

## CARACTERES ESTRATIGRAFICOS DEL ANTICLINAL DE RIOTINTO

F. GARCÍA PALOMERO\*

RESUMEN.—Los estudios litoestratigráficos y petrográficos realizados en el área de Riotinto, nos han permitido definir una columna estratigráfica detallada. De estos estudios se deduce que el núcleo del supuesto anticlinal de Riotinto, considerado como rocas volcánicas ácidas cloritizadas (STRAUSS, 1970) formadas en una posible chimenea o foco volcánico (RAMBAUD, 1969), pertenece al tramo de rocas básicas, situado debajo de las rocas ácidas, con estratificaciones bien conservadas sin indicios de foco volcánico y con estructura anticlinal comprobada (RAMBAUD —1969— le asigna una estructura dómica). También se definen las relaciones entre las masas de sulfuros y las distintas unidades estratigráficas, admitiendo la posibilidad de que existan diversos niveles de mineralización.

SUMMARY.—The stratigraphic and petrographic studies carried out at the Rio Tinto Area have permitted to define a detailed stratigraphic column. From these studies has been deduced that the core of the "so-called" Rio Tinto Anticlinal, considered as acid volcanic cloritized rocks (STRAUSS, 1970) and formed by a possible volcanic pipe (RAMBAUD, 1969), belong to the basic rocks formation underlying the acid rocks. The basic formation shows a very well defined bedding without any trace of volcanic chimney phenomena, and with a proved anticlinal structure and with no dome structure as indicated previously (RAMBAUD, 1969).

The relationship between the sulphide bodies and the different stratigraphic units is defined too, as well as the possibility of occurrences of several levels of mineralisation.

## INTRODUCCION

### GEOLOGÍA REGIONAL

La zona estudiada se titúa en la franja piritífera del SW Ibérico dentro de la rama S del Geosinclinal Hercínico.

La franja piritífera está formada por materiales devónicos y carboníferos distribuidos en estructuras de dirección E-W. Estos materiales desaparecen

---

\* Departamento de Geología de Minas de Riotinto, E. R. T.

hacia el S cubiertos por los terrenos más recientes del valle del Guadalquivir, y hacia el N en la Sierra de Aracena, en donde afloran materiales metamórficos más antiguos.

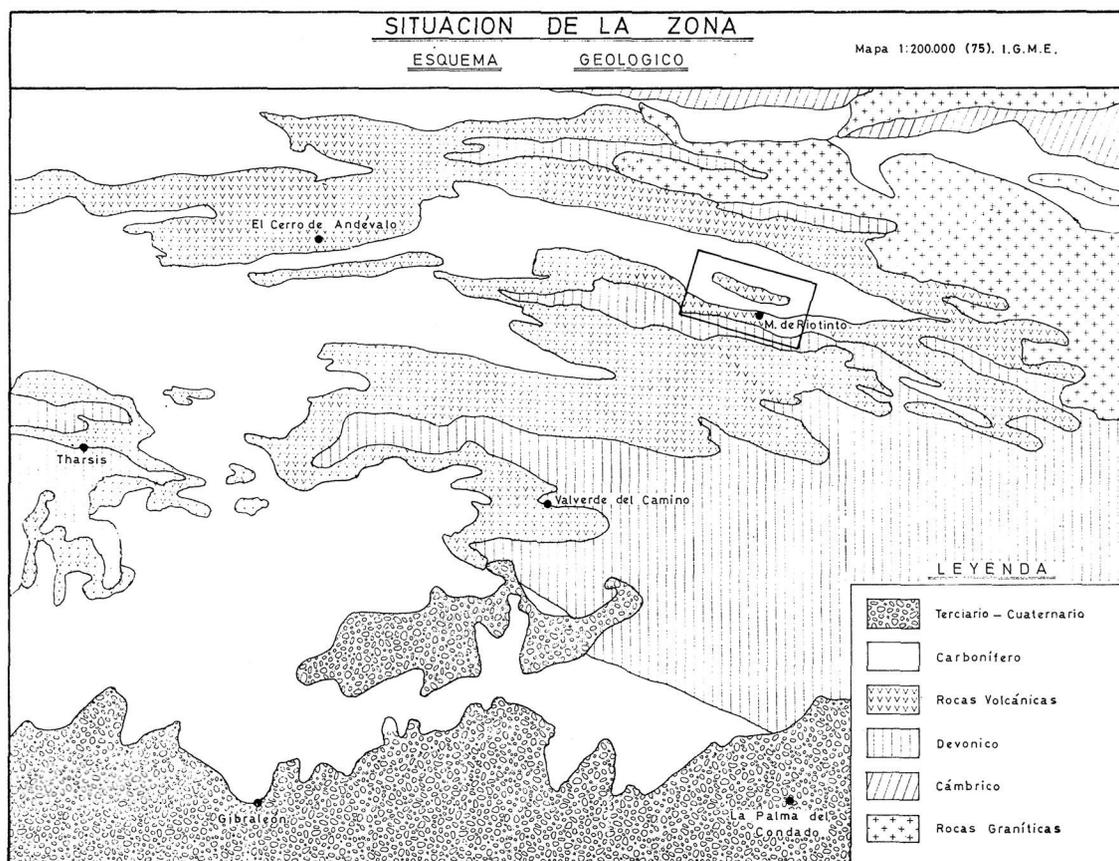
La columna estratigráfica simplificada, de la franja piritífera es:

Carbonífero — Pizarras, Grauvacas y flysch.  
(datado por fósiles)

— Rocas volcánicas } Acidas  
                                  } Básicas

Devónico — Pizarras con cuarcitas y calizas  
(datado por fósiles)

La distribución de estas tres unidades así como el Terciario del S y el Metamórfico del N, se indica en el esquema geológico adjunto, obtenido del Mapa Geológico 1:200.000 (75) del I.G.M.E.



Estudios estratigráficos más detallados nos indican la existencia de una columna estratigráfica más compleja, especialmente en el Complejo Volcánico Sedimentario y en la posición de las masas de sulfuros dentro de este complejo. Entre estos estudios son de destacar los de G. STRAUSS (1970) sobre las minas de Lousal (Portugal), L. SCHERMERHORN (1971) sobre la estratigrafía del Cinturón Pirítico Ibérico, los de T. FEBREL (1957) sobre la zona de Calañas, los de M. LECOLLE (1970, 71, 72 y 73) sobre la zona de Calañas, los de E. SOLLER (1971) sobre la estratigrafía general de la provincia de Huelva, y los de F. Rambaud (1969) sobre la zona de Riotinto.

De entre todos estos trabajos, hemos tomado la columna estratigráfica de L. SCHERMERHORN (1971) como columna tipo, ya que en nuestra opinión es bastante completa y está apoyada en datos cronológicos precisos; aunque en algunas zonas se tengan subdivisiones más detalladas.

La columna estratigráfica general es:

Culm - Grauvacas y pizarras raros conglomerados y tilloides	}	Superior Viseense Inferior	}	
Complejo volcánico silíceo Pizarras, Pizarras arcillosas y cherts, jaspes, Grauvacas, Cuarzitas Calizas, Volcánicas ácidas, Volcánicas básicas, Sulfuros y Manganeso	}	Turnasiense	}	Carbonífero
Grupo Cuarzo - Filítico.—Cuarzitas Filitas, Conglomerados y Calizas	}		}	Devónico

## GEOLOGÍA DEL ANTICLINAL DE RIOTINTO

### *Antecedentes*

Aunque son muchos los trabajos geológicos realizados sobre las minas de Riotinto, en realidad, pocos han sido los estudios completos y detallados.

WILLIAMS (1934) realizó un mapa geológico detallado acompañado de una descripción de las mineralizaciones de la zona. Este trabajo fue revisado posteriormente por el mismo autor (1962) confirmando la naturaleza volcánica de las rocas porfídicas, anteriormente consideradas como pórfidos intrusivos.

La columna estratigráfica de Riotinto según el mapa del citado autor y de acuerdo con su interpretación de 1962 es:

Pizarras — Carbonífero	
Tobas marginales - Sulfuros	}
Tobas y lavas ácidas	
Doleritas alternando con pizarras	
Pizarras — Devónico	?

En el núcleo del afloramiento central de Riotinto cartografía una unidad cloritizada que la interpreta como pórfidos cloritizados alternando con pizarras cloritizadas.

Las masas de sulfuros aparecen localizadas en la unidad de tobas marginales, unidad que KINKEL (1962) interpreta como un nivel de transición del vulcanismo ácido a las pizarras del Carbonífero y que parece ser el nivel portador de las mineralizaciones en toda la provincia de Huelva.

Según STRAUS (1970), el anticlinal de Riotinto está formado por un complejo piritífero-volcánico-sedimentario no subdividido en series estratigráficas, en el que no llegan a aflorar las pizarras-cuarcitas-lavas básicas de la serie basal.

