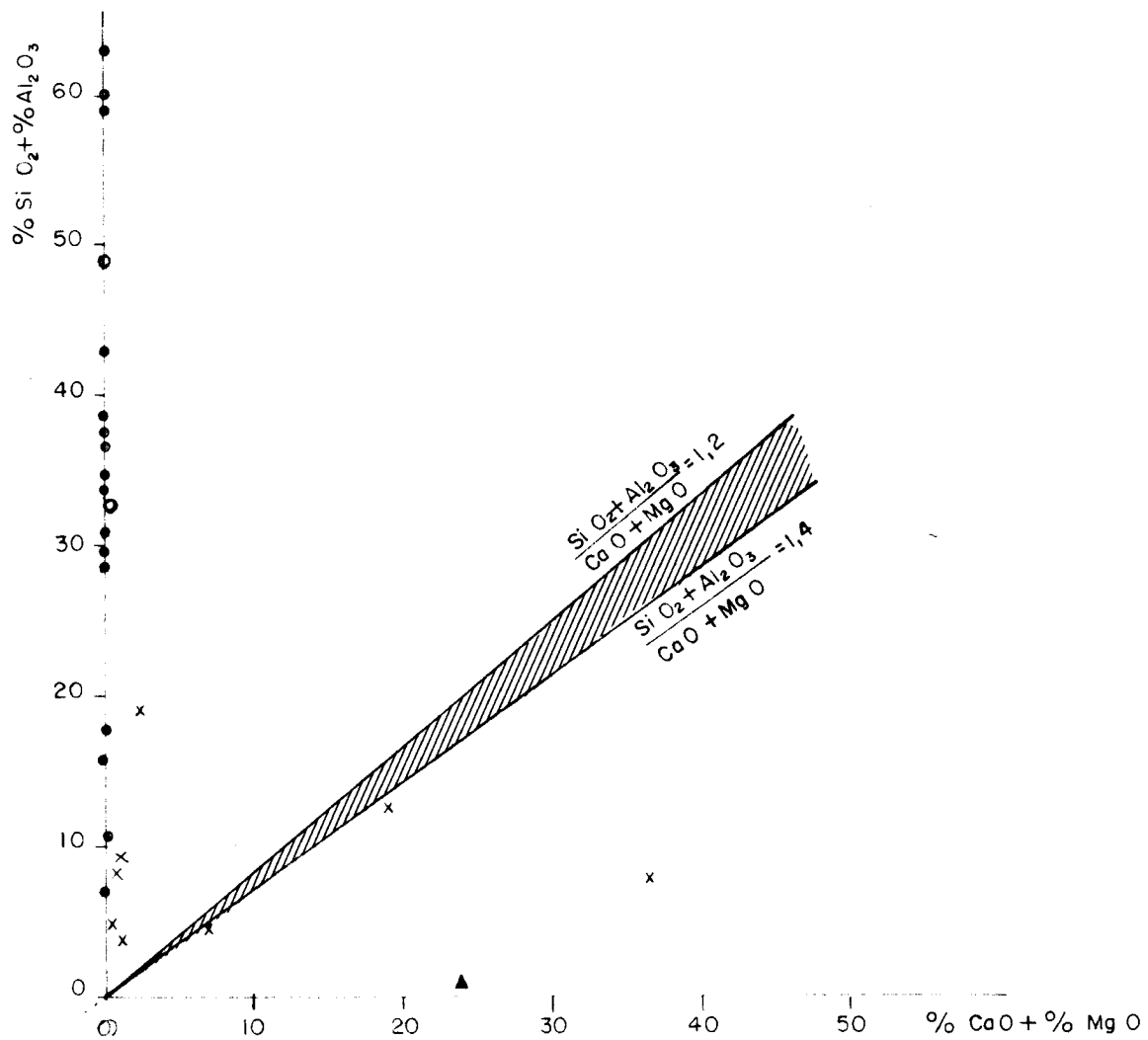
Olmacedo	Moreno Castilla	53,80	6,92 (1)	0,072	0,019


(1) Residuo Insoluble.					



RELACION HIERRO / SILICATOS - HIERRO / CARBONATOS

FIG. 4.9

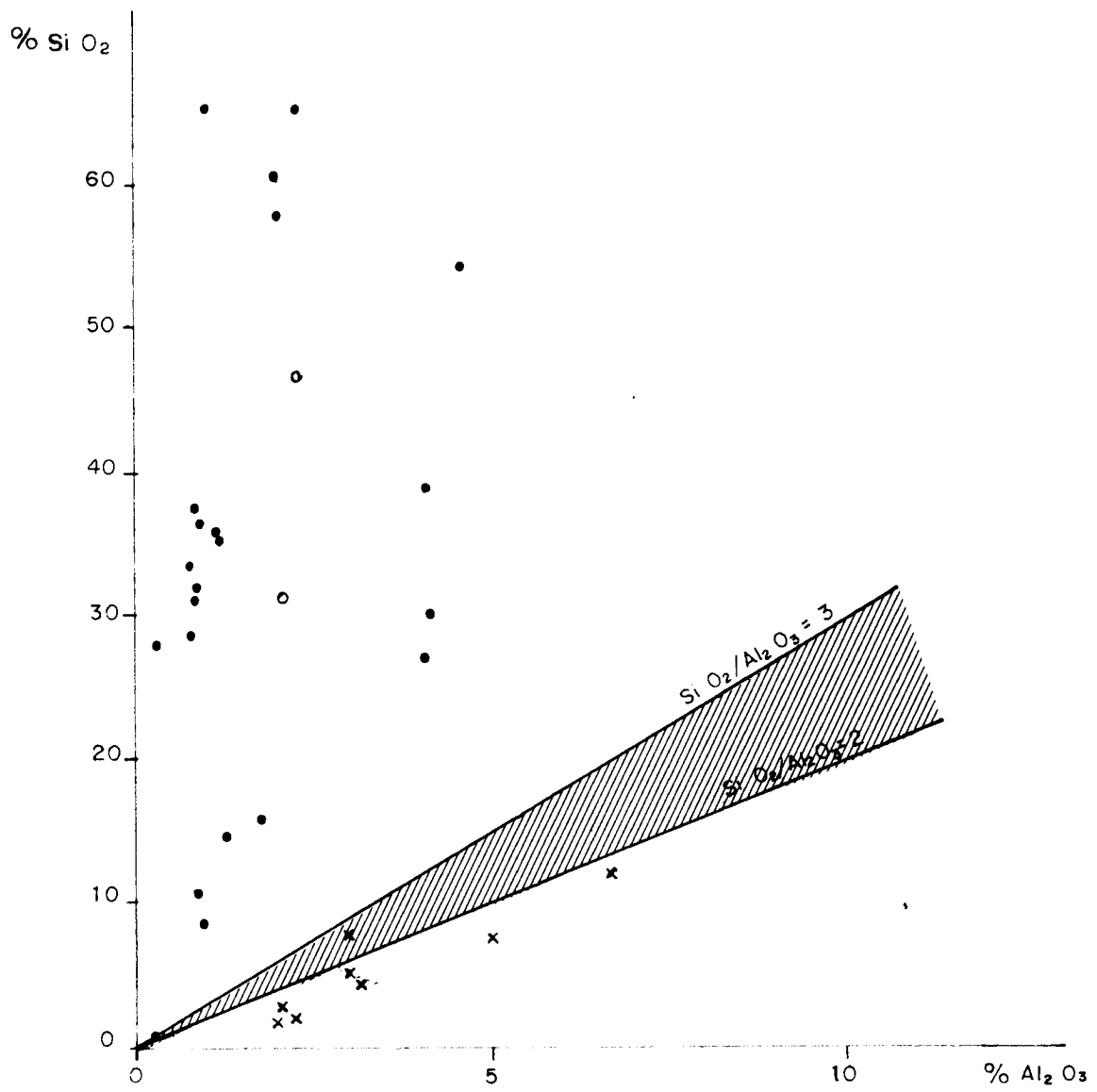



 Basicidad satisfactoria en el horno alto

- ▲ Olvega (Siderita)
- Borobia (Hematites)
- Borobia (Limonita)
- x Tierra (Hematites)

INDICE DE BASICIDAD

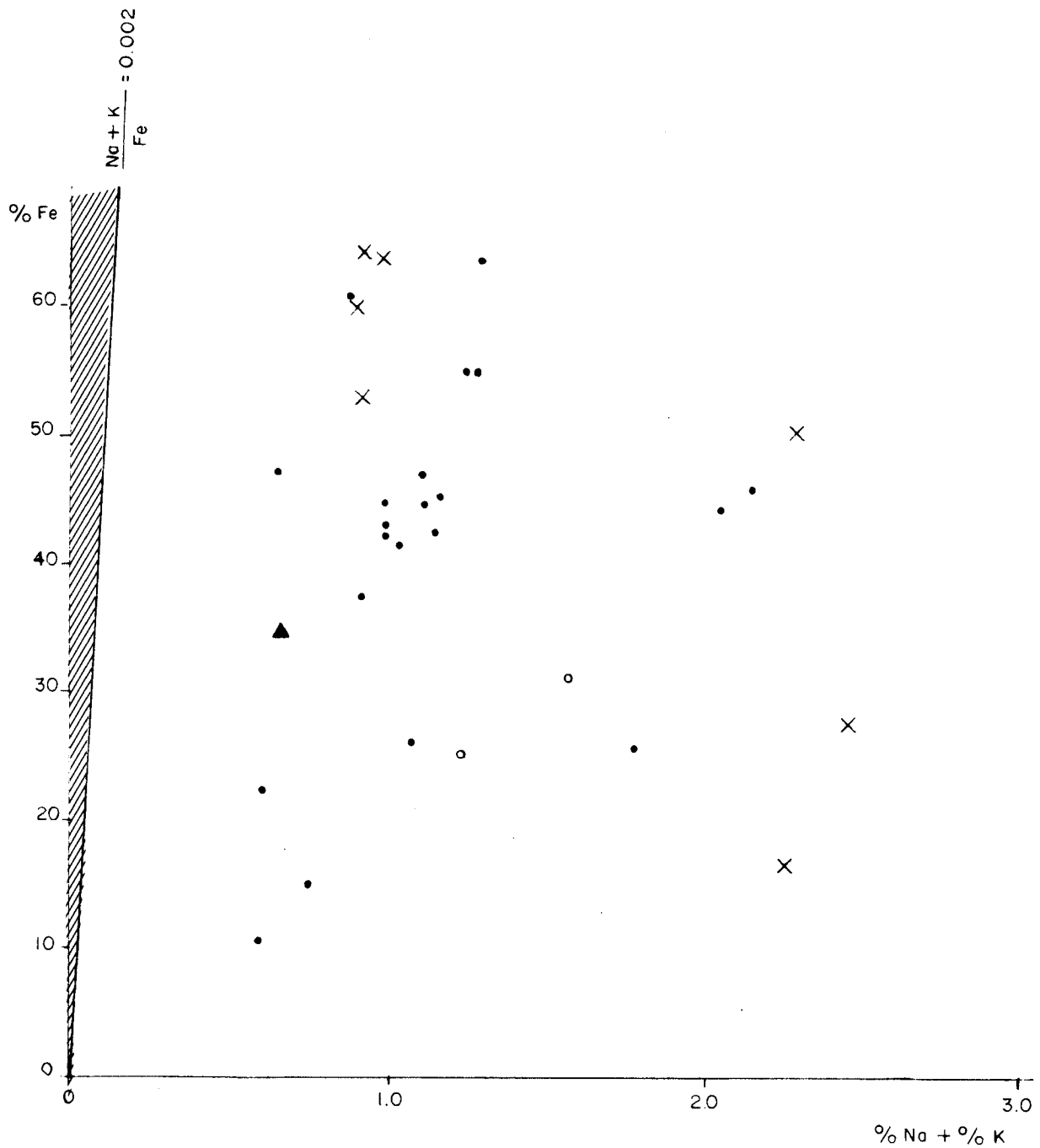
FIG. 4.10




 Relación satisfactoria en el horno alto

RELACION SILICE / ALUMINA

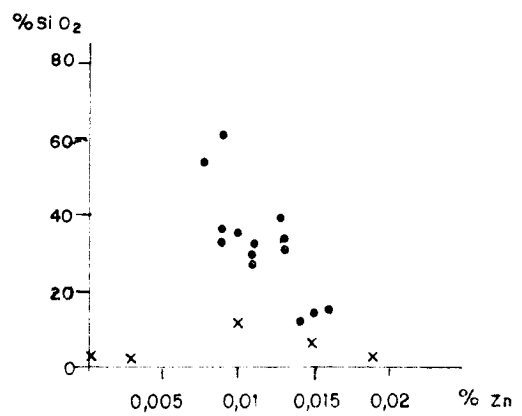
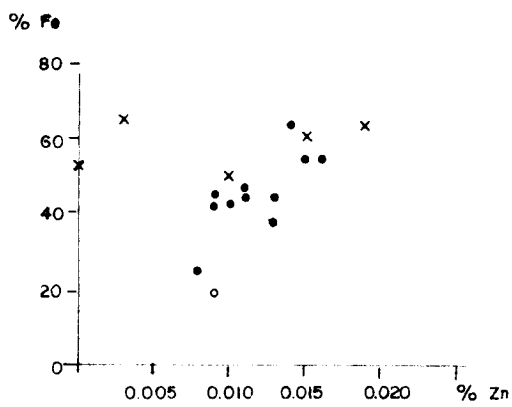
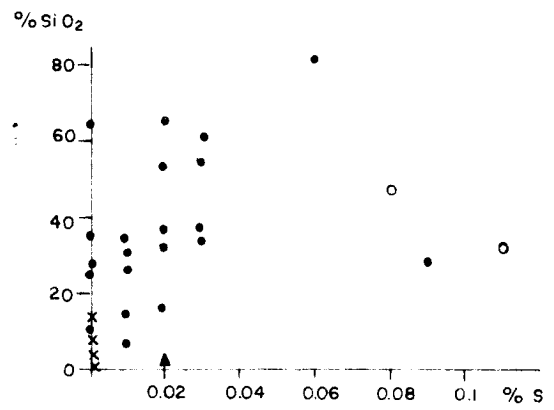
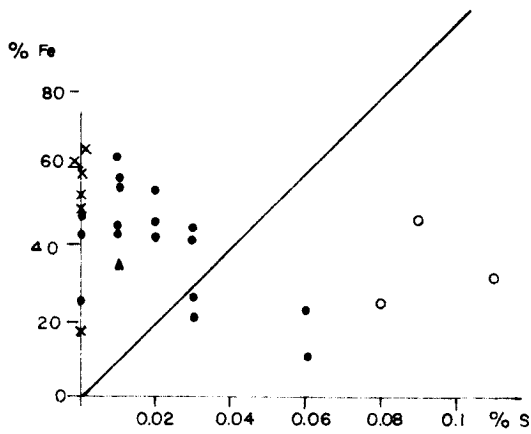
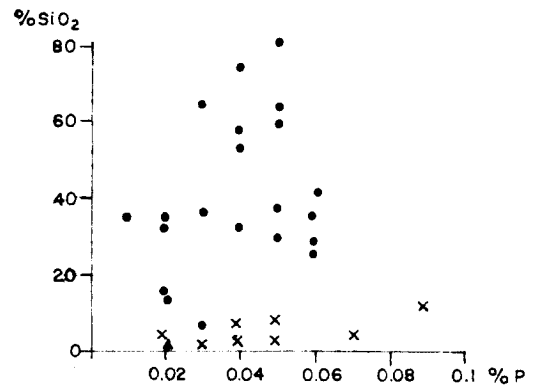
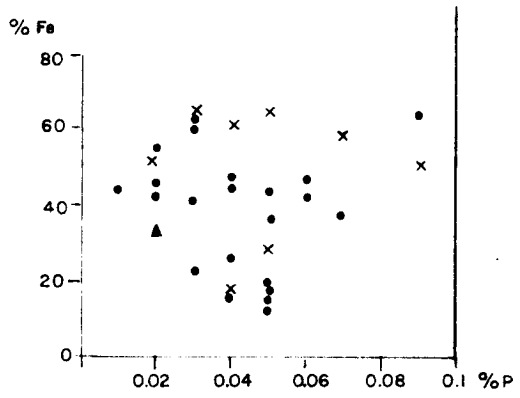
FIG. 4.11




 Relación satisfactoria en el horno alto

SODIO Y POTASIO

FIG. 4.12



ELEMENTOS NOCIVOS

FIG. 4.13

4.3.1.5. Metalotectos.

Las mineralizaciones de Fe arman casi exclusivamente en los niveles más altos de las Capas de Jallón y en las areniscas rojas del Buntsandstein, con la excepción de pequeñas bolsadas en el Cámbrico Superior y de alguna impregnación de la Cuarcita Armoricana; es evidente, pues, el control estratigráfico de las mineralizaciones.

Por otra parte, las mineralizaciones de Fe aparecen estrictamente ligadas a la superficie de erosión pretriásica; todos los yacimientos se encuentran a menos de 100 m. por debajo de la discordancia. Exceptuados, naturalmente los que arman en el Buntsandstein.

En detalle las mineralizaciones están -- controladas por sistemas de fracturas de dirección NNE-SSW y NNW-SSE para las mineralizaciones paleozoicas, y NNE-SSW y E-W para las mineralizaciones triásicas.

4.3.1.6. Génesis de las mineralizaciones de Fe.

Tipo de los yacimientos:

Todos los yacimientos presentes en la reserva están en rocas sedimentarias, sin relación aparente con plutones graníticos, rocas básicas ni rocas volcánicas. Tampoco cabe pensar en alteración ni concentración residual.

Por el contrario las concentraciones explotables de Fe están ligadas a dos niveles sedimentarios que contienen dispersión de Fe singenético: las Capas de - Jalón y el Buntsandstein. No hay evidencia de reemplazamiento de las rocas encajantes. Posiblemente ambas formaciones sean asimilables a gespilitas incipientes.