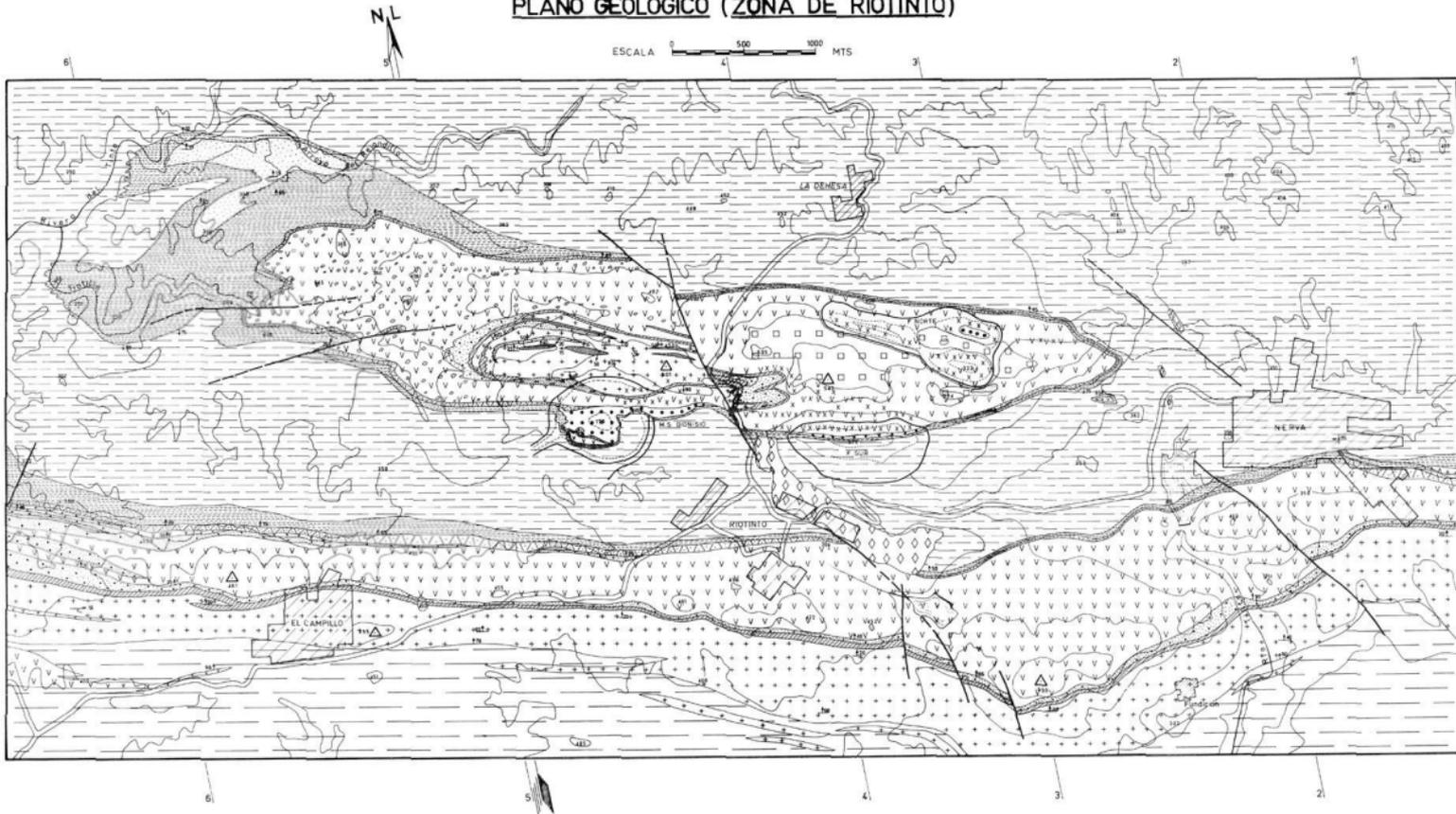
RAMBAUD (1969) describe el afloramiento volcánico de Riotinto, como un posible anticlinal o domo volcánico, formado por unas rocas piroclásticas ácidas que bordean a un núcleo volcánico de lavas ácidas. En el centro del afloramiento sitúa unas brechas que interpreta como pertenecientes a un cuello o fisura volcánica explosiva. Su columna estratigráfica para el área de Riotinto es:

Pizarra - Grauvaca — Carbonífero		
Nivel volcánico	}	
		Piroclásticas — Con yacimientos de Sulfuros y Manganeso
		Niveles ácidos Niveles básicos
Pizarras - Cuarcitas - Calizas — Devónicos		

En general y a falta de datación precisa, se considera al nivel volcánico como perteneciente a la transición Devónico-Carbonífero. Pero como se describe en la Geología Regional, SCHERMERHORN (1971) lo incluye en el Carbonífero.

Tenemos por tanto, una columna estratigráfica bien definida para el área de Riotinto en donde el centro del "anticlinal" es considerado como pertene-

# PLANO GEOLOGICO (ZONA DE RIOTINTO)

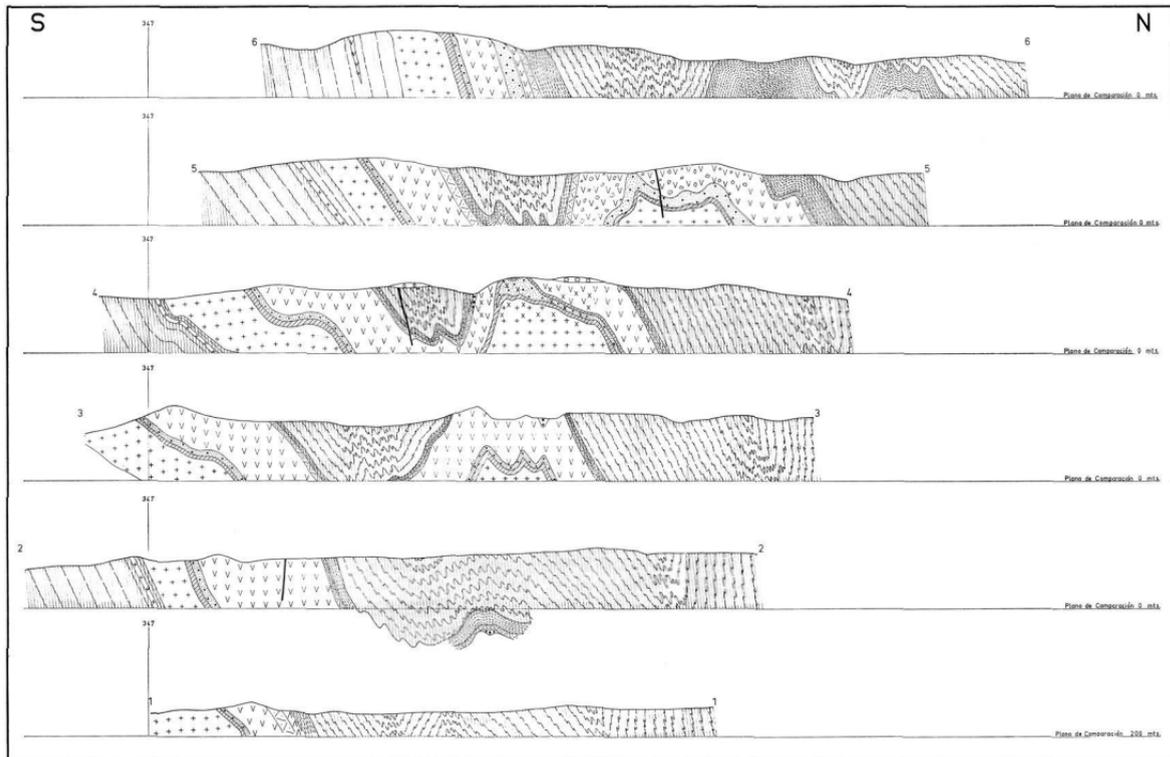


## LEYENDA

- Gossan transportado.
- CAMBRIANO**
  - Pizarros, Grauwacs, Flysch.
- SERIE DE TRANSICION**
  - Tóbas finas silíceo-clásticas con niveles hematíticos.
  - Lavas afonícas silíceo-felispáticas.
  - Tóbas lítico-cristalinos felispáticos obagarrados. Con lentejones de aglomerados gósgénicos.
  - Jaspes, chert y conaritas hematíticas muy silíceas. Con óxidos de Mn.
  - Lentejones de sulfuros masivos.
  - Gossan "in situ."
- COMPLEJO ACIDO**
  - Tóbas silíceos recristalizados.
  - Lavas ácidas.
  - Lavas ácidas mezcladas con tóbas y brechas silíceas.
  - Tóbas silíceo-felispáticos de diversos tamaños.
- COMPLEJO BASICO**
  - Lentejones indiferenciados de pizarros, tóbas básicas, tóbas silíceas y conglomerados con fragmentos de estos tipos de roca.
  - Lentejón bien diferenciado de conglomerado de matriz pizarrosa y fragmentos de Cuarzo y tóba silíceo.
  - Lentejones de pizarros bien definidos dentro del ícono básico.
  - Lavas básicas con intercalaciones de cuarcitas, pizarros, tóbas silíceas.
- DERIVADO**
  - Pizarros con algunos niveles cuarcíticos.
- OTROS**
  - Zona de Stockwork.
  - Proyección en superficie de la Masa San Antonio-Pinos.
  - Falla.
  - Contacto.
  - Suizamiento.

## CORTES GEOLOGICOS (ZONA DE RIOTINTO)

ESCALA 0 500 1000 MTS



### LEYENDA

- Gessen Transportado.
- CARBONIFERO**  Pizarras, Grauwacas, Flysch.
- SERIE DE TRANSICION**
  - Lavas afániticas silíceo-feldespáticas
  - Tobas finas silíceas cloríticas con niveles hematíticos.
  - Tobas litico-cristalinas feldespáticas oblongadas. Con lentejones de aglomerados poligénicos.
  - Lentejones de sulfuros masivos.
  - Gessen "in situ"
- COMPLEJO ACIDO**
  - Tobas silíceas, recristalizadas.
  - Lavas ácidas.
  - Lavas ácidas mezcladas con tobas y brechas silíceas.
  - Tobas silíceo-feldespáticas de diversos tamaños.
- COMPLEJO BASICO**
  - Lentejones indiferenciados de pizarras, tobas básicas, tobas silíceas y conglomerados con fragmentos de estos tipos de rocas.
  - Lavas básicas con intercalaciones de cuarcitas, pizarras, tobas silíceas.
- DEVONICO**  Pizarras con algunos niveles cuarcíticos.
- Zona de Stockwork.
- Falla.
- Contacto.

ciente al nivel ácido no subdividido (STRAUSS, 1970) o como un cuello volcánico explosivo (RAMBAUD, 1969) o como un núcleo de rocas cloríticas sin posición definida (WILLIAMS, 1934 y 1962).

El objeto de nuestro trabajo es demostrar la naturaleza básica del núcleo clorítico del anticlinal de Riotinto, así como su estructura anticlinal bien definida sin indicios de cuello volcánico dentro de este núcleo cloritizado. También se estudiará la relación entre las masas de sulfuros y el vulcanismo, y se describirá la estructura de la zona de una forma muy general; estos dos temas serán objeto de trabajos futuros más detallados.

### *Caracteres litoestratigráficos*

Se ha realizado una cartografía de detalles a escala 1/10.000 (ver mapa adjunto) aunque el trabajo de campo se ha hecho a escala 1/2.000 y en ocasiones a 1/1.000.

Como el objeto era conocer la estratigrafía y estructura del "Anticlinal" de Riotinto y debido a la gran alteración de esta zona, motivada por los procesos de mineralización, nos hemos visto obligados a ampliar el área de estudio para conocer con detalle la serie estratigráfica de zonas no afectadas por la alteración. La zona elegida para el estudio estratigráfico detallado ha sido el flanco S del "Sinclinorio de Riotinto", en donde aflora, en posición normal y sin alteración, toda la serie desde el Devónico al Carbonífero. En este flanco (afloramiento volcánico del S del mapa) se han realizado seis perfiles estratigráficos detallados cuyas columnas podemos ver en el plano adjunto.

El estudio de cada perfil empieza en el Devónico bien definido por la geología regional RAMBAUD (1969) y termina en las pizarras del Carbonífero antes de llegar al "anticlinal" (afloramiento volcánico del centro del mapa).

El estudio litoestratigráfico y petrográfico nos permite dividir los materiales del área de Riotinto en las siguientes unidades.

1. Mio-Cuaternario (Gossan transportado).
2. Carbonífero.
3. Serie de Transición.
4. Complejo Acido.
5. Complejo Básico.
6. Devónico.

A continuación se describen estas unidades de forma detallada.

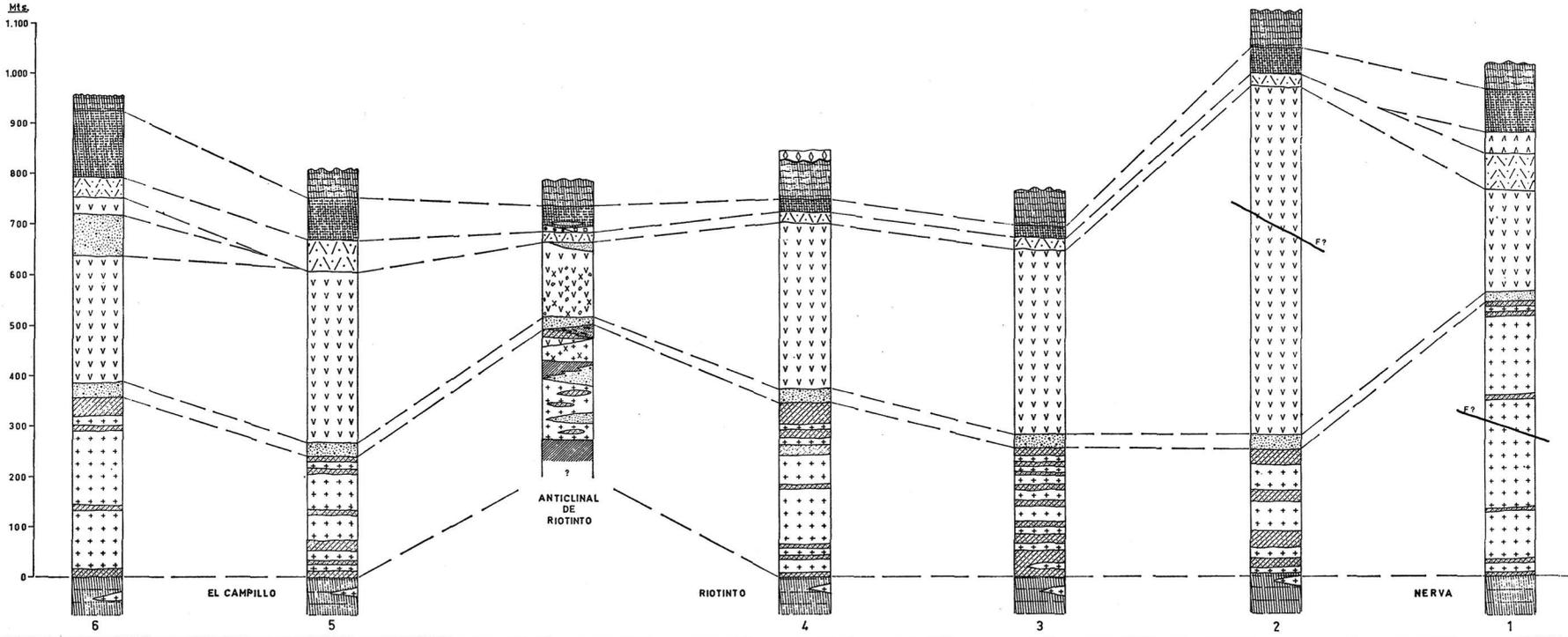
#### DEVÓNICO

El Devónico aparece en la banda S de la zona cartografiada y ha sido tomado como punto de partida de nuestros estudios estratigráficos. Por eso no ha sido objeto de un estudio profundo.

		<u>LEYENDA</u>	
			Gossan Transportado.
CARBONIFERO			Pizarras, Grauvacas, Flysch
SERIE DE TRANSICION	}		Tobas finas silíceas cloríticas con niveles hematíticos.
			Lavas afaníticas silíceo-feldespáticas.
			Tobas litico-cristalinas feldespáticas abigarradas. Con lentejones de aglomerados poligénicos.
			Jaspes, chert y cineritas hematíticas muy silíceas. Con óxidos de Mn.
			Lentejones de sulfuros masivos.
			Gossan "in situ."
COMPLEJO	}		Tobas silíceas recristalizadas.
			Lavas ácidas.
ACIDO	}		Lavas ácidas mezcladas con tobas y brechas silíceas.
			Tobas silíceo-feldespáticas de diversos tamaños.
COMPLEJO BASICO	}		Lentejones indiferenciados de: pizarras, tobas básicas, tobas silíceas y conglomerados con fragmentos de estos tipos de roca.
			Lentejon bien diferenciado de conglomerado de matriz Pizarrosa y fragmentos de cuarcita y toba silícea.
			Lentejones de pizarras bien definidos dentro del tramo básico.
			Lavas básica.
DEVONICO			Pizarras con algunos niveles cuarcíticos.
			Zona de Stockwork



COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS (ZONA DE RIOTINTO)



Las rocas dominantes, dentro de nuestra zona, son las pizarras arcillosas de colores grises, gris-verdoso que en superficie se vuelven amarillo-rojizas, afectadas por una fuerte esquistosidad. En ocasiones van acompañadas de materia carbonosa.

En algunas zonas, especialmente al techo de la formación, aparecen cuarcitas impuras de grano fino formando delgados niveles dentro de las pizarras, en forma de lentejones de reducidas dimensiones. Estos lentejones han sido afectados por la esquistosidad dando transposiciones tectónicas con aspecto de conglomerado cuarcítico en matriz pizarrosa.

Hacia el techo de la formación pizarrosa y antes de finalizar su deposición, comienzan a producirse las primeras manifestaciones volcánicas de carácter básico. Estas rocas básicas se presentan en forma de lentejones paralelos a la dirección general de las unidades, aunque no podemos asegurar que sean concordantes con la estratificación dada su intensa alteración superficial. A falta de datos seguros los interpretamos como emisiones lávicas tempranas del vulcanismo básico superior.

Sin embargo, a 300 m. al W del Campillo hemos encontrado afloramientos aislados en forma de dique que atraviesa a las pizarras y que parecen llegar hasta casi las básicas superiores y originando a veces como pequeños sills. Este dique también parece estar en relación con las rocas ácidas situadas entre las pizarras del Devónico y que describiremos a continuación. En trabajos posteriores estudiaremos con más detalle el significado de este dique, así como sus relaciones con las pizarras, rocas básicas y rocas ácidas del Devónico.

Además de los afloramientos lenticulares de lavas básicas, aparecen dentro del Devónico pizarroso y en el extremo W del mapa, un afloramiento de rocas ácidas. Son rocas de grano fino a medio de colores blancos, que están afectadas en general por una fuerte esquistosidad aunque conserven núcleos de carácter masivo no esquistoso. Sus componentes esenciales son cuarzo y feldspatos similares a las rocas ácidas que se describirán en el Complejo Acido superior.

La presencia de estas rocas ácidas dentro de las pizarras devónicas las interpretamos como una manifestación volcánica dentro de la deposición pizarrosa.

Este fenómeno no es raro ni aislado ya que hemos encontrado otros lentejones interestratificados con las pizarras devónicas en zonas próximas al área cartografiada; al mismo tiempo y dentro del Complejo Básico veremos que abundan los materiales piroclásticos ácidos o procedentes de la destrucción de rocas ácidas preesistentes.

El límite superior del Devónico no es un contacto neto y definido en general, sino un cambio progresivo vertical en el tipo de sedimentación. Se pasa de un dominio pizarroso a un dominio de volcánicas básicas en la unidad superior; pero sin llegar a desaparecer las pizarras. En la cartografía se ha establecido el límite en el comienzo del dominio volcánicas sobre pizarras.

#### COMPLEJO BÁSICO

El Complejo Básico, aparece como una gran corrida E-W de rocas básicas bien definidas. Pero además, en el centro del Anticlinal de Riotinto, aflora

un núcleo de rocas muy cloritizadas y transformadas por la presencia de la mineralización; este afloramiento lo interpretamos como perteneciente al Complejo Básico y su demostración es el objeto principal de este trabajo.

Dentro del Complejo Básico aparecen dos tipos de rocas bien definidos. Por un lado tenemos las rocas volcánicas bien diferenciadas; asociadas a ellas y en forma de interestratificaciones aparecen unas rocas piroclásticas acompañadas de rocas sedimentarias o mixtas.

En el mapa se han cartografiado las dos unidades como formando un solo tramo, debido a la dificultad de separarlas dada su reducida potencia.

Pero en el techo del Complejo Básico sí hemos podido definir un nivel sedimentario que nos ha servido para correlacionar el afloramiento de la corrida S con el del núcleo del anticlinal.

En las columnas estratigráficas adjuntas se pueden ver las relaciones entre los dos tipos de rocas dentro de cada columna, así como entre las distintas columnas.