Etapas de mineralización:

Existen evidencias de que el emplazamiento de las mineralizaciones que arman en el Paleozoico es anterior a las que arman en el Trías, puesto que los conglomerados basales del Buntsandstein contienen cantos rodados de oligisto. Es decir, que por lo menos existen dos etapas de mineralización: una pretriásica y otra triásica o posterior.

Controles de las mineralizaciones:

Como hemos visto en el capítulo anterior, las mineralizaciones de Fe están controladas estratigráficamente y paleontológicamente a gran escala; y estructuralmente a pequeña escala.

Origen que se propone:

Las características de los yacimientos de Fe, anteriormente descritas, sugieren los siguientes procesos de formación:

- 1.- Sedimentación de una formación conteniendo un débil porcentaje en Fe.

↑
TECHO



Arenisca calcarea roja

Hematites roja con algunos romboedros de siderita

Arenisca calcarea roja; algunos cantos arcillosos, cemento de hematites roja

Hematites roja cementando romboedros de siderita

Areniscas calcareas rojas de grano medio; algunas bandas de grano fino; cemento y laminas de hematites rojas; laminación convoluta

Limolitas calcareas rojizas con bandas claras dolomiticas

← Discontormidad

Estilolito

Dolomías claras y rojizas; contactos irregulares; restos de estructuras sedimentarias

HEMATITES SEDIMENTARIA EN CAPAS DE JALON (CAMBRICO INF.) ZONA DE TIERGA. Testigo; Tamaño natural, obtenido en el sondeo n° 23 a los 47 m. de profundidad

FIG. 4.14

2.- Concentración del Fe mediante el movimiento de aguas de baja temperatura.

3.- Eventual oxidación posterior.

Este ciclo se habría repetido por lo menos dos veces: en el Paleozoico y en el Mesozoico.

Yacimientos Paleozoicos:

Una primera etapa, sedimentación ferruginosa, se produce durante el Cámbrico Inferior con las Capas de Jalón.

El ambiente sedimentario es transicional, con sedimentación de facies euxínicas de pizarras verdes -- con pirita diseminada, pasando hacia arriba y quizás lateralmente a facies rojas de tipo tidal-flat según sugieren las estructuras sedimentarias. Bruscamente cesa la sedimentación detrítica ferruginosa produciéndose el depósito de facies calcáreas (Dolomía de Ribota).

No se reconocen facies oolíticas, por lo que podía pensarse en precipitación química; quizá detrítica en parte.

El hierro puede sedimentar en distintas formas según las condiciones locales de PH y Eh, ya sea en forma de pirita, siderita, y hematítes.

Una fugaz etapa de sedimentación ferruginosa se produce tras la deposición de la Cuarcita Armórica, en el Ordovícico Inferior, con la formación de un nivel oolítico ferruginoso de pocos cm. de espesor, que no llega a formar concentraciones de interés económico.

A partir del hierro contenido en las Capas de Jalón en forma diseminada se forman concentraciones explotables por migración y concentración debidas a aguas circulantes de temperatura no necesariamente elevada.

Las concentraciones tienen lugar en trampas estructurales hercinianas, en relación con el nivel freático existente por debajo de la superficie pretriásica de erosión, y con escaso desplazamiento con respecto a la "roca madre". No se llegan a producir sustituciones masivas de rocas adyacentes.

De este modo se explicaría la diversa morfología que presentan los yacimientos, sin necesidad de involucrar distintas hipótesis genéticas.

Yacimientos mesozoicos:

El conglomerado basal del Buntsandstein contiene localmente cantos rodados de oligisto procedentes de los yacimientos paleozoicos, pero sin llegar a formar concentraciones explotables.

El resto de la formación, con unos 400 m. de potencia, contiene óxidos de Fe como matriz intergranular.

Este Fe puede proceder de un continente la_{teritizado} con escaso relieve, arrastrado y sedimentado en régimen fluvial más o menos árido.

Las aguas intersticiales pueden haber removilizado este Fe, precipitándolo en bolsadas de siderita - incluidas en la propia formación. La edad de esta removili_{zación} es difícil de precisar.

La exposición de estas bolsadas durante la erosión terciaria y cuaternaria determina la oxidación superficial de los yacimientos a limonita, que ha sido beneficiada en las zonas de Tabuena y Olmacedo.

4.3.2. Mineralizaciones de Cu.

4.3.2.1. Introducción

Las mineralizaciones de Cu son relativamente frecuentes en la Reserva, pero siempre se presenta en yacimientos de muy escaso volumen.

4.3.2.2. Morfología y volumen de los criaderos.

Los yacimientos son casi siempre de tipo filoniano, con la excepción del de Tabuena, de tipo estratiforme.

El volumen de los criaderos es siempre inferior a las 10.000 Tm.

4.3.2.3. Mineralogía

Los minerales de Cu predominantes son - la calcopirita y la tetraedrita; como ganga se presenta Cuarzo y Siderita.

Calcopirita: $S_2Cu Fe$

Se presenta en pequeñas masas asociadas a cuarzo, llegando en algunos casos a formar verdaderos - filoncillos en los afloramientos del Cámbrico Superior de la Sierra de Algairén ; al SE de Tabuena y en la zona de Valdenaza.

Se encuentra asociada a casi todas las mineralizaciones de sulfuros y de hierro, pero siempre en pequeñas cantidades.

Tetraedrita y cobres grises: $S_6(Sb,As,Bi)_2(Cu_2Ag_2Fe,Zn,Hg)_3$

Localizada en dos indicios: en Valdeplata, asociada a Blenda-Pirita-Galena, y en Alpartir, con - siderita como ganga habiendo sido beneficiada en la anti- güedad.

Azurita $[(CO_3)_2(OH)_2] Cu_3$ y Malaquita $[CO_3(OH)_2] Cu_2$

Se presentan como delgadas películas en la zona de oxidación de los criaderos de Cu, principalmente en los filones del Cámbrico Superior.

Por otra parte también se encuentran en los niveles con materia orgánica del Buntsandstein, como -- producto de oxidación de sulfuros preexistentes.

Gangas:

Son frecuentes asociados a las minerali-- zaciones de Cu, el cuarzo bien cristalizado, de color blan-- co a transparente; y la siderita cristalizada de color par-- do claro a pardo oscuro.

4.3.2.4. Leyes y calidad del mineral

No se han efectuado análisis del mine-- ral por no constituir concentraciones económicas.

4.3.2.5. Metalotectos

Las mineralizaciones de Cu arman prefe-- rentemente en el Cámbrico Superior y Ordovícico, especial-- mente en las facies cuarcíticas y/o arenosas.

Por otra parte se encuentra en un nivel carbonoso perteneciente al Buntsandstein, y en un filón que arma en la citada formación.

4.3.2.6. Génesis de las mineralizaciones de Cu.

Aunque no existe evidencia directa de -- la edad de la mineralización, puede suponerse que los ya-- cimientos de Cu. han sido emplazados por soluciones de ba

ja temperatura acompañando posiblemente a las removiliza-
ciones de Fe en ambas etapas mineralizadoras, a partir de
bajos contenidos en Cu de los sedimentos.

4.3.3. Mineralizaciones de Pb-Zn

4.3.3.1. Introducción

Existen en la Reserva tres yacimientos -
de Pb-Zn: Valdeplata, Loma Charra y Puerto del Madero. Los
tres, aunque de pequeño volumen, han sido explotados anti-
guamente.

4.3.3.2. Morfología y volumen de los criaderos.

La morfología es de tipo filoniano en --
Valdeplata y fisural en Loma Charra y Madero.

El volumen de los criaderos están entre
1.000 y 100.000 Tm.

4.3.3.3. Mineralogía

La Galena y la Blenda son minerales prin-
cipales, siendo secundarios la cerusita y anglesita. Como
ganga, es frecuente la siderita.

En Valdeplata se presentan asociadas con
Galena y Blenda, la tetraedrita y la pirita.

Galena: S_2Pb .

Se presenta en filoncillos de hasta 2 -
cm. asociada con blenda y localmente con tetraedrita; a -

veces rellena brechas de cuarzo o arenisca (Valdeplata).

En Puerto del Madero parece asociada a calcopirita, ambas muy oxidadas en superficie.

En Loma Charra la galena ha sido -- reemplazada por cerusita y anglesita, de carácter supergénico.

Blenda: S_2Zn .

Se encuentra en la mina de Valdeplata asociada a galena. Se presenta en filoncillos de hasta 2 cm. de espesor, o como relleno de brechas. Bien cristalizada, de color oscuro acaramelado.

Cerusita: CO_3Pb

Localizada en Loma Charra, donde ha sido objeto de explotación. Reemplaza a la galena en intersecciones de fracturas. Desaparece en profundidad.

Como gangas, son frecuentes la siderita (zona de Valdeplata), y la dolomita.

4.3.3.4. Leyes y calidad del mineral

Los análisis llevados a cabo en la mina de Valdeplata (cuadro 4.4) han dado un contenido en Pb entre el 2 y el 9 % y de Zn hasta el 0,4%; con una ley en Ag de hasta 94 g/Tm.

4.3.3.5. Metalotectos

Las mineralizaciones de Pb-Zn arman en el Buntsandstein (caso de Valdeplata), y en las calizas

CUADRO 4.4.MINERALIZACION DE VALDEPLATA.Pb-Zn- LEYES

<u>SONDEO</u>	<u>MUESTRA</u>	<u>%Pb.</u>	<u>%Zn.</u>	<u>%Cu.</u>	<u>Ag.g/Tm</u>
CA-1	63,5 a 65,5	6,89	0,15	0,008	26
CA-6	40,5 a 42,0	1,84	1,62	0,005	4
CA-7	121,1 a 122,1	3,08	3,26	0,004	94
CA-7	123,5 a 125	9,72	8,88	0,012	8
CA-8	86,15 a 87,15	0,01	0,07	0,42	22

arrecifales del Oxfordiense (Loma Charra y Madero).

En la zona de Noviercas, los suelos de las dolomias triásicas dan elevados contenidos en Pb y Zn, sin que existan concentraciones explotables.

4.3.3.6. Génesis de las mineralizaciones de Pb-Zn.

Fluidos hidrotermales de moderada temperatura parecen haber emplazado la mineralización de Valdeplata en una zona de fracturación.

Las mineralizaciones de las calizas oxfordienses pueden deberse a removilizaciones de Pb y Zn -- preexistentes en forma diseminada en la citada formación, con entrampamiento en zonas de fracturación.

4.3.4. Síntesis

4.3.4.1. Distribución de las mineralizaciones en la secuencia estratigráfica.

Las mineralizaciones presentes en la Reserva no se distribuyen al azar en la secuencia estratigráfica, sino que están controladas por distintos niveles, según el esquema siguiente:

<u>Niveles</u>	<u>Mineralizaciones</u>
Oxfordiense	Plomo - Zinc

<u>Niveles</u>	<u>Mineralizaciones</u>
Buntsandstein	Plomo-Zinc Cobre Hierro Barita
Cuarcita Armoricana	Cobre Hierro
Serie Ibérica	Cobre Barita Hierro
Capas de Jalón/ Dolomia de Ribota	Cobre Barita Hierro

Vemos que la totalidad de las mineralizaciones de hierro, cobre y barita arman en niveles prehercianos (Cámbrico Inferior y Superior; Ordovícico Inferior) y en el Buntsandstein; y que las mineralizaciones de Pb-Zn arman en el Buntsandstein y el Oxfordiense únicamente, por lo que puede hablarse de una clara zonación estratigráfica.

Además de esta zonación, las mineralizaciones están controladas paleogeológica y estructuralmente (- cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. CONTROLES DE LAS MINERALIZACIONES

<u>Mineralizaciones</u>	<u>Estratigráfico</u>	<u>Estructural</u>	<u>Otros</u>
Ferríferas	Ribota-Jalón	NNE-SSW; NNW-SSE	Control paleogeológico
	Buntsandstein	NNE-SSW; E-W	
Cupríferas	Cámbrico-Ordovic.	NW-SE ; E-W	
	Buntsandstein		
Plomo-Zinc	Buntsandstein	E-W	Control paleogeológico
	Kimmeridgiense	N-S ; NW-SE	
Bario	Cámbrico-Ordovic.	NW-SE; NE-SW	
	Buntsandstein	E-W; NNE-SSW	

4.3.4.2. Sedimentación y metalogénesis

La sedimentación parece haber jugado un papel fundamental en la formación de los yacimientos de la zona:

•
- En el Cámbrico Inferior (Capas de Jalón) y en el Buntsandstein se produce sedimentación de minerales de hierro, (limonita, siderita y cantidades incipientes de hematites.). - En el Oxfordiense y quizás durante el Muschelkalk puede apuntarse la posibilidad de una sedimentación de pequeñas cantidades de Pb y Zn.

La sedimentación sería, pues, la fuente primera de los yacimientos.

4.3.4.3. Cambios postsedimentarios

Con posterioridad a la sedimentación, la circulación de aguas subterráneas más o menos termales sería la responsable del emplazamiento de las concentraciones explotables.

Como se ha visto más arriba (4.3.1.6.) se ha identificado una etapa de removilización ligada a la superficie de erosión pretriásica, responsable de la formación de las mineralizaciones de Fe; y una segunda etapa que emplazaría los yacimientos de Fe del Bunt, sin que se pueda determinar la edad de ésta.

Finalmente una etapa tardía de removili-
zación ha emplazado las mineralizaciones de Pb-Zn en las calizas del Oxfordiense, presumiblemente durante el Terciario.

4.3.4.4. Previsión de nuevas mineralizaciones.

De acuerdo con la teoría genética --
apuntada anteriormente, es posible encontrar las siguientes mineralizaciones:

- Hierro: Yacimientos de hasta 5 M.Tm
en los afloramientos del Cámbrico Inferior.

• - Cobre: Yacimientos pequeños en la -
Serie Ibérica y en la Cuarcita Armoricana.

- Plomo y Zinc: Pequeños yacimientos
en las calizas oxfordienses, cerca de la superficie preterciaria de erosión; algún filón aislado en el Buntsandstein.

PARTE V - INVESTIGACION

5.1. INTRODUCCION

Se describen en este capítulo las diversas investigaciones realizadas en cada zona de interés.

En general la marcha seguida en cada caso ha sido la siguiente:

- 1.- Geología de detalle con cartografía minera 1:10.000
- 2.- Geoquímica y/o Geofísica
- 3.- Sondeos

Este esquema ha sido convenientemente modificado de acuerdo con las necesidades de cada caso, como muestra la fig. 2.1. Las zonas estudiadas se representan - en el mapa 5.1.

Se han investigado sistemáticamente los indicios más importantes que aparecen en la reserva, con - la excepción de los hierros de Tabuena y el Pb-Zn de Loma Charra que ha sido objeto de investigación anteriormente - por parte del IGME.

En el Anexo I se presenta el inventario de indicios; en el Anexo IV los ensayos previos de Geofísica.

Los datos de Geoquímica y sondeos pueden consultarse en los Anexos III y II respectivamente; los análisis químicos y fotografías en los Anexos V y VI.

5.2. ZONA DE OLVEGA - BOROBIA Y NOVIERCAS.

5.2.1. Introduccion

El área comprendida entre Olvega y Borobia se consideró en principio como interesante por comprender - dos minas que en el pasado habian explotado oligisto.

Por otra parte, las calizas triásicas de - Noviercas dieron elevados contenidos en Pb y Zn.

Para la investigación de estos indicios se realizó una campaña de geología de detalle a escala 1:10.000 y se investigó el sinclinal de Borobia con prospección gravimétrica. Se realizaron sondeos para conocer la continui-- dad de las mineralizaciones de Olvega y Borobia.

Las calizas de Noviercas fueron investiga- das mediante la campaña de geoquímica táctica y realización de un sondeo.

5.2.2. Geología

En la zona estudiada están representados - terrenos del Cámbrico inferior y medio; el Triásico y el Ju rásico inferior y medio.

Los materiales paleozoicos están plegados formando el anticlinal de Toranzo y el sinclinal de Borobia; encima se coloca en discordancia el Mesozoico. Veanse los -

planos 5.3., 5.4. y 5.5.

5.2.2.1. Estratigrafía

En las rocas sedimentarias de la región de Olvega-Borobia pueden distinguirse los siguientes términos de abajo arriba:

5.2.2.1.1. Cámbrico

Cámbrico Inferior:

- a) Cuarcita de Bámbola CA₁₁
- b) Capas de Embid CA₁₂
- c) Capas abigarradas del Jalón CA₁₃
- d) Dolomía de Ribota CA₁₄
- e) Pizarras de Huérmeda CA₁₅
- f) Cuarcita de Daroca CA₁₆

a) Cuarcita de Bámbola.-

La cuarcita de Bámbola así llamada por aflorar típicamente en los alrededores del río del mismo -- nombre, inmediatamente al norte de Calatayud y debajo de -- las capas de Embid, presenta una potencia de 300 m. aproximadamente.

Este tramo está constituido por bancos de 0,03 a 1,5 metros de espesor, bien estratificados; es de color blanco, pero localmente tiene tonos rojizos o violetas por contener agregados de óxidos de hierro. En menor proporción incluye pizarras cuarcíticas de tonos verdosos interestratificadas.

Esta formación se extiende únicamente en la zona central investigada, constituyendo el núcleo del gran anticlinal de la Sierra Toranzo, en donde constituye el basamento de la región, sin llegar a aflorar los niveles conglomeráticos descritos por LOTZE en otros sectores de la Cordillera Ibérica.

b) Capas de Embid.

En contacto normal y en paso gradual se sitúa una formación cada vez menos cuarcítica, formada por una alternancia de pizarras de tonos verdosos y ocreos entre los que se intercalan grauwacas y cuarcitas, llegando a alcanzar una potencia de 140 metros en el flanco septentrional del anticlinal de Toranzo.