Todas las rocas del Complejo Básico están afectadas por una alteración general clorítica-sericítica, pero particularmente las del núcleo del anticlinal, están intensamente cloritizadas, silicificadas y piritizadas debido a la presencia de las mineralizaciones en dicho anticlinal.

*Rocas volcánicas.*—Están formadas por grandes coladas de espesor variable que en superficie se presentan muy alteradas con colores de alteración marrones. La alteración más frecuente se realiza en forma de bolos en donde podemos ver la roca fresca de color verde oscuro formada por plagioclasas y ferromagnesianos (clorita-epidota principalmente).

Dentro de estas rocas se definen dos tipos texturales difíciles de distinguir en el campo debido a la gran alteración. a) tipo diabasa, formado por una trama de plagioclasas dentro de una matriz de ferromagnesianos cristalizados. b) tipo andesita, formado por pequeños cristales de plagioclasa generalmente alterados y con indicios de flujo y dentro de una matriz microcristalina totalmente cloritizada; aquí son frecuentes las vacuolas rellenas de calcita y cuarzo.

Asociadas a las diabasas y andesitas se encuentran sus rocas piroclásticas formadas por tobas líticas y aglomerados difíciles de separar de sus correspondientes rocas lávicas.

Tanto diabasas como andesitas ya han sido reconocidas y citadas por RAMBAUD (1969) y por KINKEL (1961) en la corrida S. Pero en el núcleo del Anticlinal de Riotinto han sido reconocidas unas rocas muy alteradas que hemos clasificado como andesitas. En superficie aparecen como rocas marrones muy alteradas y con gran cantidad de núcleos esféricos de cuarzo; en profundidad se presentan como rocas muy cloritizadas, con sombras de plagioclasas con indicios de flujo, y con una gran cantidad de vacuolas rellenas de cuarzo-calcita-opacos.

*Rocas sedimentarias.*—Interestratificadas con las lavas básicas, aparecen unas rocas de carácter general sedimentario, bien estratificadas, formadas por materiales que varían del típicamente piroclástico al terrígeno, pasando por términos intermedios; al mismo tiempo, también varía su composición desde los términos típicamente básicos, a los ácidos, pasando por rocas mixtas.

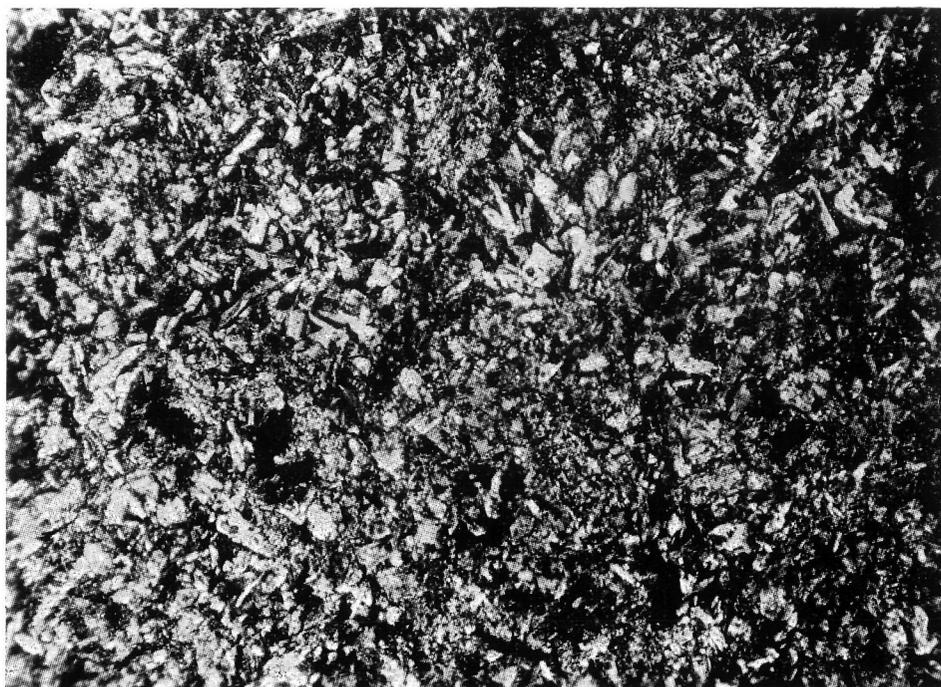


FIG. 1

( $\times 20$ ). Roca básica (tipo diabasa) del afloramiento S. Con cristales de plagioclasa, ferromagnesianos (cloritizados) y opacos, en matriz de la misma composición cloritizada y sericitizada

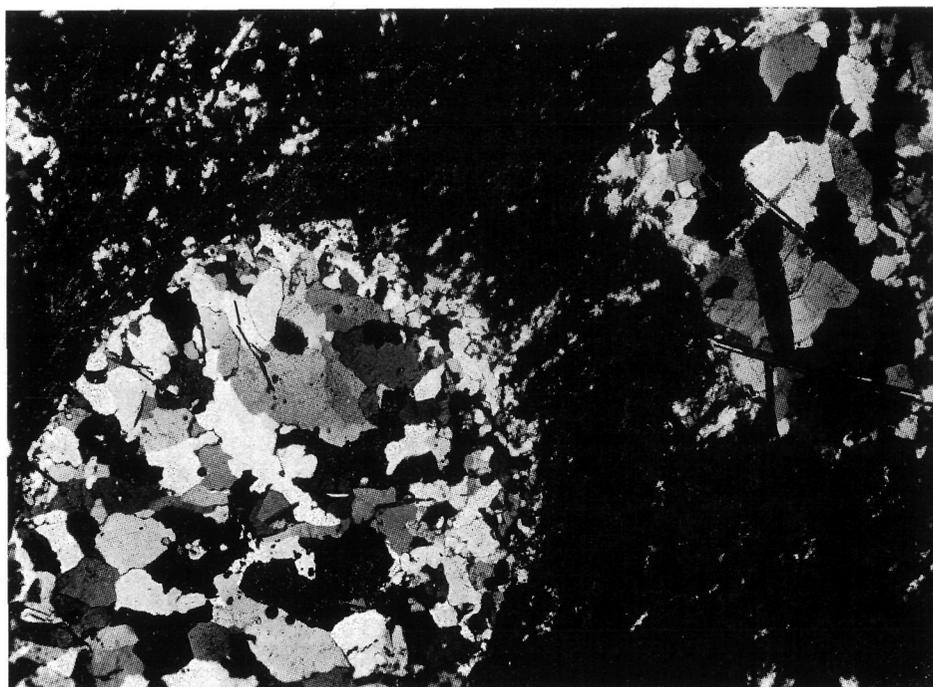


FIG. 2

( $\times 20$ ). Roca básica muy cloritizada (andesita vesicular) del centro del anticlinal. Con matriz totalmente cloritizada, algo silicificada, y muy esquistosa, y con vesículas de cuarzo, calcita y opacos

Además son frecuentes las brechas mixtas formadas por dos o más de estos tipos rocosos.

Las principales rocas de esta unidad son:

**Pizarra.**—Aparecen en lentejones aislados de colores amarillo-rojizos y están afectadas por una fuerte esquistosidad. Se presentan en todo el Complejo Básico desde la base hasta el techo y a veces pasan lateral y verticalmente a cineritas silíceas o a tobas básicas.

Aunque localmente puede tener composición de típica pizarra arcillosa, en general es una roca mixta de material silíceo y material arcilloso. Se le ve a veces un cierto bandeo de elementos silíceos más gruesos alternando con las bandas más arcillosas acompañadas de materia carbonosa.

**Cuarcitas.**—Son rocas que aparecen en bandas alternando con otros tipos rocosos (tobas básicas-pizarras). En general son rocas mixtas aunque a veces pueden dar lugar a bandas más silíceas que son auténticas cuarcitas.

Están formadas por granos de cuarzo transportado y depositado en bandas de distinta granulometría y distinta proporción de cuarzo. Las bandas más silíceas son más claras y las menos silíceas son más oscuras debido a la presencia de material de origen básico ya cloritizado. En ocasiones acompañando a los granos de cuarzo hay núcleos silíceos esféricos que dan aspecto de ser microfósiles, o silicificación de núcleos esféricos de carbonatos o pirita ya que se presentan los tres tipos de núcleos juntos y con idénticos tamaños.

Estas rocas se les ve afectadas por una esquistosidad que forma  $45^\circ$  con la estratificación y en la que se ha desarrollado una intensa sericitización.

**Cineritas silíceas.**—Son rocas silíceas de grano muy fino formadas por un bandeo muy fino según composición, color y granulometría. Se presentan interestratificadas en el Complejo Básico, especialmente en su techo de la rama S y dentro de todo él en el centro del anticlinal. Están formadas casi exclusivamente por cuarzo microcristalino en forma de mosaico con a veces cristales de mayor tamaño.

Tienen textura orientada con la esquistosidad, y son frecuentes los núcleos esféricos de cuarzo en mosaico que pudieran ser fósiles silicificados.

En general se interpretan como rocas piroclásticas de grano muy fino que localmente pueden estar acompañadas de sílice coloidal, dándoles el aspecto de chert y radiolaritas tan frecuentemente descritas en esta zona.

**Tobas básicas de grano fino.**—Se presentan formando bancos potentes de colores verde claro con manchas más oscuras debido a la presencia de láminas de clorita. Aparecen asociadas al resto de las rocas sedimentarias tanto en la rama S como en el núcleo del anticlinal; pero aquí llegan a formar la roca dominante de todo el Complejo Básico.

Estas rocas están formadas por una matriz casi totalmente cloritizada con restos que parecen plagioclasas sericitizadas. Además se presentan grandes láminas de clorita orientadas con la esquistosidad. Es frecuente la presencia de cuarzo de neoformación que a veces sustituye a plagioclasas alargadas o a núcleos irregulares de un material preexistente y desconocido.

En las zonas no afectadas por intensa alteración, aparecen formadas por una matriz microcristalina de plagioclasas sericitizadas acompañadas de clorita.



FIG. 3

( $\times 20$ ). Cinerita silícea con bandas de aspecto cuarcita. Gran cantidad de fragmentos de vidrio, núcleos esféricos de cuarzo con aspecto de microfósiles y abundante materia carbonosa. Roca situada dentro de las básicas del afloramiento S

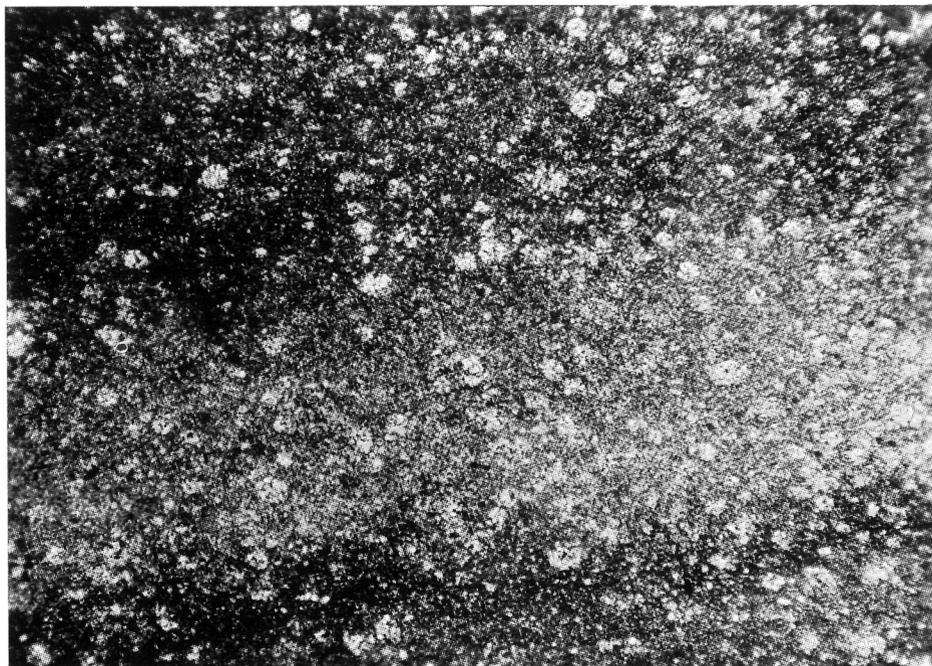


FIG. 4

( $\times 20$ ). Cinerita silícea con bandas tipo cuarcitas y otras más cloríticas. Núcleos esféricos de cuarzo tipo microfósiles. Roca del centro del anticlinal

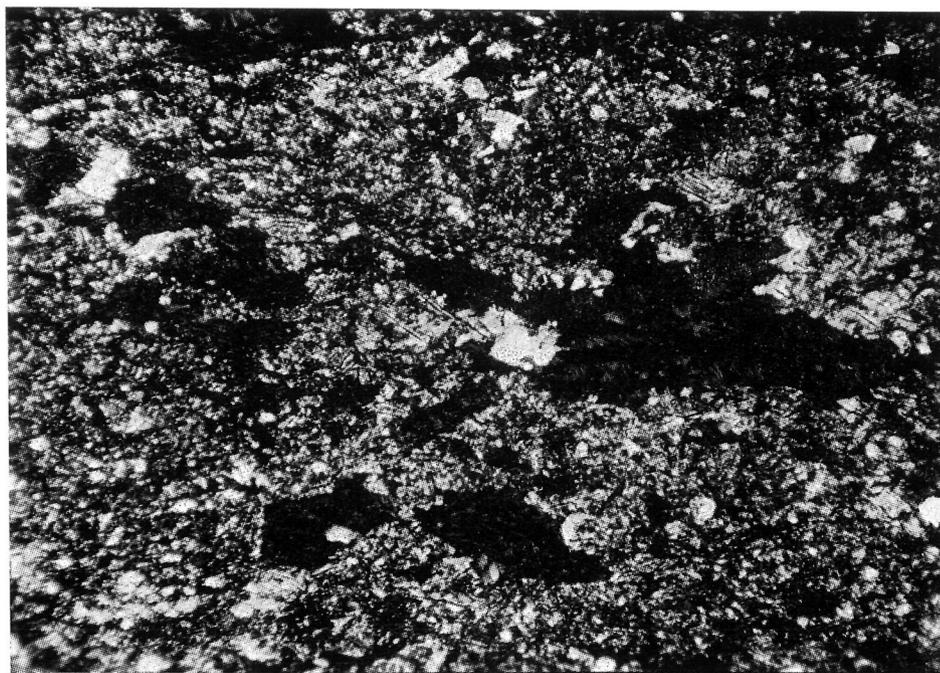


FIG. 5

( $\times 20$ ). Toba básica típica cloritizada y silicificada. Con grandes láminas de clorita y bastoncitos que pueden ser plagioclasas silicificadas.  
Roca del centro del anticlinal

**Rocas mixtas.**—Entre las rocas cineríticas silíceas y las tobas básicas de grano fino, se dan términos intermedios formados por rocas de color claro verdosas, de matriz microcristalina de plagioclasas y cuarzo acompañadas de clorita y posteriormente sericitizadas.

**Brechas.**—Además de todos los tipos rocosos ya citados, es frecuente la presencia de brechas mixtas formadas por fragmentos y matriz de dichas rocas. Estas brechas se sitúan preferentemente en el techo del Complejo Básico dentro de la unidad sedimentaria definida y cartografiada en el mapa.

Las brechas varían de composición aunque son predominantemente de materiales silíceo pizarrosos-cloríticos. Son fragmentos de cineritas silíceas tipo chert y cuarcitas, empastados en matriz pizarroso-clorítica; a veces también son de fragmentos silíceo-pizarrosos empostados en matriz de pizarras. A este tipo de rocas pertenece el Conglomerado Pizarroso de Corta Atalaya que también ha sido observado en diversos puntos de la Rama S.

Estas rocas bréchicas las interpretamos como brechas de slumping producidas probablemente por las explosiones que acompañan a las primeras manifestaciones ácidas superiores; como vemos en el plano, estas primeras manifestaciones ácidas son de tipo piroclástico generalmente grosero.

Todos estos tipos de rocas aparecen tanto en el afloramiento básico del S, como en el núcleo del anticlinal en donde están intensamente silicificadas y cloritizadas. Pero además existe una correlación estratigráfica, especialmente en la unidad sedimentaria localmente bréchica (slumping), del techo del complejo básico; esta unidad aparece en ambos afloramientos separando las rocas ácidas de las básicas.

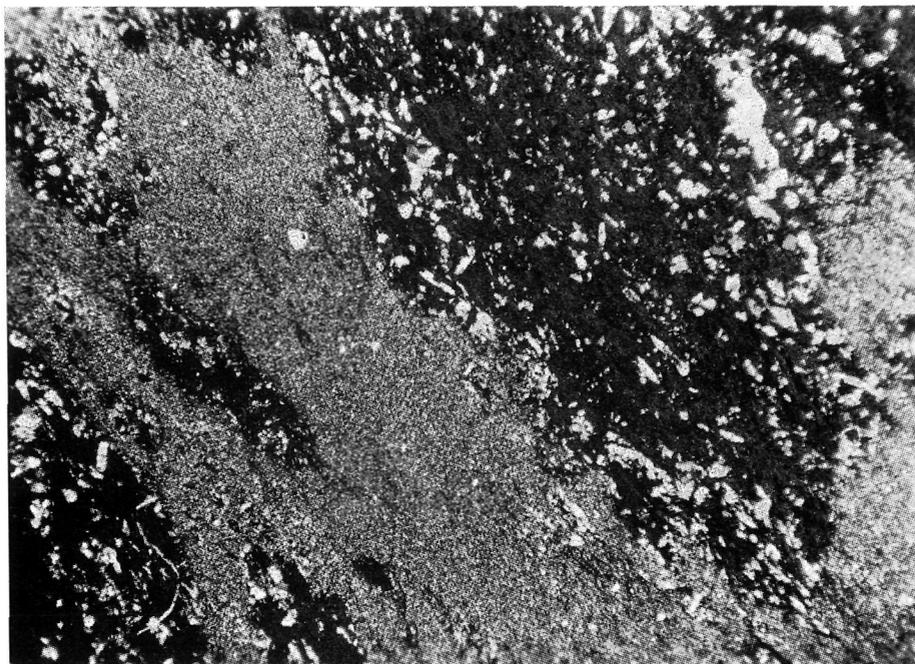


FIG. 6

( $\times 20$ ). Brecha tipo slumping formada por fragmentos de toba básica cloritizada en matriz de cinerita silícea de grano fino. Roca del núcleo del anticlinal

#### COMPLEJO ACIDO

Se presenta en dos grandes afloramientos asociados al Complejo Básico ya descrito. Por un lado tenemos la corrida S y, por otro, el afloramiento del anticlinal bordeando al Complejo Básico. Pero además, las rocas ácidas aparecen tal como ya se ha descrito, dentro del Devónico pizarroso e incluso dentro del Complejo Básico. El Complejo Acido se caracteriza por su origen volcánico, por su composición mineralógica homogénea (riolítica-riodacítica) y por el predominio de las rocas lávicas sobre las piroclásticas.

La alteración general de estas rocas es la sericítica, aunque localmente en Centro S del anticlinal se presente una débil alteración clorítica causada por la mineralización. Junto a estas alteraciones se da una intensa silicificación y piritización.

*Lavas y brechas volcánicas.*—Como hemos indicado anteriormente, las rocas dominantes dentro del Complejo Acido, son las lavas con sus correspondientes brechas, aglomerados y autobrechas.

Se presentan en afloramientos de forma masiva que dan los mayores relieves de la zona. Son de colores claros y generalmente están poco alteradas salvo en las proximidades de las mineralizaciones y zonas de mucha circulación de aguas ácidas.

Las rocas más típicas de esta unidad son las lavas riolíticas-riodacíticas formadas principalmente por cuarzo-plagioclasas con textura típicamente porfídica. Presenta grandes cristales de cuarzo y plagioclasas con típicos fenó-

menos de reabsorción de cristales por la matriz; este fenómeno es frecuente en los cuarzos. Estos son generalmente redondeados y están frecuentemente estallados y las plagioclasas son típicamente idiomorfas aunque en general están alteradas a sericita y carbonatos.