El contacto por tanto entre la cuarcita de Bámbola y las capas de Embid es arbitrario; nosotros lo hemos situado en el techo de los niveles más potentes de cuarcitas. Esta formación como la anterior no es fosilífera y por su posición estratigráfica regional, pertenece a la parte más baja del Cámbrico inferior.

c) Capas de Jalón.

Están formadas por pizarras de color gris azulado ó violeta. Como LOTZE indica, lo más característico de esta formación son las intercalaciones de bancos de dolomía hacia el techo de la misma.

Estos niveles carbonatados están presentes en el flanco nor-occidental del anticlinal de Toranzo, en las proximidades de la Mina Petra, al Este de Olvega y en el extremo sur de la Sierra de Tablado en el flanco oriental del sinclinal de Borobia.

d) Dolomía de Ribota.

Las capas abigarradas del Jalón pasan hacia arriba a unas margas con bancos de calizas y de dolomía y - más arriba sigue una serie completa de dolomía en bancos - de un metro para terminar con una serie de margas alternando con dolomías que según Schmitd-Tome contiene restos de trilobites; toda esta formación recibe el nombre de dolomía de Ribota.

La dolomía tiene color gris oscuro cuando se presenta inalterada, pero al meteorizarse toma un color ocre hasta marrón oscuro. Siendo muy característico, que les hace reconocibles a distancia. Regionalmente se considera como un nivel guía.

En las inmediaciones de la mina de Borobia la dolomía pasa a una limonita arcillosa ocre, posiblemente por sustitución metasomática.

El mayor afloramiento en extensión y potencia se encuentra el flanco oriental del sinclinal de Borobia en la Sierra de Tablado, al Este de la Mina Gandalias en donde presenta una potencia máxima de unos 40-50 m. Otro

pequeño afloramiento de esta formación puede observarse al Oeste de la Mina Petra III, de Olvega, en donde se presenta entre las capas de Jalón a muro y los conglomerados basales del Bunt que descansa en discordancia sobre todo el Cámbrico inferior. En conjunto toda esta formación constituye la parte media del Cámbrico inferior..

e) Pizarras de Huérmeda.

Sobre la dolomía de Ribota se encuentra una serie de pizarras arcillosas de color gris verdoso de unos 80 metros de espesor entre los que se intercalan bancos carbonatados. Se le denominan pizarras de Huérmeda, por haber sido descritos por primera vez en las proximidades de dicho pueblo.

El paso desde la dolomía es gradual, siendo por tanto el límite entre ambas arbitrario, el cual lo hemos situado hacia el final de los paquetes más gruesos de dolomía.

En esta zona las pizarras de Huérmeda afloran únicamente en el sinclinal de Borobia, estando poco representada en el flanco occidental, mientras que en el otro flanco hay una banda de ellas que corre paralela a todo el borde meridional de la Sierra de Tablado.

Estas pizarras se distinguen de otras unidades del Cámbrico inferior por la presencia de restos de Trilobites y que en algunos sitios aparecen en grupos.

Los fragmentos son pequeños y en la Mina Gandalias han sido encontradas las siguientes especies:

Lusatiops ribotanus RUD y E. RICHTER

Relapsis, Sp.

que según SDZUY caracterizan la parte inferior de las pizarras de Huérmeda.

f) Cuarcitas de Daroca.

Hacia el techo de las pizarras de Huérmeda, y en transición bastante rápida aparecen areniscas de grano fino claras y cuarcitas, conocidas con el nombre de Daroca. En general se distinguen inequívocamente de otros sedimentos ricos en Cuarzo del Cámbrico inferior por sus tonos pálidos y su granulometría fina.

Su potencia es variable, así mientras en el flanco oriental del sinclinal de Borobia llegan a alcanzar 80 metros, hacia el Oeste esta formación se adelgaza rápidamente, como ocurre con casi todas las series finales del Cámbrico inferior, observándose en la Mina de Borobia, estos niveles mucho menos potentes, en donde nosotros hemos reconocido algunos moldes asimilables a Volborthella y a braquiópodos inclasificables y que Quarch había observado al SE de la corta de la Mina Gandalias, ahora cubierto por los escombros de la Mina.

Este afloramiento se encuentra al N. de la cantera de la Mina en ambas paredes. La potencia real, cor

tada en este flanco del sinclinal de Borobia por los sondeos es del orden de los 30-40 m. como máximo.

Cámbrico Medio:

Está formado de abajo a arriba por las tres -
formaciones siguientes:

- a) Pizarras inferiores CA₂₁
- b) Calizas nodulosas (Griotte) CA₂₂
- c) Pizarras y margas superiores CA₂₃

a) Pizarras inferiores.

En contacto normal y en transición bastante -
rápida aflora el tramo final del Cámbrico medio, únicamente en el sinclinal de Borobia, constituido por una formación pizarrosa poco carbonatada, de colores grises ó verdes grisáceos que varían hasta pardos, característica por el tipo de erosión alveolar especial. En su parte inferior ésta es monótona y homogénea, mientras que los niveles superiores son de color azul negruzco. Localmente existen algunas intercalaciones cuarcíticas ó mejor dicho arenosas. En toda la formación no se han encontrado fósiles y su potencia está comprendida entre 50 y 60 metros, aflorando en ambos flancos del sinclinal de Borobia.

b) Calizas nodulosas.

En tránsito normal desde las pizarras inferiores hacia los niveles superiores del Cámbrico medio existe -

un nivel muy característico y que utilizamos como nivel guía. Se trata de un nivel carbonatado de color rojizo de tono violeta que alterna con margas rojizas. Los bancos carbonatados son compactos alternando con los margosos.

El aspecto exterior es típico por su carácter alveolar, como consecuencia de la disolución de los nódulos más calcáreos dentro de la masa rocosa.

Su potencia más corriente está comprendida entre 40 y 50 metros y en el sector de la Mina de Borobia, se presenta completamente descompuesta debido a las impregnaciones de limonita que contiene, procedentes de la mineralización de oligisto lixiviada por las aguas meteóricas y que precipita principalmente en los tramos carbonatados contiguos.

Aflora extensamente en el flanco oriental -- del sinclinal de Borobia y a menos escala en el flanco occidental al Sur de la Mina de Gandalias entre ésta y el pueblo de Borobia.

c) Pizarras y margas superiores.

Culmina el Cámbrico medio con una formación que esencialmente está constituida por una serie de pizarras arcillosas margosas de color verde oliva que en superficie -- normalmente se presentan teñidos de tonos marrones ó naranja.

La potencia es del orden de los 50 metros y está caracterizado por la abundante presencia de trilobites en los que de forma excepcional abunda la familia Paradoxides.

Esta formación aflora en ambos flancos del - sinclinal de Borobia, y en el túnel de la antigua mina de - interior de la mina Gandalias se han clasificado los siguientes géneros:

<u>Solenopleurosis</u>	Sp.
<u>Paradoilhancia</u>	Sp.
"	<u>hispanica</u>
"	<u>hispidia</u>
"	<u>granieri</u>
<u>Paradoxides</u>	Sp.
"	<u>rouvillei</u>
"	cf. <u>rouvillei</u>
"	<u>branchyrhachis</u>
"	<u>pradoanus</u>

Cámbrico Superior:

El Cámbrico superior se extiende por el centro del valle de Borobia y su superficie aumenta considerablemente hacia el Este.

El tramo que aquí aflora alcanza aproximadamente unos 400 metros en el límite oriental de la zona de - investigación. En el resto, es decir de la rama central del

sinclinal de Borobia estas formaciones deben tener una potencia inferior casi siempre a los 100 metros.

El horizonte más bajo del Cámbrico Superior conocido regionalmente como Capas del Jiloca, que pasa transicionalmente desde las pizarras superiores del Cámbrico medio, a una serie de areniscas pizarrosas de color gris claro que alternan con cuarcitas, las cuales son más abundantes hacia el techo.

Encima existe un paquete contituído por turbiditas, muy característico por la presencia de estructuras sedimentarias de corriente y biológicas. Otros autores lo describen como arcillas o pizarras arenosas grauváquicas.

En dirección al techo aumenta la proporción de cuarzo, y entonces están presentes cuarcitas y areniscas cuarcíticas de color claro, alternando con algún banco arcilloso. La potencia total en la zona investigada no sobrepasa los 300 metros, estando su horizonte inferior aflorante en el núcleo del sinclinal de Borobia, mientras que en el extremo SE, del mismo, en las estribaciones meridionales de la Sierra de Tablado el terreno más accesible es el Superior, el cual tiene una potencia mucho mayor, llegando a alcanzar más de 1.000 en dirección SE. fuera de la zona investigada.

5.2.2.1.2. Triásico.

Sobre el Cámbrico y en discordancia angular con él, se sitúa el Trías que consta de los tres tramos

característicos de la facies germánica; aflora principalmente en la mitad meridional de la zona.

Buntsandstein (TG₁₁)

Esta formación yace entre el Cámbrico y las calizas del Muschelkalk. Localmente puede distinguirse hacia su base una serie de tramos conglomeráticos, que varían entre 2 y 30 metros de potencia; lateralmente pueden desaparecer como ocurre en la Sierra de Carrasquera ó adquirir espesores mayores como en la Sierra de Toranzo. Se trata de un conglomerado poligénico rojo, esencialmente constituido por cantos de cuarcitas y areniscas de tamaño comprendido entre 2 y 15 cm. entre los que puede haber algún canto de oligisto de pequeño tamaño.

Hacia el techo se intercalan arcillas, areniscas rojas, y limolitas, llegando a alcanzar toda esta formación una potencia de más de 800 m. en el sector de la Sierra de Carrasquera.

Finalmente la serie termina con un nivel arcilloso con yesos, de unos 10 metros de potencia y de distribución irregular. Así sólo se ha observado en la mitad Sureste de la zona investigada entre los pueblos de Borobia y Pomer.

Muschelkalk (TG₂)

Sobre la formación anterior y en rápida transición existe un nivel carbonatado de facies marina, situado entre dos que no lo son, Bunt y Keuper. Está formado por una serie de calizas dolomíticas de color marrón, bien estratifi cadas y hacia el techo se hacen mucho más masivas.

Su potencia es del orden de los 20 metros extendiéndose a lo largo de la mitad meridional de la zona es-tudiada, quedando oculta en el sector central por los depósi-tos modernos.

Estas calizas dolomíticas tienen la excepcio-nal particularidad, de contener los suelos procedentes de e-llas unos altos contenidos en plomo y zinc (675 y 555 p.p.m. respectivamente), en el sector meridional de Olvega. Después de haber efectuado varios análisis y sondeos en estas cali-zas dolomíticas, los contenidos de dichos metales raramente exceden de las concentraciones normales y ninguna mineraliza-ción se ha encontrado en ellos.

En este caso por tanto la práctica ha demos-trado, que las altas concentraciones existentes de uno ó va-rios elementos, no necesariamente refleja la existencia de un criadero de valor económico. En otras palabras que un alto - contenido metálico en el suelo no puede usarse siempre como guía de la existencia de una mineralización.

Keuper (TG₃)

En transición rápida se situa una formación típicamente continental, constituida por margas y arcillas bigarradas, con la presencia de yesos y rocas volcánicas de textura ofítica muy abundantes en el sector nor-occidental y central, mientras que en el resto están ausentes.

La potencia o espesor es variable dependiendo de la gran plasticidad de estos materiales, pudiendo llegar a reducirse considerablemente e incluso llegar a desaparecer totalmente por efectos de laminación. En algunos sectores únicamente están presentes las rocas ofíticas. La potencia observable nunca es superior a los 20 metros.

5.2.2.1.3. Jurásico

Dentro de la zona investigada aparecen bien representados el Jurásico marino en la mitad meridional, mientras que el Jurásico continental lo hace en el extremo nor-occidental.

Pertenecientes al Jurásico marino existente la siguiente serie:

Hettangiense (J ₁₁)	LIAS
Sinemuriense (J ₁₂₋₁₃)	"
Pliesbachiense (J ₁₃)	"
Toarciense (J ₁₄)	"
Aalenense (J ₂₁)	DOGGER

Bajociense (J ₂₂)	DOGGER
Bathonienne-Calloviense (J ₂₃₋₃₁)	"
Oxfordienne (J ₃₁₋₃₂)	MALM

Hettangiense.-

Esta formación yace entre el Keuper y el Lías calizo. Localmente puede distinguirse de los demás tramos del Lías calizo por la presencia de brechas características en su base, además de contener niveles marmóreos.

Su potencia estratigráfica en el área investigada no sobrepasa los 30 metros, ya que parte de sus tramos calizos más altos se incluyen en el Sinemuriense.

El contacto con la formación inferior presenta en principio una gran discordancia angular pero generalmente está tectonizado debido a la gran plasticidad del infrayacente.

Esta formación aflora en casi toda la mitad meridional, desapareciendo en la zona central debido a estar recubierto por los depósitos cuaternarios procedentes del gran macizo que se eleva al norte de esta corrida, perteneciente a la Sierra de Toranzo.

Sinemuriense.-

Hacia el techo de la formación anterior se van haciendo cada vez más abundantes los tramos calizos. Se tra-

ta de unas biomicritas en bancos muy bien estratificados de una potencia comprendida entre 0,20 y 0,40 m, entre los que se intercalan niveles margosos con sustancia carbonosa y -- granos de pirita.

Las biomicritas contienen secciones de Dentalina Sp; Ostrácodos, restos de Moluscos y restos de Crinoides, que caracteriza típicamente al Sinemuriense. Esta formación aflora en pequeña extensión en el límite occidental, y su espesor es inferior a los 20 metros.

Pliensbachiense.-

El tránsito de la formación caliza al Pliensbachiense se realiza por la intercalación cada vez más frecuente de margas grises, aunque continúan existiendo niveles de biomicritas, ambos con abundante microfauna, entre los que se han encontrado.

Lingulina gr. pupa (Terq)

Lenticulina Sp.

Astacolus Sp.

Nodosaria Sp.

Ataxopharagmida

Ostrácodos

Restos de Moluscos y Crinodeos.

La potencia media para esta formación es de 25 metros en el extremo occidental donde únicamente está presente.

Toarciense.-

El Lías termina con un episodio margoso en el cual se intercalan niveles de micritas. En general todo el tramo es de color amarillento.

Estas micritas han dado la siguiente fauna que corresponde al Toarciense; Glomospine Sp., Microfilamentos, Ostracodos (posiblemente Cyterella).

La potencia de este tramo nunca es superior a los 10 metros.

Aaleniense.-

Como ya señalábamos en el Informe del año 1.973 por comodidad Cartográfica, hemos diferenciado un nivel completamente margoso, que corresponde a la parte media y final del Aaleniense.

Esencialmente está constituida por margas amarillentas muy ricas en Ammonites. Su potencia es del orden de los 10 ó 20 metros y aflora de una forma muy constante, en el extremo occidental de la zona investigada, en las proximidades del pueblo de Noviercas.

Bajociense.-

Encima de este paquete margoso del Aaleniense y en transición rápida se sitúa una formación constituída -

por calizas muy fosilíferas (biomicritas), bien estratificadas, en bancos de 1m. de espesor, pero con planos de estratificación algo ondulados, y con intercalaciones margosas, ambos muy fosilíferos, entre los que se han distinguido secciones de Ammobaculites cf. pontinensis (Terqu.); -- Frondicularia aff Lignary (Terq) Lenticularia Sp, Dentalina Sp; Protoglobirines; Microfilamentos; Radiolarios; Ostrácodos.

Su potencia es del orden de los 50 m. y aparecen en el límite noroccidental del área investigada en las proximidades de Noviercas.

Bathonienne-Callovienne

El Jurásico medio ó Dogger termina con -- una nueva formación calcárea constituida por unas calizas oolíticas de color gris claro en bancos potentes pertenecientes al Bathonienne que ha dado la siguiente fauna; Coronospira cf orbicula (T y B); Trochamira Sp, Ostracodos, microfilamentos y Ammodiscus aff. Ternissimus.

El Callovienne, que se ha cartografiado -- junto al sinclinal situado al Norte de la Mina de Olvega y su espesor es del orden de los 15 metros en este sector.

Por último en el centro del sinclinal, -- aflora una serie fundamentalmente detrítica de origen continental (facies Purbeck) constituida por areniscas de cuarzo y feldespato y con intercalaciones de micritas algo limosas y margas.

5.2.2.2. Tectónica.

Estructura.-

El carácter estructural más acusado que existe en la zona es la rápida interrupción de los sedimentos paleozoicos hacia el norte, de tal forma que desaparecen bruscamente mediante una línea estructural que se extiende al norte de las Sierras de Toranzo y Tablado.

Asimismo otro carácter estructural importante es la disposición zonal que forman las Sierras de Toranzo y Tablado, y quedan rodeadas concéntricamente por materiales mesozoicos hacia el Sur.

Numerosas fallas de pequeño salto y desplazamiento se han producido simultaneamente al proceso de elevación de los macizos paleozoicos. La mayor parte de estas fallas importantes tienen dirección norte-sur, y están rellenas de cuarzo. Alguna de ellas han sido reabiertas de nuevo y se formaron otras fallas, en las cuales se localizan la mayor parte de los criaderos.

Los pliegues se alinean en dirección aproximada N.N.W.-S.S.E., mostrando una gran asimetría en sus flancos. Principalmente existen dos estructuras, contiguas, el anticlinal de Toranzo y el sinclinal de Borobia.

El anticlinal de Toranzo, está formado --

únicamente por materiales pertenecientes al Cámbrico inferior, cuyo eje pasa aproximadamente por la parte más alta de la Sierra, y lo ocupa la cuarcita de Bámbola, mientras que en los flancos lo constituyen las capas de Embid y Jalón, aflorando en pequeña escala las dolomías de Ribota en el flanco occidental de pliegue. El eje lleva una dirección N NO - S SE, queda intersectado bruscamente desapareciendo bajo los sedimentos mesozoicos, mediante una falla inversa de edad alpina muy vertical de dirección N 120° E aproximadamente, cuya componente vertical es del orden de los tres mil metros. Hacia el sur queda cubierto en discordancia angular por el Triás y materiales cuaternarios en el sector central.