Además de los tamaños grandes (1-2 mm.) aparecen otros cristales también de cuarzo y plagioclasa de tamaños inferiores a 1/2 mm. con las mismas características que los tamaños mayores.

Pero además de los dos tamaños principales de cuarzo y plagioclasa, existe una matriz microcristalina de la misma composición (cuarzo-plagioclasa) en donde abunda la sericita especialmente asociada a los planos de esquistosidad. Esta esquistosidad está siempre presente en todas las lavas en mayor o menor grado aunque no llegue a observarse macroscópicamente.

Dentro de estas lavas se frecuente la orientación de los cristales prismáticos (lineación) que debe ser debida a un flujo de la roca.

Dentro de las lavas se encuentran muchas variaciones que no hemos podido cartografiar a esta escala y que consisten:

a) En las distintas proporciones entre los tamaños de los fenocristales. Así tenemos lavas con alto contenido en fenocristales, con contenido medio, y sin fenocristales.

b) En la relación cuarzo/plagioclasas dentro de los fenocristales.

c) En el grado de cristalización de la matriz.

d) En el grado de alteración de las plagioclasas y de la matriz.

e) En el grado de esquistosidad.

f) En el grado de orientación de los cristales.

g) En la presencia a veces de autobrechaciones con fragmentos de distinto grado de cristalización, o con variaciones entre el grado de cristalización de los fragmentos y la matriz que los empasta.

En todas estas rocas de alto contenido en cuarzo libre, es frecuente la presencia de cuarzo de neoformación llegando a veces a recrystalizarse la matriz, los fenocristales de cuarzo e incluso a sustituirse cristales de plagioclasas por cuarzo en mosaico. Estos fenómenos de silicificación son muy intensos en la zona del anticlinal en las rocas atravesadas por las vetas de sulfuros; aquí, además de la removilización del cuarzo existente, se nos ha producido un enriquecimiento debido al aporte de cuarzo hidrotermal.

Aunque la roca dominante de esta unidad son las lavas con alteración general sericítica, es frecuente encontrar variaciones en el tipo de alteración, así como en el tipo de roca. Acompañando a la sericitización general, se presenta una débil cloritización y a veces una oxidación del hierro; esto hace que el color generalmente claro de las lavas cambie a un verde claro, o a un rojizo claro que en ocasiones puede llegar a ser muy intenso. Este cambio de coloración o de alteración creemos está relacionado con el ambiente de deposición (oxidante/reductor).

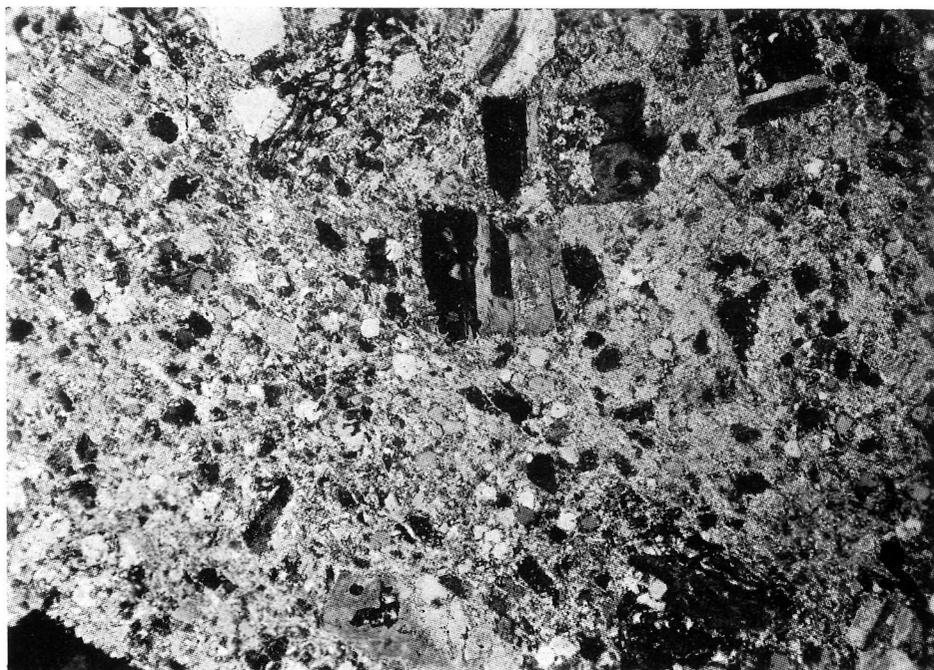


FIG. 7

( $\times 20$ ). Lava ácida con matriz sericitizada. Plagioclasas comenzando a sericitizarse. Roca del flanco S del anticlinal fuera de la zona de mineralización

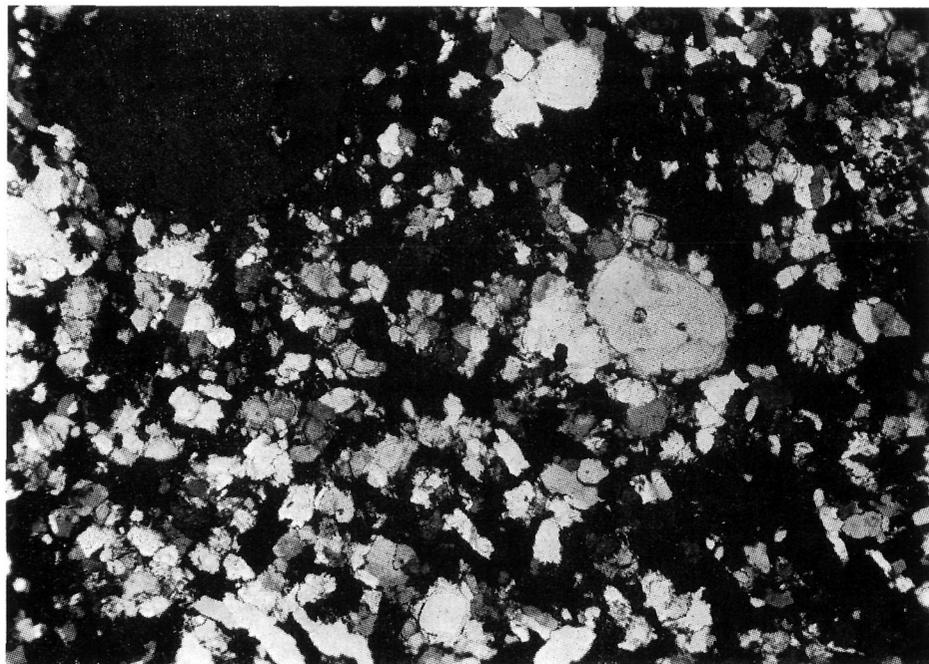


FIG. 8

( $\times 20$ ). Lava ácida cloritizada y muy silicificada. Roca del flanco S del anticlinal en la zona de mineralización

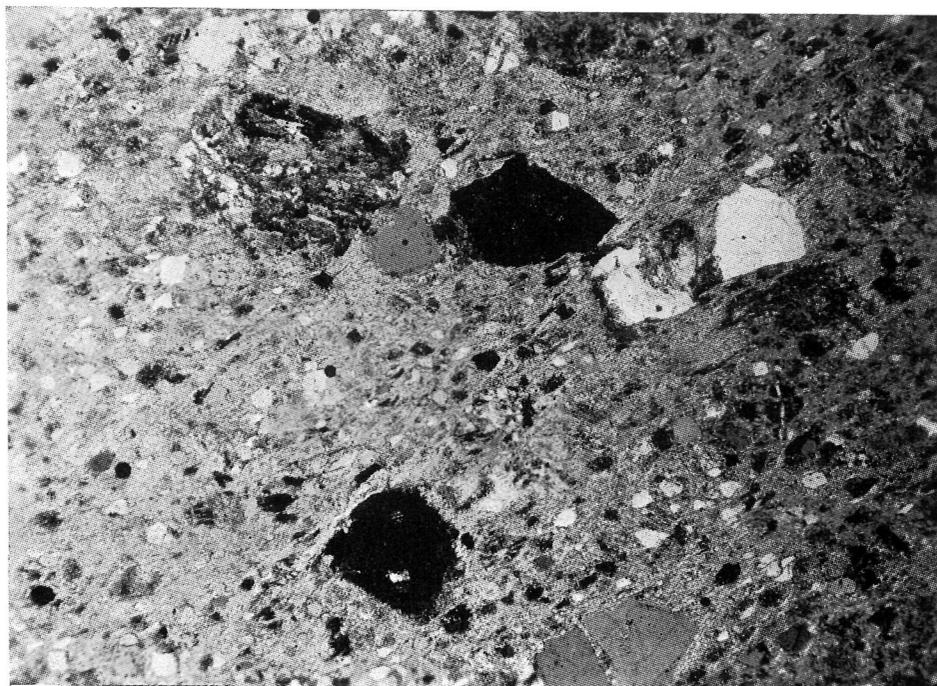


FIG. 9

( $\times 20$ ). Lava ácida con matriz sericítica esquistosa y plagioclasas alteradas. Del flanco S del anticlinal fuera de la zona de mineralización

El otro tipo de roca que junto con las lavas forman la unidad que estamos describiendo, son las brechas y aglomerados volcánicos.

Los aglomerados aparecen localmente en pocos afloramientos asociados a tobas o lavas volcánicas. Están formados por fragmentos de lavas riolíticas de carácter generalmente afanítico, con tamaños que varían desde los 3 a los 15 cm. La matriz es de toba de tipo igualmente riolítico afectada por una fuerte esquistosidad y sericitización.