En la zona de Estrecho (valle por donde pasa la carretera de Olvega a Noviercas) existe un fuerte repliegue que afecta a las capas de Embid y hace que aparezcan en el fondo del Valle del río Araviana, las capas del Jalón. Por otra parte el flanco nororiental está afectado por una falla de dirección N-S aproximadamente, rellena por material cuarcítico. Hacia el Norte, esta falla tiene un salto por lo menos de 350 metros, mientras que hacia el Sur la falla amortigua su salto siendo prácticamente despreciable al Sur de la Mina de Borobia.

La continuación estructural de este anticlinal es el Sinclinal de Borobia. Se trata de un pliegue de gran envergadura, fuertemente asimétrico, ya que mientras su flanco oriental buza suavemente (20°-30°) el flanco occi

dental se presenta comprimido y verticalizado. En el núcleo aflora el Cámbrico superior, recubierto en parte por materiales modernos.

El eje del sinclinal lleva también una dirección N NO - S SE en la mitad septentrional, incurvándose hacia el Este en el sector Sur, donde queda cubierto por materiales Mesozoicos, mientras que en el extremo Sur-Este, el flanco oriental del sinclinal queda interrumpido mediante una falla normal Este-Oeste, que afecta a todo el Cámbrico, y que sitúa al Cámbrico inferior, medio y superior, en contacto con el Cámbrico superior únicamente, al Sur.

Mecánicamente todo el conjunto de pizarras, cuarcitas y niveles carbonatados, han actuado como un solo paquete estructural competente, en el que se han desarrollado fracturas de dirección aproximada Este-Oeste, durante la elevación de este macizo paleozoico, de pequeño salto, que se observan claramente en el flanco oriental.

5.2.3. Investigación en la mina de Olvega.

5.2.3.1. Mineralizaciones.- Véase apartado 4.2.1.

5.2.3.2. Sondeos.

Los sondeos realizados en las proximidades de la Mina Petra III, tenían como objetivo conocer la posible ex ten sión de la mineralización conocida, en dirección y en profundidad.

Se realizaron un total de 9 sondeos, con una longitud total de 1.223,25 m. Con ellos se exploró una superficie de 700 m. de longitud por 250 de anchura, en una profundidad de hasta 150 m. De ellos 8 fueron inclinados y uno vertical (Plano 5.6).

Aunque dos sondeos intersectaron indicios, es tos fueron en conjunto pobres, consistiendo en incipientes im pregnaciones de oligisto, y no en mineral masivo.

Estas mineralizaciones se cortaron en los son deos 01-4-14 y 01-4-2-, siendo de 0,5 m. y 1,5 m. respectiva mente.

5.2.3.3. Resultados.

La mineralización no tiene continuidad late ral. Por otra parte el mineral es excesivamente alcalino.

5.2.4. ZONA DE BOROBIA

Se investigaron 12 Km² mediante prospección gravimétrica en el sinclinal de Borobia; y se sondearon las -

posibles continuaciones de la mineralización.

5.2.4.1. Mineralizaciones

Véase el apartado 4.2.2.

5.2.4.2. Gravimetría

Introducción.-

Ha consistido en la realización de una investigación gravimétrica de una zona de 12 Km² aproximadamente, situada en el municipio de Borobia (Soria).

Han sido realizados 20 perfiles de 1,2 Km de longitud, con estaciones cada 40 metros.

El número total de estaciones gravimétricas realizadas ha sido de 601.

El trabajo de campo se realizó en las tres primeras semanas del mes de Junio de 1.974 y el gabinete durante el mes de Julio.

Este trabajo completa el anteriormente realizado, informe del año 1.973 que se incluye en el anexo de Geofísica (Capítulo A2-6). En el actual se han incluido los datos de ambos trabajos y se han procesado conjuntamente.

Trabajo de Campo.-

Se han realizado 20 perfiles gravimétricos, con estaciones cada 40 m. El número de estaciones por perfil ha sido el siguiente:

Perfil 7	31
Perfil 8	31
Perfil 9	31
Perfil 10	31
Perfil 11	28
Perfiles 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23..	29
Perfil 2A.....	26
Perfil 10A.....	25
Perfil 14A.....	25
Perfil 18A.....	20

En la unión entre los perfiles 10A y 14A, se colocaron las estaciones A, C, D, E, F y G, con lo que el número de estaciones realizadas ha sido 601. El proceso del trabajo ha sido el siguiente:

Topografía:

El replanteo de campo de los perfiles, se ha realizado, tomando como base el plano a escala 1:10.000

Como en el trabajo de ensayo, se ha tomado como punto de partida la esquina S-W de la ermita de -- Ntra. Sra. de los Santos, cuya cota fué considerada aproxima

damente en 1.150 m. habiéndose referido toda la altimetría a dicha cota.

Las alineaciones y replanteo de los -- perfiles, se han efectuado utilizando un taquímetro Wild T-0. Las distancias entre estaciones (40 metros) se han medido con cinta, estaquillándose y numerándose cada una de las estaciones con números pares y comenzando en el 0 en las cabeceras bases de los perfiles, (ver plano base 5.7).

Se han cerrado 20 mallas (ver plano 5.8) habiéndose realizado la totalidad mediante nivelación taquimétrica.

Medidas de Gravedad:

Para conseguir cerrar los programas con tiempos aproximados de 1,30 horas y perder el mínimo tiempo en los desplazamientos entre programas, se colocaron 4 bases (ver plano base) siendo la base 1 la misma con la que se realizó el trabajo de ensayo.

El número de programas realizado, ha sido de 31 programas, más los correspondientes a la unión de - la red de Bases.

El error medio obtenido en los 31 pro--gramas ha sido de 0,03 mgl.

Se han repetido 68 puntos, lo que supone el -

12% del total del trabajo, con el fin de establecer la precisión del mismo.

A continuación se adjunta la lista de puntos repetidos y los valores de g. obtenidos para cada uno de ellos, así como el error correspondiente.

<u>RELACION DE PUNTOS REPETIDOS</u>			
<u>ESTACION N^o</u>	<u>1^a lectura</u>	<u>2^a lectura</u>	<u>diferencia (0,01 mg).</u>
6 P 7	355552	355551	- 1
10 P 7	355555	355552	- 3
40 P 7	354807	354807	0
44 P 7	354543	354540	- 3
44 P 8	355171	355170	- 1
48 P 8	355047	355046	- 1
10 P 8	355334	355333	- 1
20 P 8	355432	355431	- 1
30 P 8	355620	355620	0
46 P 9	355325	355325	0
6 P 9	355273	355272	- 1
8 P 9	355255	355251	- 4
12 P 9	355144	355143	- 1
22 P 9	355158	355155	- 3
6 P 10	355417	355416	- 1
14 P 10	355470	355468	- 2
24 P 10	355519	355520	1
44 P 10	355569	355568	- 1
50 P 10	355568	355567	- 1

<u>ESTACION Nº</u>	<u>1ª lectura</u>	<u>2ª lectura</u>	<u>diferencia (0,01 mg).</u>
4 P 11	355632	355635	3
10 P 11	355507	355506	- 1
16 P 12	353552	353550	- 2
52 P 12	352182	352180	- 2
46 P 12	352669	352668	- 1
40 P 12	352914	352913	- 1
28 P 13	352940	352933	- 7
50 P 13	351872	351870	- 2
44 P 13	352261	352261	0
48 P 14	351616	351609	- 7
38 P 14	352267	352266	- 1
18 P 14	353205	353196	- 9
4 P 14	353664	353662	- 2
24 P 14	353005	352998	- 7
28 P 15	352749	352749	0
18 P 15	353172	353171	- 1
42 P 16	352829	352829	0
46 P 16	351531	351531	0
6 P 16	353296	353298	2
4 P 17	353328	353327	- 1
46 P 17	351427	351426	- 1
50 P 17	351125	351125	0
0 P 18	353488	353492	4
6 P 18	353352	353351	- 1
40 P 18	352126	352121	- 1

<u>ESTACION Nº</u>	<u>1ª lectura</u>	<u>2ª lectura</u>	<u>diferencia (0,01 mg.)</u>
50 P 18	351361	351363	2
36 P 19	352441	352443	2
42 P 19	352095	352096	1
50 P 19	351392	351390	- 2
30 P 20	352555	352555	0
38 P 20	352296	352293	- 3
44 P 20	351974	351974	0
52 P 21	351344	351345	1
48 P 21	351699	351699	0
8 P 21	353442	353441	- 1
52 P 22	351452	351453	1
46 P 22	352024	352025	1
34 P 22	352612	352612	0
2 P 22	353361	353362	1
8 P 22	353252	353250	- 2
50 P 23	352005	352004	- 1
44 P 23	352244	352246	2
38 P 23	352505	352506	1
36 P 18-A	354262	354261	- 1
30 P 18-A	354164	354163	- 1
22 P 18-A	353996	353996	0
14 P 18-A	353883	353883	0
44 P 14-A	354363	354363	0
32 P 14-A	354426	354425	- 1

Trabajo de Gabinete.-

Topografía:

El trabajo topográfico de gabinete, queda reflejado en el esquema de cierres de la red topográfica donde puede apreciarse el error cometido en cada una de las mallas. El error total cometido ha sido de + 26 cm., siendo - el error tolerado $10\sqrt{K} = 10\sqrt{33} = 57$ cm.

La compensación de errores ha sido realizada por el método de rotación conjunta. Las compensaciones introducidas se indican en el plano 1.

Se han dibujado los perfiles topográficos a escala 1:2.000, con el fin de efectuar con mayor precisión la corrección topográfica de los anillos B y C por el método de Hammer.

Para las correcciones de los anillos D, E y F, se ha utilizado el plano 1:10.000 facilitado por el -- cliente, interpolándose curvas de 5 en 5 m.

La corrección de los anillos C, H e I, se ha realizado sobre el plano 1:50.000 correspondiente al Mapa - Topográfico Nacional.

Las correcciones topográficas obtenidas varían de 0,18 mg a 3,11 mg.

En el plano base, a escala 1:10.000 se han situado los perfiles realizados, así como los que se realizaron en el trabajo anterior.

Gravimetría:

Para el cálculo de la gravedad observada, se han considerado que el valor de la base 1 es igual a 3553,79 mg., valor absoluto, coincidente con el considerado para el trabajo anterior.

El esquema de cierre de las mallas correspondientes a las cuatro bases, su compensación, y el valor absoluto de cada una de ellas, puede verse en la figura 3.

Los datos de la anomalía de Bouguer han sido calculados para una densidad 2,5 la misma adoptada en el -- trabajo anterior. De acuerdo con esta densidad se han calculado las correcciones combinada y topográfica.

Se ha confeccionado un plano de la anomalía de Bouguer a escala 1:5.000, donde se han representado los valores correspondientes al trabajo anterior y los del presente trabajo. Se han trazado las curvas correspondientes con intervalos de 0,1 mgl. (plano 5.9).

La regional y residual se han obtenido, calculando una función de tercer grado para el ajuste de la regional, la ayuda de un ordenador I.B.M. 1130. Ambos mapas se han confeccionado con el "plotter".

Los resultados obtenidos pueden observarse en los planos 5.10 y 5.11.

También se trazó nuevamente el plano de la anomalía de Bouguer, utilizando el "plotter" (plano 5.12)

Interpretación:

Con el fin de definir mejor las zonas anómalas se intentó hacer un mapa regional del área ajustándola a una superficie de tercer grado. El resultado ha sido prácticamente nulo ya que al obtener la residual desaparecieron prácticamente todas las curvas, como puede verse en los planos regional y residual.

En vista de esto se realizó también con el "plotter" el mapa de Anomalía de Bouguer observándose -- que difiere del dibujado a mano.

Esta diferencia es debida a que al trazar las curvas a mano se tiene en cuenta las direcciones estructurales vistas en superficie por la geología, no así ordenador que realizó un trazado puramente matemático.

Por estas razones y en este caso concreto la interpretación la haremos partiendo del plano de Anomalía de Bouguer trazado a mano.

Zona Oeste.-

Esta zona ha sido ampliada en cuatro perfiles por el sur más otro, el nº 7, entre los ya existentes 1 y 2. El trazado de las curvas en la zona ya medida anteriormente ha sido modificada ligeramente al disponer de un mayor número de datos sin que aparezcan modificaciones dignas de ser notadas.

Sobre los perfiles 7 y 8 estaciones 24 y 26, aparece un máximo que es prolongación del máximo que se iniciaba ya en el perfil 1 estaciones 72 y 74, aunque de intensidad inferior a 0,5 mgls valor reducido para, en principio, poder justificarlo por una masa de mineral. No se observa ninguna otra zona anómala, digna de ser destacada, en esta parte Sur.

Zona Este.-

En esta parte aparece en el extremo S.E. perfiles 22 y 23 la anomalía más clara y de mayor intensidad y amplitud. Su origen podría atribuirse a una subida de materiales más densos, probablemente originados por una falla de dirección NE-SW que pasaría por la estación 0 del perfil 21 y la 24-26 del perfil 22, con una dirección paralela a la falla de superficie que aparece desplazado unos 250 m. hacia el Este.

Además aparecen otras anomalías de tipo más puntual, estaciones 10 del perfil 18 y 38 del perfil 15, que podrían ser originadas por pequeñas masas de mineral ó bien por acumulaciones de cuarzo. El correspondiente al per

fil 15 parece tener algo más de importancia por la prolongación hacia el perfil 16. El otro pequeño máximo existente - entre los perfiles 12 y 13 estaciones 42 a 34-36 tiene un - valor tan bajo, 0,1 mlg, que no parece tenga importancia como para en principio tenerlo en cuenta.

Conclusiones.-

Como resumen de todo lo expuesto parece ser que las únicas zonas de interés son la situada al S.E., extremo sur de los perfiles 22 y 23 y la zona del perfil 15 - estación 38.

5.2.4.3. Sondeos

En los alrededores de la Mina Gandalia, se realizó una campaña de sondeos con objeto de estudiar la posible continuación de la mineralización hacia el N y el S. Los sondeos resultaron en general negativos, excepto los -- efectuados en las estaciones B-6 y B-8 (plano 5.13).

En la estación B-6 se ha encontrado una mineralización desconocida hasta el momento, formada por -- oligisto, cuarzo y pirita, en posición subvertical, a 80 m. de profundidad; con 50 m. de profundidad, 10 de espesor y -- unos 200 de longitud horizontal.

Con objeto de investigar las dos distintas anomalías gravimétricas se indicaron 5 sondeos con resultado completamente negativo.

Otros indicios se investigaron a 1Km al N. de Borobia, con resultado negativo (sondeos B-14, 15, 16 y 17) dando indicios de Hg, Cu y Fe (limonita) en pequeña -- cantidad.

5.2.4.4. Resultados

El tonelaje indicado entre las estacio-- nes B-6 y B-8 debe de ser del orden de las 500.000 Tm.

Un desmuestre sistemático a lo largo del testigo intersectado en la estación B-6 ha dado los siguientes resultados: 37,56% de Fe y 26,20 de Si O₂ para una lon-

tud de 43 m. Por otra parte el mineral es excesivamente alto en álcalis. En los Anexos se muestran los datos de los sondeos y los resultados de los análisis.

5.2.5. ZONA DE NOVIERCAS

En esta área los suelos de las calizas y dolomías presentaban un contenido en Pb y Zn relativamente elevado (del orden de los 600 ppm).

Por ello se programó una campaña de geoquímica táctica, obteniéndose tres anomalías. La de mayor intensidad fué investigada mediante un sondeo, con resultado negativo.

5.2.5.1. Geoquímica.

Se han desmuestreado los suelos que recubren las calizas-dolomías del Muschelkalk, y han sido analizados para Pb y Zn. Se han recogido un total de 285 muestras de suelos en intervalos de 50 m. a lo largo de perfiles separados entre sí por 100 m, en un área de unos 4 Km. de longitud y 200 m. de anchura.

Los límites superiores de las fluctuaciones del fondo, calculados estadísticamente, son de 170 ppm para el Pb y de 192 ppm para el Zn.