Las brechas son igualmente de tipo riolítico y las tenemos desde los tamaños casi toba grosera, hasta las brechas de bloques. En los de tamaños similares a los aglomerados se presenta una matriz tobácea esquistosa riolítica con proporción variable de fragmentos. Las brechas de bloques mayores en general están recrystalizadas sin matriz piroclástica que los empaste. Ambos tipos de brechas se presentan asociados a lavas en toda la mitad W del anticlinal y en menor grado y tamaño en la mitad E; dentro de la mitad W encontramos que las brechas de bloques se localizan en el centro del afloramiento, mientras que los de tamaños menores bordean a las anteriores. Esta distribución de tamaños, junto con la presencia de tobas riolíticas en el afloramiento más occidental del anticlinal, nos hace suponer que el foco volcánico explosivo no debía estar muy lejos de esta zona. Pero además, dado que en las brechas de tamaño medio es frecuente encontrar fragmentos de lava riolítica roja con aspecto de jaspe, suponemos que el foco volcánico submarino no debía ser muy profundo, llegando dichos fragmentos a alcanzar niveles de ambiente muy oxidante.

*Rocas piroclásticas.*—Incluimos dentro de las rocas piroclásticas del Complejo Acido, a todas las rocas que tengan este origen y que se sitúen estratigráficamente dentro de dicho Complejo Acido, independientemente de su tamaño de grano.

Son por tanto, rocas silíceas, de tamaños variables entre la cinerita fina y la brecha volcánica, y que se presentan siempre asociadas a las lavas y brechas riolíticas; aunque a veces pueden ser similares a las cineritas del Complejo Básico infrayacente o a las de la unidad de transición situada sobre ellas.

Como vemos en el plano, las rocas piroclásticas se concentran: en la base del Complejo Acido en toda su extensión, y en el centro y techo dentro de la zona S, en el extremo NW de la zona cartografiada; pero además, se presentan lentejones aislados, de dimensiones reducidas, dentro de las lavas y brechas riolíticas.

Aunque todas las tobas las hemos cartografiado sin hacer distinciones, en realidad hay muchas variaciones dentro de ellas.

Las tobas de la base son generalmente menos silíceas que el resto aunque siguen conservando el carácter riolítico-riodacítico. Además dentro de ellas existen muchas variedades estructurales que varían desde las cineritas silíceo-feldespáticas a las brechas de fragmentos afaníticos silíceo-feldespáticos y matriz con la misma composición, acompañada de clorita que les da un color verde. En ocasiones, en el extremo SE pueden llegar a presentarse como lavas, y en el extremo SW como tobas con sedimentación graduada. En el centro del anticlinal, aunque están muy silicificadas y cloritizadas, se les puede reconocer su estructura de tobas groseras-brechas, con aspecto a veces de lavas y con pasos locales a las brechas de tamaño fino en la mitad SW de dicho anticlinal.

Las tobas situadas en la rama S tanto en el centro como en el techo del Complejo Acido son de estructura generalmente grosera similar a los de la base, pero tienen composición típica riolítica y están afectadas por una fuerte esquistosidad.

Las tobas situadas en el extremo NW del anticlinal son también de composición riolítica pero de grano fino y fuertemente esquistas. De este tipo son la mayoría de los lentejones aislados que aparecen dentro del Complejo Acido y no cartografiados.

#### SERIE DE TRANSICIÓN

Se define como Serie de Transición un conjunto de rocas muy diversas de origen generalmente piroclástico y sedimentario, con tipos rocosos que varían desde las típicas lavas riolíticas hasta las pizarras carboníferas. Son de colores fuertes; blanco, verde, rojo, en función del tipo de alteración: sericitica, cloritica, hematítica respectivamente; pero es muy frecuente la mezcla de todos los colores en la misma roca.

Su carácter general piroclástico, explica la existencia de grandes variaciones laterales y verticales de estas rocas que incluso en ocasiones casi llegan a desaparecer.

Geológicamente, la Serie de Transición, nos indica el final del proceso volcánico y comienzo de la deposición de materiales terrígenos. Esta disminución de la actividad volcánica nos crea un ambiente favorable para la



FIG. 10

( $\times 20$ ). Toba silícea con granos de cuarzo, fragmentos de cinerita y sulfuros diseminados o concentrados en lentejoncillos. Muy sericítica y esquistosa. Roca de Masa San Antonio situada debajo de los sulfuros masivos

deposición de los sulfuros metálicos que progresivamente han ido enriqueciendo las aguas marinas durante el período activo del vulcanismo.

Es, pues, en esta Serie de Transición en donde se sitúan las masas de sulfuros de la zona de Riotinto.

Aunque la base de esta unidad está generalmente bien definida, en ocasiones es difícil establecer el límite cuando tenemos en contacto tobas groseras-aglomerados de esta serie con las brechas finas del Complejo Acido infrayacente. Al mismo tiempo es muy difícil de definir el techo en donde se pasa de forma progresiva de las cineritas silíceas a las pizarras carboníferas; aunque normalmente se presenta un cambio de coloración del gris-verdoso al gris-negro, hay zonas tales como el extremo W en donde es prácticamente imposible establecer un límite preciso. En las zonas con límite superior dudoso se ha tomado como techo el final de la aparición de los lentejones hematíticos.

Dentro de esta unidad abundan los lentejones de brechas con fragmentos de distinto tipo de roca (lavas riolíticas del Complejo Acido, lavas afaníticas de la Serie de Transición, tobas cineritas diversas y mineral) empastados en matriz cinerítica o en mineral. Estas brechas tienen el mismo origen que las del techo del Complejo Básico, estando relacionadas con fenómenos de slumping producidos por las últimas explosiones volcánicas.

En general toda la Serie de Transición está afectada por una fuerte esquistosidad.

*Lavas y brechas volcánicas.*—Son unas lavas riolíticas muy silíceas, de textura afanítica y colores variables (rojo-blanco-verde) que se sitúan en el extremo E al techo de la rama S de volcánicas.

Están formadas por un mosaico de granos muy finos y del mismo tamaño de cuarzo y feldespatos. Presentan alto contenido en Mn, especialmente en forma de dendritas de pirolusita.

Estratigráficamente se sitúan encima del nivel de tobas líticas-aglomerados, y lateralmente pasan a brechas empastadas por cineritas diversas y por las propias tobas líticas infrayacentes. Aunque en estas brechas se nos presenta un problema en cuanto al origen de los fragmentos; al observarlos directamente pensamos en una brecha, pero vistos al microscopio tienen caracteres de cineritas silíceas recristalizadas con algunos cristales de plagioclasa y con gran cantidad de calcita en algunas muestras. Pero además de la abundancia de calcita sin conexión con vetas y totalmente incluida en la roca, se observan núcleos de cuarzo fibroso radiado que podría ser coloidal. Pero por otro lado, los fragmentos están orientados con la esquistosidad con formas angulosas similares romboides. Con todas estas observaciones interpretamos estas brechas como de origen tectónico a partir de bandas de cinerita silíceas con intercalaciones más feldespático-sericíticas y ambas rotas por la esquistosidad en fragmentos de sección romboidal; esto no excluye la existencia de auténticas brechas asociadas a las tobas líticas infrayacentes. Este fenómeno de brechas tectónicas se nos repite también con bastante frecuencia en las cineritas silíceas superiores en las zonas de alto contenido silíceo.

Además de las lavas descritas, aparecen auténticas brechas volcánicas asociadas también al techo de las tobas líticas.

Están formadas por fragmentos y bloques de lava riolítica englobados en los niveles de tobas líticas y cineritas.

*Tobas lítico-cristalinas.*—Es la unidad más representativa de toda la Serie de Transición ya que en ella se encuentran representados casi todos los tipos rocosos de dicha Serie, incluido a veces los lentejones de mineral masivo. Se sitúa directamente encima del Complejo Acido y aparece con mayor o menor potencia a lo largo de casi todo el techo de dicho Complejo Acido, tal como se indicó en el plano, aunque a veces se ha exagerado su potencia para poder cartografiarla a su escala. No aparecen tobas lítico-cristalinas en las zonas con sulfuros masivos situados encima de su stockwork; no sabemos si es que no existieron o que quedaron disueltas y asimiladas por las soluciones hidrotermales mineralizadoras.

Los términos más representativos de esta unidad están formados: por fragmentos de cinerita silícea, cinerita silíceo-sericítica y cinerita silíceo-hematítica, por granos de cuarzo y por grandes cristales de plagioclasas

alterada a sericítica-carbonatos; todo a su vez empastado en una matriz de cinerita silíceo sericítica, hematítica y clorítica que les dan los colores típicos abigarrados.

Pero estas tobas típicas pueden variar según la proporción de matriz llegando a ser a veces casi exclusivamente cineritas abigarradas. En ocasiones pueden haber sufrido transporte depositándose en bandas de distinto color y tamaño que nos indican la inestabilidad del ambiente sedimentario en este momento.

Todas estas tobas tanto bandeadas o no, pueden sufrir fenómenos de slumping que originan pliegues y brechas. En relación posible con estas brechas de slumping tenemos los citados lentejones poligénicos, incluidos todos en el nivel de tobas líticas, salvo los lentejones de sulfuros masivos. Estos lentejones poligénicos se encuentran en las proximidades de los sulfuros masivos alejados de su stockwork ya que el origen de ambos está en relación con las depresiones submarinas; unos por la presencia de condiciones físico-químicas óptimas para depositarse en estas depresiones, y otros por ser allí donde confluyen todos los materiales que han sufrido fenómenos de slumping.

La relación entre lentejones poligénicos de slumping, tobas líticas y lentejones de sulfuros masivos, se ve perfectamente en la Masa San Antonio, en donde parte de la mina son con toda seguridad lentejones bréchicos poligénicos con predominio de sulfuros tanto en los fragmentos como en la matriz.