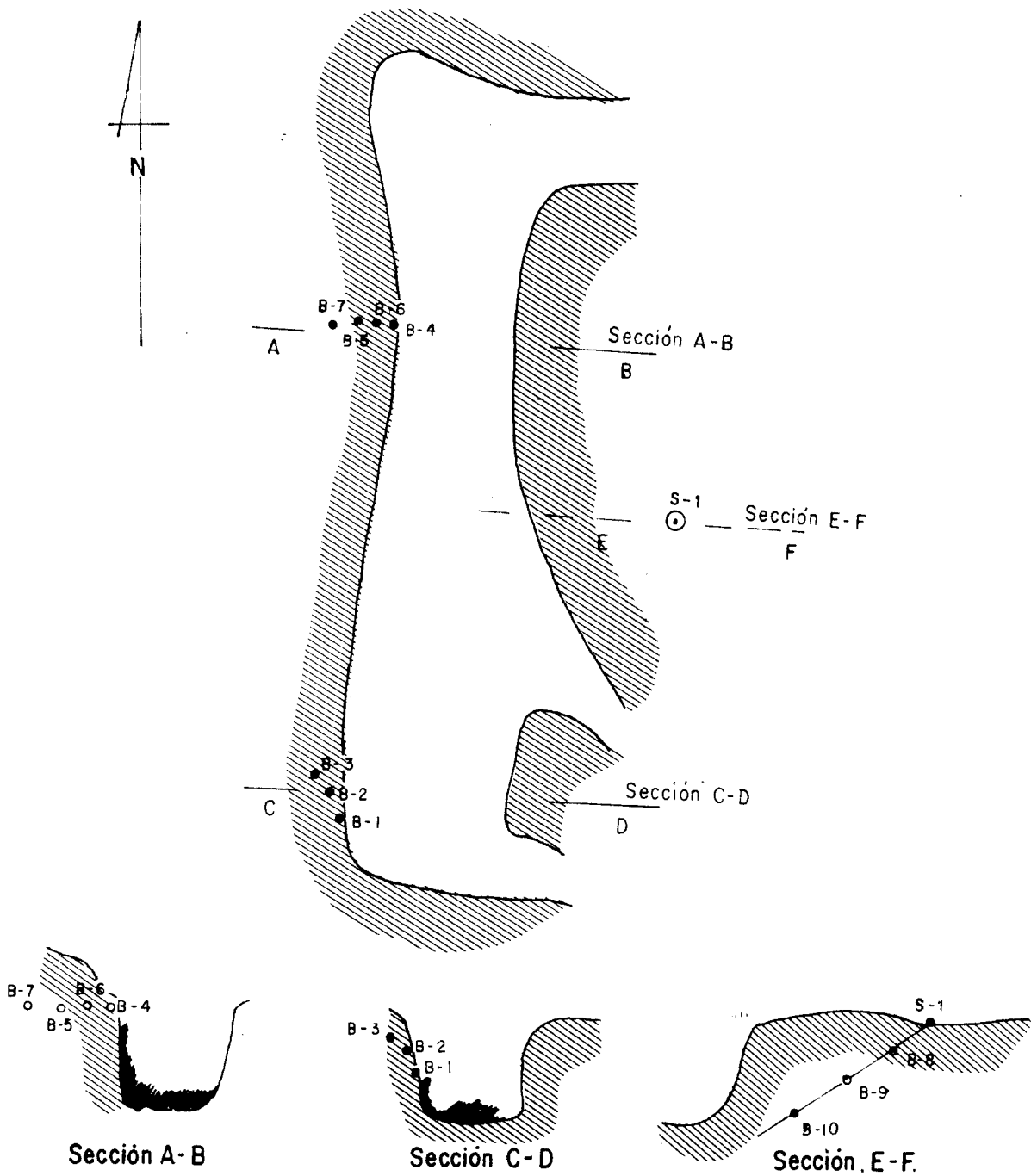
Se han individualizado tres anomalías (planos 5.14 y 5.15).

5.2.5.2. Sondeos

Se realizó un sondeo en la anomalía I, con un total de 64,4 m, atravesando completamente las calizas-dolomías del Muschelkalk, con resultado negativo.

5.2.5.3. Resultados

Las anomalías de Pb y Zn encontradas en -- las muestras de suelos no están relacionadas con mineralizaciones, sino a las calizas y dolomías del Muschelkalk, presentan un fondo elevado con respecto a las restantes formaciones.



La muestra B-11, estaría situada en el sondeo B-13



CROQUIS SITUACION MUESTRAS RAYOS X

MINA GANDALIA - BOROBIA (SORIA)

FIG. 5.1

5.3. ZONA DE TIERGA.

5.3.1. Introducción.

En el área comprendida entre Aranda del Moncayo y Arándiga se encuentra la región minera de Tierga, en la que se ha explotado y se sigue explotando actualmente oligisto.

Para el estudio de esta zona se ha realizado una cartografía minera a escala 1:10.000. Dado que el hierro suele presentarse asociado con Cu, se programó una campaña de geoquímica táctica con objeto de delimitar anomalías en Cu. que pudieran estar asociados a mineralizaciones de hierro.

Finalmente se emprendió una campaña de sondeos de reconocimiento, con un total de 4.232,55 m. que ha permitido seguir la continuidad de la mineralización en profundidad, a la vez que ha intersectado niveles no conocidos hasta el momento.

5.3.2. Geología.

En la zona estudiada están representados el Cámbrico Inferior y Medio, el Ordovícico y Silúrico, el Triásico y parte del Lías.

Los terrenos paleozoicos se presentan plegados y fracturados, mientras que el Mesozoico está concordante sobre ellos, estando las dolomías carstificadas por debajo de la superficie de erosión pretriásica, en las proximidades de la Mina Santa Rosa. Veanse los planos 5.16 y 5.17.

5.3.2.1. Estratigrafía.

En la zona investigada, aflora principalmente el Paleozoico, el cual queda recubierto en discordancia por los sedimentos mesozoicos, y abarca desde las pizarras de Paracuellos (Precámbrico) hasta el Silúrico. La -- existencia de una falla impide la observación de casi todo el Cámbrico Superior, excepto un pequeño afloramiento situado en el extremo SE del área investigada perteneciente al -- tramo terminal.

De esta forma en la columna estratigráfica existe una laguna de unos 1.500 a 2.000 metros, de acuerdo con los espesores tomados de los diversos autores que -- han trabajado en aquel sector de la Cordillera Ibérica.

El zócalo de las cadenas Celtibéricas lo constituye una serie de pizarras que LOTZE, llamó "Pizarras de Paracuellos" y que en el área investigada aflora de forma discontinua, al quedar afectado por una gran falla de -- edad alpina, que lo sitúa en contacto con los sedimentos -- del Bunt, al Sur de una línea aproximada que pasa entre los pueblos de Jarque y Purroy.

En general se trata de pizarras de color gris azulado que hacia el techo se van transformando en -- cuarcitas de color verde oliváceo hasta gris claro. Este -- tránsito se realiza por intercalación de niveles cuarcíti--cos, que localmente muestran un débil metamorfismo epizonal

que produce una textura filítica, a causa de una discordancia por cizallamiento del Cámbrico inferior que se ha desplazado sobre estas pizarras, descrito anteriormente por LOTZE en este sector de la Ibérica.

Cámbrico.-

De abajo a arriba está constituido por una formación detrítica en la base denominada Cuarcita de Bám-bola (CA₁₁). Esencialmente está compuesto por una arenisca cuarcítica en bancos gruesos, bien estratificadas y a veces con estratificación cruzada y cuarcitas. Es de color blanco aunque localmente se presenta teñida de rojo por -- contener agregados de óxido de hierro.

Esta cuarcita ocupa un área muy extensa dentro de la región explorada, aflorando fundamentalmente en el núcleo de un anticlinal de gran envergadura en la Sierra de la Pizarra, situada inmediatamente al NE de Brea de Aragón, quedando cortada hacia el norte por una falla transversal.

En la parte superior de las cuarcitas de Bám-bola se van intercalando pizarras cada vez más abundantemente de color gris claro hasta pardo oliváceo, que se denominan las capas de Embid (CA₁₂). Con frecuencia muestran un color marrón intenso por la erosión, que las hace destacar notablemente a distancia de las grauvacas que son de color verde claro. Hacia el techo se intercalan niveles más cuarcíticos.

Se extienden ampliamente en la zona investi
gada, ocupando dos flancos del anticlinal del Alto de la Pi
zarra y Valdeolivo al este de Brea de Aragón e Illueca res
pectivamente, quedando limitado este bloque hacia el sur --
por contacto mecánico con el Bunt. No aflora en la zona sep
tentrional por estar levantado este bloque respecto al res-
to del Cámbrico inferior, al que cabalga mediante una falla
inversa muy vertical.

Por encima de este tramo intermedio y en ge
neral cuarcítico que es el más potente, se empiezan a inter
calar niveles arcillosos de color verde ó azul oscuro típi-
cos sólo de este sector, que se denomina las capas abigarra
das del Jalón.

En estas pizarras margosas se intercalan ni
veles delgados carbonatados en transición a la serie estra
tigráfica superior, que se denominan dolomías de Ribota.

Estos bancos al principio son delgados, del
orden de algunos centímetros y son generalmente de color ma
rrón, que destacan claramente sobre las pizarras arcillosas
generalmente azuladas hacia el techo. La potencia de este -
tramo es muy variable pero lo normal es que esté compre
ndida entre 60 y 80 metros. Esta transición de niveles carbona
tados se hace cada vez más abundante hasta llegar a consti-
tuir varios bancos de calizas dolomíticas ó dolomías de co-
lor gris oscuro que al meteorizarse se tiñen superficialmen
te de un tinte marrón, se conocen con el nombre de Dolomía

de Ribota (CA₁₄) y llega a alcanzar hasta 20 metros de espesor.

Entre los bancos de varios metros de espesor, y hacia el techo, se van intercalando cada vez con más frecuencia pizarras de color gris ó gris verdoso, que constituyen el tránsito a las pizarras de Huérmeda (CA₁₅) - tal y como fueron denominados por LOTZE.

• Existen dos afloramientos representativos que afloran en la mitad septentrional entre la Mina Santa Rosa y el pueblo de Mesones de Isuela. En el afloramiento más oriental presenta todo su espesor, siendo de 20 metros por lo menos. En el sector de la Mina Santa Rosa el afloramiento no llega hasta las cuarcitas de Daroca, que yacen encima, por lo que se pueden hacer indicaciones de su potencia.

En conjunto las pizarras forman una serie monótona de color gris sucio. De acuerdo con LOTZE (1929) la característica principal de este tramo es la abundante presencia de biotita. Por lo demás, las pizarras se distinguen de otras series estratigráficas del Cámbrico inferior, por la presencia de trilobites que en algunos sectores aparecen en grupos si bien en general se trata de fragmentos pequeños e inclasificables.

Encima y en transición bastante rápida, hacia el techo de las pizarras empiezan a aparecer areniscas de grano fino claras y cuarcitas. Se distinguen de otros se

dimentos del Cámbrico Inferior, por sus tonos claros. A todo este tramo se le denomina Cuarcita de Daroca (CA₁₆).

Aflora al Sur del Río Isuela, lo mismo -- que la formación anterior en el macizo septentrional en -- las proximidades de Mesones de Isuela. No se han encontrado fósiles y su potencia es del orden de los 20 metros.

Con esta formación termina el Cámbrico -- Inferior, y empieza el Acadiense o Cámbrico Medio con una serie de pizarras inferiores (CA₂₁). Se trata de unas pizarras arcillosas margosas de color oliváceo, que afloran extensamente en la mitad septentrional, en el margen derecho del Río Isuela en las proximidades de Mesones de Isuela, -- con un espesor de unos 200 metros. Esta formación juntamente con las calizas nodulosas (griotte CA₂₂) y pizarras superiores (CA₂₃) se le conoce con el nombre de las capas de Murero.

La Griotte, es un nivel carbonatado con -- una erosión típica, de forma alveolar. El color es rojizo -- y su potencia en este sector es del orden de 10 a 20 metros aflorando con la anterior en el margen derecho del Río Isuela.

Se han encontrado fósiles no clasifica--bles. El Cámbrico medio termina con una formación constituída por margas y pizarras verdosas muy ricas en fósiles. Su potencia no aflora en toda su totalidad al quedar cubierto hacia el norte, en discordancia angular por el Bunt al Oeste de Mesones de Isuela.

El Cámbrico superior (CA₃) no aparece prácticamente en la zona investigada, excepto en un pequeño afloramiento situado en el extremo meridional, donde está presente el tramo superior, constituido predominantemente por pizarras con un espesor de 200 metros. En general tiene un color pardo oliváceo y en la mayor parte de la serie existen abundantes intercalaciones cuarcíticas de pequeño espesor. Hacia el techo, estas pizarras se hacen cada vez más ricas en cuarcitas, pero el paso a la Cuarcita Armoricana constituye un cambio muy repentino y definitivo.

La Cuarcita Armoricana está constituida por una serie de cuarcitas en bancos, de color blanco muy llamativo, que localmente presentan Scolithus. Este tramo ya había sido descrito por LOTZE en otros afloramientos de la Cordillera Ibérica.

Aquí ésta serie tiene unos 50 metros, compuesta exclusivamente por cuarcitas. Este afloramiento, desde el borde meridional, en donde aparece debido a una falla se extiende hacia el norte para quedar cubierto rápidamente por derrubios cuaternarios, en las proximidades de Arándiga.

A techo de la cuarcita armoricana se sitúan unas pizarras ligeramente detríticas de color gris sucio y verde oliva, que se presenta en un solo afloramiento en el sector más meridional del área investigada, que las consideramos pertenecientes al Ordovícico.

•

En continuación hacia el techo y en tránsito del Ordovícico al Silúrico existen unas pizarras arcillosas blandas que BARTSCH clasifica como pizarras tipo graptolítico, en los que no se han encontrado fósiles al mismo -- tiempo que se encuentran completamente tectonizados, siendo difíciles de reconocer, las cuales afloran de forma incompleta por quedar limitadas por una falla en el extremo SE.

Por último la serie termina con una formación compleja, contituída por pizarras, cuarcitas y niveles carbonatados de forma lenticular e irregularmente distribuída en la parte media de esta formación, cuya potencia es -- desconocida por estar cubierta parcialmente hacia el techo por los materiales cuaternarios fluviales.

Mesozoico.

Discordante sobre el Cámbrico y Silúrico, -- se presenta el Bunt (TG₁₁), que ocupa una orla alrededor -- del macizo Varíscico. Este consta de un conglomerado hacia su base, cuya potencia nunca es superior a los 10 metros, -- compuesta de cantos y matriz silícea.

Sobre este tramo aparece una potente serie de areniscas y pizarras de color rojo violeta. Frecuentemen -- te son muy micáceas y se descomponen con facilidad en hojas delgadas. Esta formación supera los 500 metros dentro del -- área investigada en la mitad occidental.

Culminando esta serie se encuentra una for-
mación margosa arcillosa de colores abigarrados de tonos ver-
des, amarillos ó rojizos, muy parecidos a la facies del Keu-
per, presentando incluso yesos y cuarzos idiomorfos típicos
de las facies salinas. Este tramo lo consideramos como Bunt
superior (TG₁₃), extendiéndose sobre la mitad meridional del
área investigada.

Sobre esta roca de facies arcillosa, se si-
túa una formación carbonatada que corresponde al Muschelkalk
(TG₂). Las calizas dolomíticas de color gris acero bien es--
tratificadas y sin fósiles se presentan a manera de isleos,
siendo su potencia inferior a los 50 metros.

Por último el Triás termina con un nivel -
constituído por arcillas, yesos y margas de colores abigarra-
dos de tonos rojizos y verdes atribuibles al Keuper (TG₋₃) -
que sirve de eslabón entre el Triásico y el Liásico.

Dentro de la zona investigada, el Mesozoi-
co termina con una formación carbonatada perteneciente al --
Liás inferior que aflora en pequeña extensión y potencia en
el extremo Noreste.

El Liás inferior (J₁₁) está contituído por
una brecha sinsedimentaria calcárea que llega a alcanzar --
unos 50 metros. Sobre ella y en contacto normal se sitúa un
paquete -extremadamente calizo (J₁₂₋₁₃), constituído por ca-
lizas- bien estratificadas de unos 60 metros de espesor.

Cuaternario.

Las formaciones cuaternarias se reducen a pequeños retazos de aluviones actuales correspondientes a los cursos de los ríos Isuela, Aranda y Jalón.

5.3.2.2. Tectónica.

Desde el punto de vista estructural la zona investigada está constituida por dos bloques levantados, el más meridional perteneciente al Precámbrico y el situado al norte el Paleozoico inferior.

Las zonas definidas que bordean a este macizo variscico están ocupadas por sedimentos mesozoicos pertenecientes al Bunt y más modernos.

Estos dos bloques fallados, limitan una fosa tectónica de forma triangular que va desde Jarque a Illueca hasta confluír en los alrededores de Purroy. Los dos bloques, Precámbrico y Paleozoico se encuentran levantados y con vergencia hacia el NE, respecto a la fosa de Brea de Aragón, comprimida entre estos dos bloques Hercínicos.

El bloque meridional forma parte de un amplio y sencillo monoclinal con suave buzamiento hacia el Sur.

En el bloque septentrional se distinguen dos grandes estructuras, una anticlinal y otra sinclinal. El

pliegue anticlinal lleva una dirección aproximada Norte-Sur que viene marcado por la cresta de la Sierra situada al Este de Brea de Aragón. La dirección del eje sinclinal es -- aproximadamente también N-S, cuyo pliegue queda parcialmente cubierto por los sedimentos mesozoicos que se extienden en clara discordancia angular sobre los materiales paleozoicos.

En este bloque, el sector situado más - hacia el Sur se encuentra fallado inversamente de tal forma que cabalga a la mitad norte mediante esta falla transver-- sal de dirección aproximada E-W.

En el extremo Noroccidental de este macizo se desarrolla un sistema de fracturas de buzamiento -- muy vertical con desplazamientos que varían desde pocos has ta algunas centenas de metros, que cortan principalmente a las pizarras de Jalón y dolomías de Ribota, llevando una di rección comprendida entre NE-SW y N,NE-S,SW.

También existen varias fallas de dirección más corriente E-W, que se consideran como posteriores a todos los del sector.

5.3.3. Investigación

5.3.3.1. Mineralizaciones

Véase el apartado 4.2.3. y el plano 5.18.

5.3.3.2. Geoquímica.

Las observaciones de campo revelaron una - posible relación especial y/o genética Cu-Fe; en consecuencia se realizó una toma sistemática de 297 muestras de suelos, en un área de 2 X 1,5 Km.

El desmuestre se efectuó a lo largo de perfiles separados 200 m. entre sí, equidistando las muestras 50 m, y cubriendo el área de afloramiento de las dolomias - del Cámbrico Inferior.

Las muestras fueron analizadas para Cobre únicamente.

El límite superior de las fluctuaciones de fondo se ha calculado en 70 ppm de Cu.

Se han encontrado diversas anomalías relacionadas con zonas de fracturación y con los indicios superficiales (mapa geoquímico plano 5.19).

5.3.3.3. Sondeos.

Un total de 26 sondeos con 4.232,55 m. se han realizado en las proximidades de la mina Santa Rosa con objeto de encontrar nuevas mineralizaciones en las capas de tránsito entre Ribota y Jalón; así como para conocer la continuación de la mineralización conocida en profundidad. Vea se los planos 5.2.0, 5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3.

5.3.3.4. Resultados

Los sondeos situados al S. de la Mina no han revelado nuevas mineralizaciones (sondeos 1 al 18),- en tanto que los restantes han intersectado la prolongación de la mineralización explotada hacia el N, por debajo de las areniscas del Buntsandstein, y a profundidad - entre 100 y 200 m. (sondeos T-21, 22, 24 y 25). Se trata de varios niveles de oligisto masivo, con un espesor medio de 5 m. y una superficie de 100 x 150 m, lo que indica un tonelaje de unas 350.000. La calidad del mineral - es buena, con un 60% Fe y un 5% de sílice. Para este cálculo hemos considerado la densidad del mineral:

$$G = 5,2$$

5.4. ZONA DE CODOS.

En esta zona existen unos indicios de Fe que fueron explotados antiguamente; así como una mineralización de barita. Para su estudio se realizó una cartografía detallada y una campaña de prospección geoquímica táctica,

5.4.1. Geología

Estratigrafía

Prácticamente en la totalidad de la zona afloran terrenos de edad Cámbrica inferior, existiendo localmente pequeños recubrimientos de edad Cuaternaria. (plano 5.24).

La base de la serie del Cámbrico inferior lo constituyen las Cuarcitas de Bámbola, que afloran al SW de la zona; dicho tramo está compuesto por una arenisca -- cuarcítica, con abundantes cantos de cuarzo, en bancos gruesos, presentando localmente estratificación cruzada. Su espesor es superior a los 100 m.

Las capas de Embid, aflorantes al NE, están constituidos por una alternancia de pizarras arcillosas y cuarcitas de color verde oliváceo. La potencia es de unos 200 m.

Las capas de Jalón, con una potencia de 150 m. se componen de una fina alternancia de pizarras y areniscas finas, de colores violáceos. Presentan abundantes estructuras sedimentarias de corriente. Hacia el techo se intercala algún nivel carbonatado.

Las Dolomías de Ribota se componen de dos tramos carbonatados separados por un tramo de pizarras verdes. Se trata de dolomías bien cristalizadas en bancos de hasta 5 m. de potencia; de color ocre en superficie y gris oscuro en fractura.

Las pizarras de Huérmeda, de color verde-oliváceo, constituyen el techo de la serie cámbrica en la zona.

Los Recubrimientos cuaternarios son poco importantes, reduciéndose a varios conos de deyección en la parte S. de la zona, así como a escasos depósitos tórrenciales en el fondo del Barranco de Valdemodón.

Estructura.

El carácter estructural más acusado de la zona es la falla NW-SE que pone en contacto la Cuarcita de Bámbola en el resto del Cámbrico Inferior. Posiblemente dicha falla tenga un débil componente horizontal, con vergencia hacia el NE.

El labio hundido aparece plegado en sinclinal de rumbo NNW-SSE, cuyo núcleo lo ocupan las pizarras de Huérmeda. Más al NE el Cámbrico inferior buza uniformemente hacia el SW.

El conjunto está afectado por un sistema de fallas NNW-SSE y NNE-SSW.

Los diques de cuarzo que cruzan los materiales cámbricos llevan generalmente la dirección NNW-SSE.

5.4.2. Mineralizaciones

Véase apartado 4.2.4.

5.4.3. Prospección geoquímica.

Se llevó a cabo una campaña de prospección geoquímica con el fin de delimitar anomalías de Cu que pudieran estar relacionadas con mineralizaciones de Fe.

Se tomaron 673 muestras de suelos en un área de 3 x 1 Km.

El desmuestre se realizó en perfiles separados 100 m. entre sí, equidistando las muestras 50 m.

Las muestras fueron analizadas para Cu y Ba. Los límites de las fluctuaciones de fondo son de 33 ppm de Cu y de 5.000 ppm de Ba.

Se ha encontrado una anomalía de Ba relacionada con una fractura, que coincide con los indicios superficiales; las anomalías de Cu son débiles y puntuales. (planos 5.25 y 5.26).

5.4.4. Resultados.

Las mineralizaciones son de pequeño tonelaje y no tienen continuidad.

5.5. ZONA DE ALASNE (CUEVA DEL MONCAYO)

5.5.1. Introducción

La existencia de unos indicios superficiales de hierro (limonita) en materiales liásicos indujo a la realización de varios sondeos para su investigación.

5.5.2. Sondeos

Se efectuaron 12 sondeos (plano 5.27) con un total de 390,85 m. con objeto de investigar la continuación en profundidad de los indicios superficiales, con resultado negativo.

5.5.3. Resultados

Las mineralizaciones limoníticas no continúan en profundidad. A juzgar por los resultados obtenidos, se trata de una superficial impregnación de Fe producida -- por las soluciones superficiales de aguas meteóricas, las -- cuales han depositado en una brecha de pie de monte, altamente permeable, los iones que transportaban en solución.

5.6. ZONA DE ARANDA DEL MONCAYO

En esta zona se ha efectuado un estudio geológico de detalle con objeto de reconocer los indicios, descartándose la realización de posteriores trabajos.

5.6.1. Geología

En la mayor parte de la zona estudiada afloran sedimentos cámbricos, sobre los cuales descansa en discordancia el Triásico Inferior; todo ello cubierto localmente por derrubios y aluviones recientes. (plano 5.28).

Cámbrico:

Los tramos inferiores del Cámbrico están representados por pizarras y cuarcitas de color verde oliváceo. Afloran al Sur de zona.

Por encima de este tramo y en contacto mecánico, existen niveles pizarrosos de color violáceo, descritos en la literatura como capas abigarradas del Jalón; su potencia puede estimarse en 100 m. Hacia el techo se intercalan niveles carbonatados, pasando a dolomías masivas de color gris oscuro en fractura y ocre en superficie (Dolomía de Ribota), cuyo espesor es de unos 50 metros.

Encima de la formación dolomítica se dispone un tramo pizarroso, de color gris oscuro (Pizarras de -- Huérmeda). Dichas pizarras suelen contener biotita, pirita diseminada y restos de Trilobites; su espesor es de 100 m.

Hacia el techo de las pizarras aparecen areniscas de grano fino y colores claros (Cuarcitas de Daroca) Carecen de fósiles y su potencia es de unos 25 metros. Esta formación representa el tramo más alto del Cámbrico inferior o Georgiense.

El Acadiense o Cámbrico medio empieza con una serie de carácter pizarroso (Pizarras inferiores). Se trata de pizarras arcillosas de color verde, que a veces presentan erosión alveolar; la potencia aproximadamente es de 150 m.

Hacia arriba se pasa a unas margas nodulosas carbonatadas con erosión alveolar y color rojizo, con unos 30 m. de potencia. Su aspecto recuerda al de la caliza "griotte".

El Cámbrico medio termina con una formación de margas y pizarras verdes, muy rica en Trilobites, cuya potencia es de 60 metros.

El Cámbrico superior está representado por cuarcitas y pizarras de color verde oliváceo con estructuras de corriente y orgánicas.

Triásico:

Discordante sobre el Cámbrico se presenta el Buntsandstein o Triásico inferior, representado por una serie de areniscas y pizarras de color rojo violeta; contienen abundante mica (moscovita) y se descompone fácilmente en hojas.

Cuaternario:

Recubriendo localmente las formaciones anteriormente descritas, existen dos tipos de sedimentos recientes:

a) Depósitos de piedemonte, procedentes - de la erosión torrencial de la Sierra de la Virgen. Se trata de típicos conos de deyección de cantos gruesos y heterométricos.

b) En depósitos aluviales, encajados en - los anteriores y correspondientes al curso actual del río Aranda.

Estructura:

La estructura de la zona viene dada por - una importante falla E-W ligeramente inversa, de salto progresivamente mayor hacia el Este, que pone en contacto las capas de Embid con las restantes formaciones del Cámbrico, sucesivamente; presenta una notable zona de trituración, y su salto es de unos 600 m. en la parte más oriental de la zona estudiada.

En el bloque hundido, que es el septentrional, se ha desarrollado un sistema de fracturas NNW-SSE, y WNW-ESE, de pequeño salto generalmente.

Una fractura N 80° E parece relacionarse con la mineralización de Fe-Mn.

Existen además varios diques de cuarzo, - con indicios de oligisto y Cu, de direcciones comprendidas entre N-S y NW-SE.

5.6.2. Indicios

Véase apartado 4.2.7.1.

5.6.3. Resultados

Los cuerpos mineralizados no superan los 80 m. de longitud, 2 m. de anchura y 10 m. de profundidad, por lo que las reservas se estiman en menos de 10.000 Tm. conjuntamente.

5.7. ZONA DE OLMACEDO

Se ha realizado en esta zona una cartografía geológica de detalle con reconocimiento de los indicios mineralizados.

5.7.1. Geología

La mayor parte de los terrenos aflorantes corresponden a la facies pseudometamórfica del Bunt--sandstein del Moncayo.

En la Ermita de la Virgen afloran en discordancia por debajo del Bunt, unas cuarcitas arenosas paleozoicas atribuibles al Cámbrico Superior.

Localmente existen recubrimientos quaternarios de origen glacial y de pendiente.

● 5.7.2. Mineralizaciones

Véase apartado 4.2.6.

5.7.3. Resultados

El reconocimiento de los indicios aconsejeó no acometer la investigación en esta zona.

5.8. ZONA DE TOBED-SANTA CRUZ DE GRIO

5.8.1. Introducción

Sobre esta zona, situada en el sector más meridional de la reserva, se ha llevado a cabo una geoquímica de la red de drenaje, en base a los indicios de Cu existentes.

5.8.2. Mineralizaciones

Véase ap. 4.2.8.

5.8.3. Geoquímica

Se tomaron 74 muestras que fueron analizadas para Cu, Pb y Zn utilizando únicamente la fracción inferior a 80 mallas.

Los umbrales de anomalía han resultado ser 50 ppm para Cu, 110 para Pb y 100 para Zn.

5.8.4. Resultados

En el mapa geoquímico (plano 5.30) se observa que los valores anómalos son puntuales, estando erráticamente distribuidos, y en relación con las mineralizaciones de barita; no existe ninguna anomalía interesante en el área.

5.9. ZONA DE ALPARTIR

5.9.1. Introducción

Existiendo en esta zona un filón de cobres grises que fué explotado en la antigüedad, se llevó a cabo una campaña de cartografía minera a 1:10.000 con objeto de localizar nuevos indicios, con resultado negativo.

5.9.2. Estratigrafía

En el área de estudio están representados desde el Cámbrico superior hasta el Silúrico medio. La serie estratigráfica ha sido descrita con detalle por --- BARTSCH.

Cámbrico Superior

La base de la serie la constituyen una alternancia de areniscas cuarcíticas y pizarras arenosas - que corresponden a las denominadas por LOTZE "capas de Ateca", del Cámbrico superior. En dirección hacia el techo aumenta la proporción de cuarcitas en bancos gruesos, que -- llega a alcanzar los 100 m. de espesor (Cuarcitas superiores de Ateca, de Bartsch). Sobre estas cuarcitas yacen unos 200 m. de cuarcitas de grano muy fino con intercalaciones arcillosas; hacia el techo pasan a una cuarcita pura de color claro, en bancos gruesos, que alcanzan 40 m. de potencia; lleva un conglomerado en la parte superior.

Más arriba de este nivel cuarcítico, - existen 200 m. de pizarras de color pardo-oliváceo a gris-

azulado (Pizarras de Santa Cruz, de Bartsch); a veces contienen bilobites y scolithus por lo cual deben quizás ser consideradas del Ordovícico.

Cuarcita Armoricana

Sobre las pizarras de Santa Cruz yacen - unas cuarcitas en bancos gruesos, de color blanco, de unos 15 cm. de potencia; vienen bajo 130 m. de cuarcitas oscuras con intercalaciones pizarrosas; algunas capas contienen bilobites (Cruziana).

Más arriba vuelven las cuarcitas claras en bancos gruesos, idénticas a las anteriormente descritas, con estratificación cruzada; y scolithus en la parte superior; el espesor de este tramo es de 150 m.

Llandeilo-Llandovery

Encima de la Cuarcita Armoricana existe una arenisca cuarcítica ferrífera de 2 m. de espesor; a la que siguen pizarras grises a violetas, que tienen bancos - delgados de carbonatos ferríferos. En el techo de esta formación se han identificado Trilobites del Llandeilo (SDZUY). Más arriba se intercalan bancos de arenisca cuarcítica; sigue la pizarra verde hasta los 170 m. por encima de la cuarcita armoricana; sigue un banco carbonatado de 5 m. con -- briozoos y equinodermos que según Barstch podría corresponder al Ashgillense; más arriba una serie alternante de 60m. de espesor, de pizarras verdes y areniscas cuarcíticas, con conglomerado en el techo. Más arriba se inicia una ortocuarcita clara muy parecida a la Armoricana, de 10 m. de espe-

sor. Hacia la base de la formación se han identificado - Phragmorthis; Skenioides, Illaenus hispanicus, Vern-Barr, del Llanvirnense.

Pizarras de Graptolites

En el techo de la cuarcita Llandoveryen se se inician unas pizarras blandas de color gris azulado parecidas a la pizarra de graptolites (BARTSCH), sin fósiles; solamente afloran los 20 m. inferiores. Encima yace en discordancia el Buntsandstein.

5.9.3. Estructura.

El conjunto de materiales paleozoicos se encuentra buzando al Oeste en general, plegado disarmonicamente según ejes WNW-ESE, y afectado por fallas NW-SE, con una posible componente horizontal al NE. Destaca el anticlinal de Val de los Pozos, cuyo eje está fuertemente inclinado al NW, y el complejo pliegue de la Casca Alta, afectando a la Cuarcita Armoricana. La Cuarcita del Llandeilo se pliega con total independencia de aquella, en numerosos y apretados anticlinales y sinclinales. Véase el plano 5.31. ●

5.9.4. Mineralizaciones

Véase apartado 4.2.9.

5.9.5. Resultados

Una indicación sobre tonelaje y ley es difícil de emitir teniendo en cuenta que el filón no ha -

podido ser observado directamente, y ningún desmuestre se ha realizado sobre el mismo. No obstante aunque la ley en Cu, pueda ser localmente elevada no parece ser muy atractivo su potencial minero para acometer cualquier tipo de investigación razonable a juzgar por los datos de que disponemos por el momento.

5.10. ZONA DE CALCENA (VALDEPLATA)

5.10.1. Introducción

En esta zona han sido explotados dos filones de galena, blenda y cobres grises.

Con objeto de localizar nuevas mineralizaciones se efectuaron sendas campañas de geología de detalle y de geoquímica táctica. Ante el resultado negativo de éstas se intentó mediante sondeos conocer la expresión en profundidad del filón principal.

5.10.2. Estratigrafía

Los materiales pertenecen en su totalidad a la serie triásica de carácter germánico, y a la parte inferior del liásico.

Sobre ellos se encuentran muy localmente pequeños recubrimientos cuaternarios de tipo aluvial o lateral.

Triásico:

El Buntsandstein Inferior

Siempre discordante sobre materiales paleozoicos, se dispone una serie detrítica terrígena continental compuesta por la repetición rítmica del ciclo conglomerado-arenisca-pizarra (fining upwards) de carácter fluvial. Los elementos groseros forman cuerpos lenticulares más o menos extensos, gradedbedding; mientras que are-

niscas y limolitas presentan estratificación cruzada de gran y pequeña escala. Hacia el techo del ciclo aparecen pistas de organismos (burrows); mientras que en la base es frecuente la presencia de cantos blandos (galets-mous).

La mica es onnipresente (Moscovita), en distintos tamaños de grano; en láminas y diseminada.

Los granos son predominantemente de cuarzo; los cantos son de cuarcita, en general bastante rodados.

El color es predominantemente rojo (red beds); también existen areniscas blancas, y lentejones de color verdoso que generalmente contienen restos de vegetales. Es sabido que el color rojo se debe a la presencia de hierro oxidado en los espacios intergranulares; -- mientras que el color verde corresponde a hierro reducido,

La potencia de esta serie se estima en unos 500 metros.

Buntsandstein superior

Se trata de una formación predominantemente arcillosa, de colores abigarrados, sobre todo rojos, en la que se intercalan lechos de yesos, dolomías, areniscas y carniolas.

La presencia de cuarzos idiomorfos atestigua su carácter de facies salinas.

La potencia es de unos 15 metros aunque lo calmente puede reducirse, e incluso faltar por completo, - debido a las laminaciones tectónicas.

Muschelkalk

Este piso está compuesto por calizas dolomíticas de color marrón, bien estratificadas, que se hacen masivas hacia la parte superior.

Su potencia aproximada es de unos 20 metros.

Keuper

Está constituida por arcillas abigarradas con presencia de yesos y carniolas.

El espesor de este tramo es difícil de calcular, debido a su gran plasticidad, pudiendo desaparecer totalmente por efectos de laminación. La potencia máxima - observable no es superior a 20 metros.

Liásico:

Se trata de un conjunto calcareo-dolomítico, formado predominantemente por brechas dolomíticas y -- carniolas. Carece totalmente de fósiles.

Cuaternario

Los recubrimientos cuaternarios que existen en la zona se reducen a los depósitos aluviales del barranco de Valdelaplata, y algunos canchales en las laderas del mismo valle.

En todos los casos se trata de afloramientos muy poco extensos de materiales detríticos (bloques, - gravas y arenas) prácticamente inconsolidados.

5.10.3. Tectónica

El conjunto de materiales triásicos forma un anticlinal de dirección N-S, sumamente laxo, cuyos límites se extienden más allá de la zona cartografiada.

Los niveles superiores del Buntsandstein superior presentan una tectónica cuticular determinada por el carácter extremadamente plástico de la formación citada así como el Keuper, de parecidas características. Por esta razón el liásico puede descansar directamente sobre el Muschelkalk y aún sobre el Buntsandstein superior.

Numerosas fracturas, en general de muy pequeño salto rompen la continuidad de las capas; siendo las direcciones más frecuentes E-W, NE-SW y NW-SE. Véase el plano 5.32.

5.10.4. Mineralizaciones

Véase apartado 4.2.11. (mapa concesiones)

5.10.5. Geoquímica

Se recogieron 1.215 muestras de suelos en un área de 2,5 x 1,5 Km.

El desmuestre se efectuó a lo largo de perfiles separados 100 m. entre si, a intervalos de 25 m.

Las muestras fueron analizadas para Cu, Pb y Zn, resultando los siguientes límites superiores de las fluctuaciones de fondo:

Pb.....	105 ppm.
Cu.....	48 ppm.
Zn.....	96 ppm.

Se han encontrado dos anomalías que -- coinciden con las mineralizaciones conocidas, careciendo de interés el resto del área. (planos 5.33, 5.34 y 5.35).

5.10.6. Sondeos

Con objeto de investigar en profundidad la mineralización se han realizado 12 sondeos con un total - de 1.746,0 m. (plano 5.36), de los cuales cuatro han inter-- sectado el filón (plano 5.37).

5.10.7. Resultados

Asumiendo que las zonas de mineraliza-- ción intersectadas, llevan una dirección aproximada E-W, y - buzan fuertemente al S. (con el propósito de que el espesor intersectado corresponda con la potencia real). Tendríamos - entonces una potencia media de 1,7 m. con una ley media del - 7,5% de Pb y Zn combinados. Ver (A.V.2.3).

Los sondeos han puesto de manifiesto, que la mineralización típicamente filoniana (aunque localmente pueden existir diseminaciones en las rocas encajantes) presenta las siguientes dimensiones: 200 m. de longitud y una extensión en profundidad, hasta 100 m.

Por tanto las reservas indicadas mediante sondeos pueden estimarse alrededor de los 34.000 m³. Considerando, que la densidad para el "todo uno" es $\rho = 3,5$, existirán en la zona investigada unas 100.000 Tm. aproximadamente.

5.11. ZONA DE TABUENCA

5.11.1. Introducción

Existen en la zona de Tabuena antiguas explotaciones de cobre; para su investigación se efectuó una cartografía de detalle; una campaña de geoquímica táctica y posteriormente una campaña de sondeos mecánicos con objeto de intersectar la mineralización en profundidad. Los testigos fueron reconocidos mediante scintilómetro para verificar una posible asociación con U, con resultado negativo.

5.11.2. Estratigrafía

Sobre el zócalo paleozoico de edad Cámbrica, yace en discordancia la serie mesozoica, comprendiendo el Triásico y Liásico inferior.

El Cámbrico Medio está formado por una serie alternante de areniscas cuarcíticas y pizarras. Su potencia no ha sido determinada.

El Buntsandstein, discordante sobre el Cámbrico, es conglomerático y arenoso en la base; hacia arriba pasa a una alternancia de areniscas y limolitas rojas; hacia el techo se intercalan algunos niveles de pizarras verdes con restos de vegetales y carbonatos de cobre, y termina con 40 m. de arcillas claras yesíferas. La potencia total es de 600 m.

El Muschelkalk está compuesto por dolomías bien estratificadas, de color gris azulado, con nódulos de sílex; la potencia es de unos 20 m.

El Keuper no siempre está presente, ya sea por laminación tectónica o por erosión; está formado por arcillas abigarradas, yesos y carniolas con un espesor inferior a los 20 m.

El Liásico está formado predominantemente por brechas dolomíticas y carniolas.

Como recubrimientos, hay que mencionar la presencia de un extenso cono de deyección hacia la parte -SE de la zona estudiada, compuesto por conglomerados arcillosos con un manto de caliche en el techo.

5.11.3. Tectónica

La tectónica de los materiales mesozoicos, es enteramente de fracturación, sin que exista pliegue alguno.

El accidente más importante es la falla al N de la zona, que pone en contacto los tramos superiores - del Triás con el Cámbrico medio. Su dirección es WNW-ESE y parece buzarse al S, por lo que se trata de una falla directa.

En la parte S de la zona estudiada, los niveles inferiores del Buntsandstein se ponen en contacto con

el Lías y el Muschelkalk mediante fallas E-W y WNW-ESE.

Otras direcciones de fracturación son, N-S, NW-SE y SW-NE: Consultar el plano 5.38.

5.11.4. Mineralizaciones

• Véase apartado 4.2.10.

5.11.5. Geoquímica

Se recogieron en total 1.316 muestras de suelos según perfiles separados 200 m. entre sí, con -- equidistancia entre muestras de 50 m.

Las muestras han sido analizadas para Cobre; el umbral de anomalía calculado estadísticamente es de 30 ppm.

Han sido delimitadas dos anomalías re lacionadas con los indicios de Collado Mediano y con fracturas y filoncillos de barita y limonita en la zona de El - Charlid (plano 5.39).

5.11.6. Sondeos

Han sido efectuados cinco sondeos con un total de 868,0 m. intersectándose en Collado Mediano un filón de barita de 0,5 m. con resultado negativo respecto - al Cu.

Los testigos han sido además reconoci dos con scintilómetro con resultado negativo igualmente.

5.11.7. Resultados

No existen mineralizaciones explotables de Cu. ni de U.

5.12. ZONA DE PUERTO DEL MADERO

5.12.1. Introducción

Se investigó una zona con indicios de Pb y Zn (carbonatos). Una primera prospección geoquímica (-estratégica) reveló una anomalía interesante que fué reconocida mediante geoquímica táctica, geofísica (calicatas y --electromagnético) y sondeos.

5.12.2. Geología

5.12.2.1. Estratigrafía

La base de la serie estratigráfica la constituyen unas calizas arenosas con lentejones de areniscas del Malm, a las que se superponen unas calizas arrecifales del Oxfordiense con abundante fauna, que pasan lateralmente a areniscas y conglomerados de cuarzo, llegando a tener unos 40 m. de potencia. Siguen areniscas y conglomerados (30 m.) de cuarzo, a veces poco consolidados; calizas lacustres micríticas, oscuras y con pirita abundante bien cristalizada (20 a 50 m.). Finalmente se superponen areniscas, limolitas y conglomerados rojos con estratificación cruzada y huesos de reptiles, de la facies Weald.

5.12.2.2. Estructura

Los materiales descritos forman ligeros pliegues N-S a NW-SE muy suaves, complicándose la estructura mediante fallas NW-SE a E-W. Véase el plano 5.40.

5.12.3. Mineralizaciones

Véase el apartado 4.2.13.

5.12.4.- GEOFISICA

5.12.4.1.- Introducción

Realizado un estudio geoquímico a escala regional en el área del Moncayo se encontraron, en la Sierra del Madero, indicios de plomo y zinc. Este descubrimiento animó a estudiar con más detalle el área mencionada por lo que entre otros trabajos se decidió realizar un estudio geofísico por los métodos Eléctricos, en su modalidad de Calicatas eléctricas y Electromagnético que, en principio, se consideraron como métodos apropiados para estudiar mineralizaciones de tipo tabular que se esperaba podría existir en dicha zona.

5.12.4.2.- Metodos empleados

a) Calicatas eléctricas:

Se utilizó la modalidad electroprospectiva de calicatas eléctricas. Los fundamentos de este método ya quedan explicados en el apartado correspondiente

b) Electromagnético

Se utilizó para este estudio la modalidad de emisor fijo y receptor móvil, teniendo el emisor a gran distancia pues se ha empleado las emisoras de radio de baja frecuencia.

Al igual que para las calicatas eléctricas los fundamentos generales quedan expuestos en su apartado correspondiente.

5.12.4.3.- Equipos de Medida

a) Calicatas eléctricas

Se empleó un equipo de resistividades voltimétrico de corriente continua, tipo GEOTRON; compuesto por mili voltímetro electrónico y amperímetro muy sensibles, fuente de alimentación por pilas secas, electrodos impolarizables y de hierro, cables, etc.

b) Electromagnético

Para equipo receptor se empleó un SCOPAS SE-80 V.L.F. (muy baja frecuencia) de la casa SCINTREX con poder de recepción entre 15 y 25 KHz.

Como fuente de emisión se empleó la emisora de radio G B R situada en Rugby G B R O1W11 52N22 en Inglaterra y que emite con una frecuencia de 16 KHz y una potencia de 500 Kw.

5.12.4.4.- Trabajo realizado

a) Topografía

El área, que tiene unas dimensiones de 3 x 5 Km.,

(plano 5-45) fué estaquillada previamente con líneas a 200 m. de separación y estacas cada 20 m. sobre la línea, numeradas correlativamente de Sur a Norte desde el número -5 hasta el -150 y los perfiles de Este a Oeste desde el 1 al 26.

En total se estaquillaron $26 \times 3,1 = 80,6$ Km. del perfil que supone la colocación de 4.030 estacas.

La orientación de los perfiles es de N30E, sensiblemente perpendicular al rumbo de las estructuras geológicas. Para su orientación y alineación de las estacas dentro de cada perfil se empleó un teodolito - Brújula Wild T-0. La distancia entre estacas se midió con cuerda.

Para la situación de las estacas y posteriores mediciones se hizo necesario abrir calles en la zona de vegetación que cubría aproximadamente los dos tercios de la superficie a estudiar, lo cual hizo muy laborioso y lento el trabajo de topografía.

Como base del trabajo se dispuso de un mapa escala 1:10.000 obtenido a partir de un vuelo especial donde se han situado las estacas con ayuda de la foto aérea de dicho vuelo.

En él, se han situado solamente las estacas pares dada la escala.

b) Calicatas eléctricas

Las calicatas eléctricas se realizaron con dispositivo Schlumberger bilateral compuesto a dos profundidades de dimensiones A90M20N∞B y A50M20N∞B. Se midieron los 26 perfiles con las dos profundidades. Los puntos comprendidos entre las estaciones 90 a 120 de los perfiles 14 a 24 se midieron con una distancia de 5 m. entre electrodos de potencial a fin de obtener un mayor detalle y reduciendo también la profundidad teórica de investigación quedando con unas dimensiones de A 62,5M 5N∞B y A 32,5M 5N∞B.

Por tanto se realizaron 3350 lecturas dobles con separación entre electrodos de potencial, MN=20 m. y 2200 lecturas dobles con MN=5 m. lo que a un total de 5550 estaciones medidas a dos profundidades.

El electrodo A de corriente se situó sistemáticamente al norte de los electrodos de potencial para todo el trabajo.

Los perfiles se midieron desde la estaca -5 hasta la 146 lo que da un total de 78 Km. de perfil.

c) Electromagnético

Al igual que las calicatas eléctricas se han medido las dos zonas a distinto paso. La primera con lectura cada 10 m. y la segunda con lecturas cada 2,5 m.

Por tanto el número de estaciones leídas es doble que el de calicatas. Con lecturas cada 10 m. se han leído 6700 estaciones y con lecturas cada 2,5 m. 4400 estaciones o sea un total de 11.100 estaciones:

Para poder comparar entre si los perfiles y también realizar un mapa de conjunto se han realizado 234 lecturas para enlazar los perfiles, normalmente a la altura de las estacas 0, 70 y 145, es decir un enlace en los extremos y otro en el centro con lo que han quedado perfectamente relacionados entre si todos los perfiles.

También han sido repetidos como comprobación del orden del 10% de las estaciones, fundamentalmente en las zonas de anomalía, no encontrándose entre ambas lecturas desfases superiores al 2%.

Se han efectuado las medidas de B_h , amplitud horizontal y B_z/B_h , es decir amplitud vertical con relación a B_h .

Para realizar esta lectura se llevaba en cada medida, por medio del control de ganancia, el valor leído de B_h al valor 100 y entonces se leía el valor de B_z con lo que teníamos el valor de la amplitud de la componente vertical en porcentaje del campo horizontal normal.

5.12.4.5.- Resultados obtenidos y Representación Gráfica.

a) Calicatas eléctricas.

Los valores de igual resistividad aparente se reproducen en forma de isolíneas en los planos 5-46 y 5-47 a escala 1:10.000. Dichas isolíneas siguen una pauta "seudológica rítmica" elegida a fin de resaltar las anomalías negativas objeto de la investigación.

La zona de detalle se presenta en dos planos - 5-53 y 5-54 a escala 1:2.000.

En los planos 5-48 al 5-52 se representan en forma de perfiles seriados de resistividad aparente con escala vertical logarítmica de modulo 4,65 cm. y la escala horizontal 1:4.000.

Los perfiles de la zona de detalle, planos 5-55 y 5-56, realizada como hemos dicho con dispositivo diferente, se presentan en escala horizontal 1:1.000 y con la misma escala logarítmica anterior en vertical.

Esta zona ha sido también incluida dentro de los perfiles normales pero hay que tener en cuenta que al haber sido obtenidos los resultados con dispositivo diferente, no son directamente comparables y solamente se han dibujado a título indicativo y en forma esquemática.

b) Electromagnético.

Se han confeccionado dos mapas, n^os. 5.57 y 5.58 a escala 1:10.000, correspondientes a los valores - de B_z/B_h y B_h respectivamente.

Estos mismos valores se representan también, al igual que las calicatas eléctricas, en forma de - perfiles seriados planos 5.59 a 5.63 incluyendo los valores de B_z/B_h y B_h , con escala horizontal 1:4.000 y vertical 1 cm = 10 unidades para los valores de B_h y 1 cm = 4 unidades para los valores de B_z/B_h . Los perfiles se incluyen completos dado que, a diferencia de las calicatas, el valor obtenido en un punto no depende de la densidad de las medidas - al no variar las condiciones de recepción.

A pesar de ello se han representado también la parte de perfil comprendida en la zona de detalle, al igual que en las calicatas eléctricas, planos 5.64 y 5.65 con escala horizontal 1:1.000 y vertical 1 cm = 5 unidades de B_h y 1 cm = 2 unidades de B_z/B_h .

5.12.4.6. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

a) Calicatas Eléctricas

1.- Area total.

El área de detalle lo estudiaremos a continuación por lo cual prescindiremos de ella en este apartado.

Todo el cuadrante NE presenta valores de resistividad relativamente bajos que coinciden con los afloramientos de Wealdense limolítico subhorizontal.

Dentro de esta zona aparece la anomalía nº I bien definida, que cruza los perfiles 1 al 12 aproximadamente por las estaciones 80 a 90 y que parece ser originada -- por el contraste entre las calizas del Kimmeridgiense lacustre con el Wealdense. Parece seguir la curva de nivel 1.300 m., como se aprecia en el mapa, lo que se justificaría al estar ligado al contacto de las dos formaciones.

Por otra parte, dentro de este Wealdense se encuentra mucha pirita diseminada que en caso de concentrarse localmente, puede ser el origen de todas estas anomalías dispersas que se encuentran en la zona.

A la altura de las estaciones 30 a 40, aparece en los perfiles 1 al 3 y 13 al 20 una alineación de mínimos con su valor más bajo en la estación 40 del perfil 20 (anomalía nº II). Estas direcciones pueden ser originadas -- por la falla que cruza el área por esta zona y que se prolonga hasta la estación 20 del perfil 26 donde aparece la anomalía nº III.

Esta anomalía presenta una amplitud mayor que las anteriores y podría ser originada en su parte norte por la falla y su parte sur por los suelos cuaternarios de tipo arcilloso, que tienen un amplio desarrollo en esta parte.

•
Los planos 5.48 a 5.52 presentan en forma de perfiles seriados los valores de resistividad obtenidos y - que hemos incluido en el informe para una mejor ilustración de los datos.

2. Zona de detalle (Planos 5.53 y 5.54),

Dentro de esta zona aparece al norte la anomalía nº IV que se extiende desde el perfil 17, estación 112, al perfil 20, estación 116 con indicaciones de prolongarse hacia el Este. En el plano 5.53 queda bien definida con valores inferiores a 150 ohm.m. a lo largo de los 4 perfiles pero en el plano 5.54 correspondiente a la calicata más profunda se pierde este caracter, quedando bastante difuminado como se aprecia comparando ambos mapas por lo que su interés se hace muy dudoso.

Inmediatamente al sur aparece la anomalía nº V, que presenta los valores de resistividad más bajos de todo el área. Se extiende desde el perfil 16, estación 102 al perfil 20 estación 106. En el perfil 17 coincide con una pequeña mina de galena abandonada.

La continuidad no tiene un carácter tan de finido como la anterior pues se pierde en el perfil 18 y - se hace muy ancha en el perfil 19 pero tiene a su favor la buena coincidencia en los mapas correspondientes a las dos profundidades. Por lo cual parece ser la única zona que -- puede tener interés ya que por sus características pudiera corresponder a direcciones preferenciales de posibles mine ralizaciones de potencias reducidas. Esta alineación coincide bastante bien con la falla que pone en contacto las - calizas arrecifales, con el Wealdense limolítico.

Siguiendo la dirección de esta anomalía apa rece al Oeste, perfiles 23 y 24 otra anomalía, nº VI muy - bien definida por la calicata más superficial, plano 5.53- y bastante acusada en la calicata más profunda. Los valores de resistividad son no obstante más altos que en la anoma- lía V, pero podría tener un origen del mismo tipo con una menor concentración de materiales conductores.

El resto del área presenta valores muy al- tos llegando a superar los 20.000 ohm.m. en los alrededores de la estación 20 del perfil 19. Toda esta zona de alta re sistividad coincide con los afloramientos de las calizas - arenosas.

Al igual que en el caso de la zona general se acompañan dos planos, 5.55 y 5.56 con los valores de las calicatas presentadas en forma de perfiles seriados para - una mayor ilustración de los datos.

b) Electromagnético

El ángulo de inclinación que es un dato normalmente también leído simultáneamente, no dió indicaciones en ningún momento. Ya se observó esta falta al comienzo del trabajo pero al no tener la garantía de la presencia de algún filón de material conductor, quedabamos en la duda de un posible defecto del aparato de recepción.

Para eliminar esta duda nos fuimos a tomar lecturas cruzando la línea eléctrica que pasa por el SE de la zona paralela a la carretera, y que para evitar su influencia habíamos en principio eliminado. De esta forma pudimos comprobar que el clinómetro del aparato funcionaba - perfectamente.

En estas condiciones se decidió medir la amplitud de la componente horizontal B_h y la relación B_z/B_h dejando la medida del ángulo de inclinación para las zonas que dieran anomalía en los componentes B_h y B_z .

Tampoco en las zonas de anomalía se consiguió efectuar la lectura de dicha inclinación.

El plano 5.57 que muestra los valores de B_z/B_h presenta una serie de anomalías, en general todas --- ellas aisladas sin alineaciones que puedan dar una impor---tancia a las mismas.

Las anomalías situadas en el cuadrante - NE, numeradas del 1 al 6, todas ellas dentro del Wealdense limolítico pueden ser originadas por concentraciones locales de la pirita que como ya hemos dicho existe diseminada dentro de esta formación.

La anomalía 7 parece indicarnos una falla que coincide bien con la existente, F_1 , en esta zona, y que debe ser de origen independiente de las anomalías 4 y 5.

La falla F_2 que cruza toda la zona desde la estación 40 del perfil 1 a la estación 20 del perfil 26 puede ser la causa de esta serie de pequeñas anomalías discontinuas que aparecen a lo largo de la zona estructural - por lo que no presentan ningún interés desde el punto de - vista de concentraciones metálicas.

Las anomalías 8 y 9 situadas en una zona geologicamente sin posibilidades podrán ser originadas por variaciones litológicas dentro de las formaciones calizas.

El plano 5.58 muestra los valores correspondientes a la variación en la orientación del campo horizontal B_h .

Observamos que las anomalías que aparecen en este plano tienen una dirección que prácticamente sigue la dirección de los perfiles, cosa de acuerdo con la interpretación ya que en las proximidades de los cuerpos conductivos.

tores, el campo tiende a situarse perpendicular al rumbo de los mismos.

Es de notar que en la zona de anomalías de las calicatas eléctricas, estaciones 103 de los perfiles 17 y 20, no aparece ninguna anomalía, lo que confirma la poca importancia de las posibles mineralizaciones que existen en el área.

La anomalía centrada en la estación 20 del perfil 5 podría ser reflejo de las anomalías 1 y 2 de la componente B_z/B_h .

El resto de la zona presenta unas anomalías tan reducidas que podríamos considerar es una zona totalmente sin variaciones.

CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se deduce que el interés de la zona es muy pequeño ya que las anomalías encontradas no presentan en ningún caso indicaciones que puedan ser atribuidas a posibles direcciones preferenciales de mineralizaciones de potencias significativas.

La ausencia total en las medidas electromagnéticas del ángulo de inclinación parece indicar ya la falta de masas conductoras, dado que según este método electroprospectivo es una medida bastante clara para la detección de masas conductoras de carácter longitudinal. Tam-

bién la falta de anomalía en la componente B_h confirma el -
poco interés de la zona.

En relación a las calicatas parece ser que todo el interés queda centrado en la anomalía nº V, dentro de la zona de detalle, dada su correspondencia en - las dos calicatas realizadas, siendo sus puntos más signifi-
cativos los correspondientes a la estación 103 del perfil -
107 y estación 106 del perfil 20.

En las medidas electromagnéticas, -
estos puntos no presentan fuerte anomalía, aunque queda bien
definida la alineación, que por otra parte coincide bien con
la falla.

Sería interesante reconocer por me-
dio de sondeos mecánicos al menos estos dos puntos a fin de
conocer realmente si existe una masa conductora responsable
o bien es originada por la falla, a lo largo de la cual pue-
den aparecer pequeñas concentraciones metálicas.

El resto de la zona estudiada no pa-
rece presentar interés.

5.12.5. Geoquímica

Una campaña de geoquímica estratégica se realizó mediante toma de 124 muestras de la red de drenaje, analizadas para Pb, Zn y Cu, revelando una elevada concentración de Pb y Zn en la región central (plano 5.41)

Posteriormente se llevó a cabo una -- prospección táctica según perfiles separados 200 m. y tomando muestras cada 50 m, con un total de 1.390 muestras, que fueron analizados para Pb, Zn y Cu. Las concentraciones de Pb y Zn (planos 5.43 y 5.44), presentan una notable anomalía en las proximidades del indicio conocido, con una dirección WNW-SSE, siendo las restantes anomalías de menor interés. Las anomalías para el Cu (plano 5.42) son de carácter puntual.

5.12.6. Sondeos

Se efectuaron 3 sondeos con un total de 343,50 m. en las proximidades de la mina, con objeto de reconocer las zonas anómalas en geoquímica y geofísica, -- con resultado negativo.

5.12.7. Resultados

La mineralización no continúa en dirección ni en profundidad. Por otra parte no cabe esperar hallar nuevas mineralizaciones en la zona, según los resultados de geofísica y geoquímica.

5.13. ZONA DE FUENDEJALON

5.13.1. Introducción

Se han investigado unos indicios de lignito en la formación margosa del Mioceno de la Cuenca del Ebro, con realización de cartografía de detalle y sondeos mecánicos.

5.13.2. Estratigrafía

Mesozoico

A modo de isla, al W. de Fuendejalón aflora un paquete dolomítico, en el que no se han encontrado fósiles que permitan conocer su edad.

En la hoja de Zaragoza 1:200.000 se da ésta formación como liásica.

Neógeno

Discordantemente sobre el Mesozoico erosionado se dispone una serie detrítica continental, de edad comprendida entre el Oligoceno y el Pontiense, según la literatura. En ella se han distinguido las siguientes unidades:

Formación roja inferior

Tramo predominantemente conglomerático formado por una alternancia de conglomerados rojos de cantos paleozoicos subangulosos a subrodados, con base erosiva en paleocanales; y areniscas-limolitas rojas; la matriz es arcillosa.

La potencia de este tramo es muy variable, por ser su base irregular.

Formación Yesífera

Predominan en este tramo las arcillas rojas con cristales diseminados de yesos, así como capas de yeso masivo; a veces con nódulos de sílex.

Hacia la base y el W. dominan limolitas rojas, mientras que hacia el techo y E. los yesos masivos; es probable que lateral y verticalmente se produzca la siguiente sucesión: Limolitas rojas arcillosas-Arcillas rojas con yeso-Yesos masivos.

La potencia aproximada es de unos 40 metros.

Formación margosa

Es característica de esta formación la alternancia de margas de colores claros y calizas lacustres con pequeños gasterópodos y algas, así como la presencia de un nivel ó varios de lignitos terrosos de alrededor de 1 m. de espesor.

Su potencia puede estimarse en 40 m.

Formación Roja Superior

Recubriendo a la formación anteriormente descrita, y quizás pasando en parte lateralmente a ella existe un tramo formado por arcillas rojas y yesos y niveles de conglomerados de cantos paleozoicos.

Cuaternario

Discordantemente sobre los materiales terciarios, existen depósitos de aluviones y suelos muy poco consolidados, de reciente constitución.

5.13.3. Estructura

El carácter tectónico que más sobresale en el área de Fuendejalón es la disposición monoclinal de las distintas formaciones allí presentes. Los estratos buzanan entre 5 y 15° hacia el Sur.

En la región no existen fallas significantes ni están presentes rocas ígneas, por lo que los niveles lignitíferos, yacen sin estar afectados por accidentes posteriores a la carbonización.

5.13.4. Yacimiento

La naturaleza de las rocas allí presentes -- junto con la materia vegetal originaria de determinados niveles, sugiere que se trataba de una deposición continental de tipo lacustre.

El material lignitífero se presenta íntimamente relacionado con una arcilla gris oscura. En general los bancos carboneros no sobrepasan el metro de espesor, estando la media comprendida entre cuarenta y cincuenta centímetros.

5.13.5. Sondeos

Con objeto de examinar la continuidad lateral de los niveles lignitíferos, así como la posible -- existencia en profundidad de nuevos niveles no aflorantes, se realizaron cuatro sondeos verticales según un perfil SW-NE, más uno al SE (F-4) cuyas profundidades están comprendidas entre 60 y 114 metros, con un total de 427,0 m.

Los sondeos F-1 y F-2 cortaron un nivel de un metro de lignitos; mientras que el F-3 cortó varios niveles de pocos centímetros, y el F-4 y F-5 fueron negativos.

5.13.6. Resultados

El lignito es de baja calidad y no forma niveles continuos.

PARTE VI - CONCLUSIONES

6.1. HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de la zona estudiada se inicia en el Precámbrico con la sedimentación de las "Pizarras de Paracuellos".

Tras un plegamiento y erosión posterior empieza la sedimentación cámbrica con niveles detríticos de ambiente costero. En el Cámbrico Inferior se produce una sedimentación ferruginosa con las Capas de Jalón. Sigue un episodio carbonatado en el Cámbrico Medio y en el Cámbrico Superior es de tipo turbidítico de gran profundidad.

Durante el Arenig se deposita la Cuarcita Armoricana, seguida de un nivel ferruginoso poco potente, y de una serie pizarrosa que comprende el Ordovícico Superior y Silúrico, para terminar con calizas arrecifales en el Devónico.

No se han identificado terrenos de edad carbonífera ni pérmica.

En el período comprendido entre el Devónico y la base del Buntsandstein tiene lugar el plegamiento herciniano, seguido de la formación de una superficie de erosión aproximadamente plana. La circulación de aguas subterráneas en este período puede haber jugado un importante papel en la formación de los yacimientos de hierro de la zona.

Sobre ésta superficie de erosión se inicia una sedimentación detrítica continental y ferruginosa - en la típica facies del Buntsandstein, que termina con un episodio evaporítico. Siguen las dolomías del Muschelkalk - y un nuevo episodio evaporítico en el Keuper.

Al final del Triásico se debe a los débiles movimientos de la fase cimmérica la sedimentación por - slumping de las brechas calcáreas del Retiense.

La sedimentación Jurásica empieza con -- carniolas y dolomías, continuando con calizas típicamente - marinas. En el Bajociense se inicia la regresión, con algunos hiatos, y en el Oxfordiense se pasa a las facies continentales weáldicas de Cameros, que prosiguen durante el Malm superior y el Cretácico inferior.

La transgresión aptiense no alcanza la zona del Jalón; discordancias locales correspondientes al - plegamiento austrico, y probable depósito de todo el Cretácico Superior.

Durante el Paleógeno se produce el plegamiento alpídico, con sedimentación detrítica simultánea en las cuencas de Calatayud y del Ebro.

En el Mioceno, depósitos continentales - endorreicos en las Depresiones; durante el Cuaternario, depósitos detríticos superficiales sobre superficies de erosión pliocenas y cuaternarias.

6.2. CRIADEROS MINERALES

Existen en la Reserva tres criaderos de Fe de un volumen comprendido entre 1 y 3 millones de Tm. (Olvega, Borobia y Tierga). Los restantes indicios son del orden de las 10.000 Tm.

La mayor parte de ellos, y los más importantes, arman en las proximidades de la Dolomía de Ribota, del Cámbrico Inferior, y de la superficie de erosión pretriásica.

Los minerales esenciales son oligisto, siderita y limonita con gangas de cuarzo y dolomita.

El contenido en Fe varía entre el 65 y el 35%. Los índices de basicidad y la relación sílice/Alúmina no son adecuados para el horno alto. El contenido en sodio y potasio es muy elevado.

En el Buntsandstein existen criaderos de pequeño volumen, constituidos por siderita, oxidada en superficie.

Varios indicios de Cu han sido reconocidos en el Paleozoico y el Buntsandstein, con escasas reservas.

En el Buntsandstein y en las calizas arrecifales del Oxfordiense existen criaderos de Pb-Zn (Valdeplata, Loma Charra y Madero respectivamente).

6.3. MINERALOGENESIS.

Las distintas mineralizaciones de hierro, están controladas estratigráfica, paleogeológica y es tructuralmente (cuadro 4.5), y no están directamente relacionadas con rocas ígneas.

De las observaciones realizadas sobre el terreno junto con los resultados del estudio mineralógi co y microscópico, se pueden hacer las siguientes consideraciones sobre el origen de las mineralizaciones.

Las rocas encajantes de las estructuras mineralizadas corresponden a niveles arcilloso-micáceos, areniscosos, conglomeráticos y calco-dolomíticos alternantes pertenecientes a las "capas de Jalón", parte media del Cámbrico Inferior. Todos ellos han sufrido exclusivamente efectos de compactación, sin que muestren signos de metamorfismo.

Las rocas sedimentarias detríticas consideradas en términos generales como pizarras arcilloso-micáceas, corresponden realmente a arcillitas, margas, microconglomerados arenosos, muy cuarcíferos, con fragmentos de cuarcitas y pizarras sericíticas. Por su parte, las rocas carbonatadas, son calizas y dolomías de grano fino a medio masivas o bandeadas, bien en lechos continuos o constituidas por concreciones cristalinas de dolomita en una matriz arcilloso-micácea.

Todas las rocas estudiadas muestran una concentración más o menos abundante de óxidos de hierro, principalmente limonita, bien formando parte del cemento o constituyendo lechos en sí mismos muy ferruginosos.

Independientemente de las mineralizaciones singenéticas de hierro, generalmente sin interés económico, que pueden existir en estos sedimentos cámbricos, los yacimientos explotables corresponden siempre a estructuras filonianas, o masas más o menos concordantes con la estratificación, de carácter epigenético.

• Estas masas explotables están constituidas generalmente por hematites micro a criptocristalina, u oligisto micáceo, acompañados por cuarzo y carbonatos de origen claramente hidrotermal -ocasionalmente, también pirita-. En la zona de oxidación, los minerales de hierro han sido transformados en limonita.

Teniendo en cuenta los caracteres microscópicos y mineralógicos de las masas mineralizadas, y la morfología y situación estratigráfica de los criaderos -ya que todos se encuentran en las capas ferruginosas de Jalón- parece probable que el origen de dichas masas, ya sean concordantes o discordantes con la estratificación, esté directamente relacionado con las zonas de fractura que afectaron al zócalo herciniano en tiempos prealpinos. En efecto -el Buntsandstein, discordante sobre el Cámbrico de Olvega, contiene cantos rodados de las masas mineralizadas.

Es decir, la removilización de la limonita contenida en las rocas encajantes por las soluciones hidrotermales que circularon por las zonas de fractura y planos de discontinuidad de aquellos dió lugar al transporte del hierro, y a su concentración en las zonas favorables en forma de filones de cuarzo-hematites.

Los yacimientos de Fe del Buntsandstein, todos ellos típicamente filonianos, probablemente también hayan tenido un origen similar a los criaderos del Cámbrico. El emplazamiento es posible que se produjera durante el Terciario, y que estuviera ligado a aguas termales que concentrarían los elementos en solución en fracturas favorables.

Los yacimientos de Pb-Zn en principio podrían tener un origen análogo, ya que no están en relación con rocas ígneas aparentemente. Son típicamente filonianos y están controlados por fracturas.

En los sectores en donde la roca encajante era carbonatada, durante la etapa de oxidación a que el criadero ha estado sometida, se han formado carbonatos, --cerusita, anglesita, etc. que se han dispuesto de una forma zonal.

6.4. RESERVAS

De acuerdo con la investigación realizada, -
las reservas de mineral indicado mediante sondeos es de 850.000
Tm. con la siguiente calidad:

En Borobia existen unas 500.000 Tm. con una -
ley del 37,76% de Fe y 34% de SiO₂.

En Tierga se han indicado la presencia de --
350.000 Tm. con una ley del 49,39% y 5,37% SiO₂.

En la mina de Valdelaplata (Calcena) se han -
indicado unas 100.000 Tm. aproximadamente con una ley del 7,5
% de Pb y Zn combinados.

TABLA 6.1. - RESERVAS

	<u>RESERVAS, TM</u>	
	<u>Estimado</u>	<u>Indicado mediante sondeos.</u>
Olvega	50.000	
Borobia		500.000
Tierga		350.000
Codos	10.000	
Tabuena	5.000	
Olmacedo	1.000	
Otras	5.000	
	<hr/>	<hr/>
	71.000 Tm.	850.000 Tm.
 Calcena		100.000 Tm. 7,5% Pb+Zn.

6.5. RECOMENDACIONES PARA EXPLORACIONES FUTURAS.

De acuerdo con la morfología de los criaderos de hierro (hematites) del Cámbrico inferior y de los resultados obtenidos mediante los estudios metalogénicos, las mejores áreas para descubrir nuevos criaderos - con características económicas similares a las que se explotan actualmente (Santa Rosa, en Tierga) y otras en el pasado (Gandalia en Borobia y Petra III en Olvega), consideramos que son las de la región oriental de la Reserva, - en donde el Buntsandstein se situa en discordancia sobre - el Cámbrico inferior.

La estructura en el sur y sureste es irregular y aunque aflora directamente el Cámbrico inferior no es probable que puedan encontrarse áreas minables individuales a pesar de la gran extensión en que este aflora. Así varias áreas exploradas y/o explotadas en el pasado han sido comparativamente de pequeño tamaño, no adaptables a los actuales métodos de laboreo, debido a las pequeñas dimensiones de la mineralización y morfología. La que mayor interés presenta para descubrir nuevas mineralizaciones posibles, - mediante sondeos, ya que los métodos geofísicos directos no dan respuesta a las menas de hierro aquí presentes, es la - situada en la zona central-oriental en los alrededores del pueblo de Tierga. En esta gran área el Buntsandstein se situa directamente sobre las Capas del Jalón. Posiblemente la continuación de la estructura del basamento bajo el Trias, podría ser conocida mediante la utilización de algunos métodos geofísicos indirectos.

Esta técnica nos revelaría zonas favorables para la deposición de una mineralización de acuerdo con la teoría descrita en este informe. Esta mineralización se encontraría a profundidades desconocidas y como se ha dicho, al no haber ningún procedimiento directo de localiza--ción no se ha considerado pertinente su investigación.