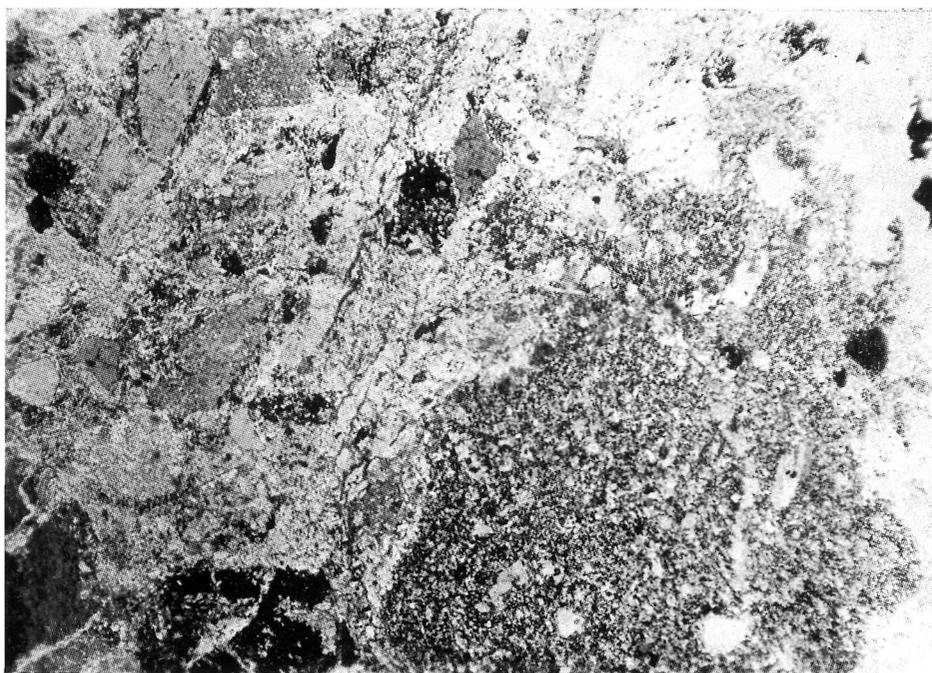


FIG. 11

( $\times 20$ ). Toba lítico-cristalina abigarrada. Con fragmentos de cinerita silíceo y cristales de plagioclasas sericitizadas. Roca de Masa San Antonio en el techo de los sulfuros masivos.

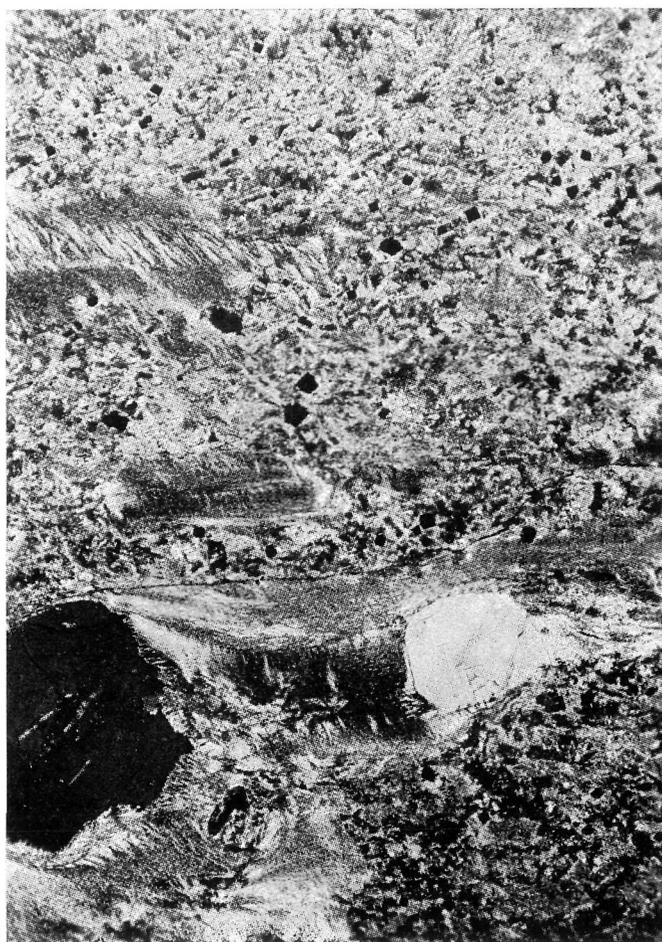


FIG. 12

( $\times 20$ ). *Toba silíceo-sericítica esquistosa con sulfuros diseminados. Lentejón dentro del mineral de Masa San Antonio*

*Cineritas*.—Es la unidad que junto con las tobas lítico-cristalina se encuentra representada en toda la Serie de Transición a lo largo de toda su extensión. Al igual que dichas tobas, también presenta variaciones de potencia y son frecuentes los cambios laterales y verticales tanto en granulometría como en color y composición. Las potencias mayores se encuentran en los extremos E y W de la zona y es en estos puntos en donde es difícil definir su contacto con las pizarras carboníferas, debido probablemente a su mayor contenido en materiales terrígenos.

En general son cineritas de grano fino formadas por microcristales de cuarzo y plagioclasas alteradas a sericita. Es frecuente la presencia de clorita y carbonatos diseminados con concentraciones locales que casi originan calizas en las bandas de mayor concentración. A veces los tamaños de los granos de cuarzo-plagioclasas no son regulares, apareciendo granos mayores empastados en una matriz microcristalina de los mismos componentes, rica en sericita.

la proporción de granos de cuarzo, la granulometría y la presencia de fragmentos cineríticos anteriores nos definen las distintas variedades de cineritas

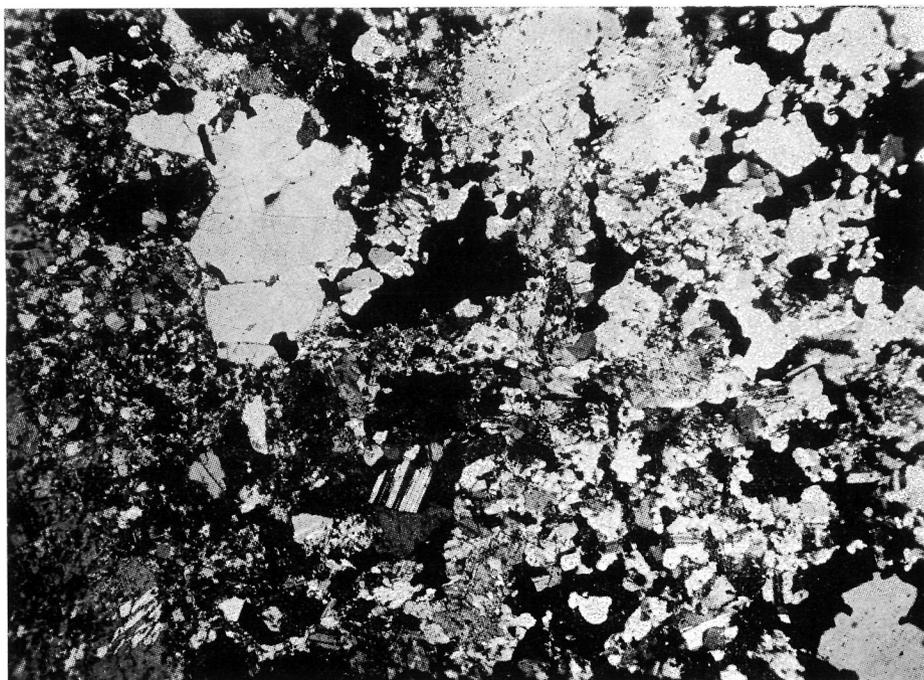


FIG. 13

( $\times 20$ ). Lentejón de Masa San Antonio. Sulfuros, plagioclasas, barita, cuarzo y carbonatos

que normalmente suelen presentarse formando bandeados dentro de la misma unidad. Estos bandeados se diferencian facilmente por los diferentes colores asociados a cada tipo de roca. Así tenemos cineritas silíceas microcristalinas en donde se ven núcleos fibrosos radiados posiblemente coloidales, son de colores blancos, verdes y rojos, similares a las brechas tectónicas citadas como correlacionadas con las lavas afaníticas y que aquí también se presentan a veces con la misma estructura bréichica.

Cuando aparecen los bandeados de los distintos tipos de cineritas se observan unas bandas sericítico hematíticas ricas en carbonatos que pasan de forma progresiva a otras formadas por fragmentos de cinerita sericítica mezclados con granos de cuarzo y plagioclasas sericíticas-carbonatadas dentro de una matriz sericítica con abundante clorita. Este bandeo a veces se nos produce a gran escala dándonos los distintos niveles cloríticos y hematíticos asociados a los típicamente silíceo sericíticos.

Tenemos por tanto que los tipos más representativos de esta unidad son:

a) Cineritas silíceo-feldespáticas muy sericitizadas y con algo de clorita diseminada. Con carbonatos diseminados. Diferentes granulometrías.

b) Cineritas muy silíceas algo sericíticas con posible sílice coloidal y con núcleos de carbonatos.

c) Cineritas silíceas sericíticas y muy hematíticas, también con carbonatos.

d) Cineritas muy cloríticas en bandas aisladas formando auténticas tobas lítico-cristalinas con fragmentos de cinerita sericítica, de cuarzo y plagioclasa alterada, y matriz sericítica muy rica en clorita. Son frecuentes los carbonatos.

Finalmente y en las zonas de límite dudoso con el Carbonífero se nos forman unas cineritas con alto contenido en material arcilloso o unas pizarras ricas en granos silíceos de tamaño muy fino. Localmente, y antes de llegar a las pizarras superiores, empiezan a depositarse delgados niveles de pizarras carbonosas.

Estas cineritas aparecen frecuentemente alteradas en las proximidades de las masas de sulfuros en donde los feldspatos se descomponen a montmorillonita. Pero parte de esta alteración creemos que es de origen fumarólico producida durante la deposición de estas cineritas.



FIG. 14

( $\times 20$ ). Cinerita lítico-cristalina bandeada. Bandas de grano fino sericíticas-hematíticas, y otras de grano grueso, fragmentos cineríticos, plagioclasas y cuarzo en matriz sericítico-clorítica. De Masa San Antonio

*Rocas silíceas.*—Se incluyen aquí una serie de rocas de origen no muy bien conocido y cuya característica fundamental es su alto contenido en cuarzo. Han sido siempre interpretadas como jaspes o chert según su coloración. Este tipo de rocas se han encontrado en todos los tramos de la zona estudiada, en el Complejo Básico, en el Complejo Acido, y en la Serie de Transición.

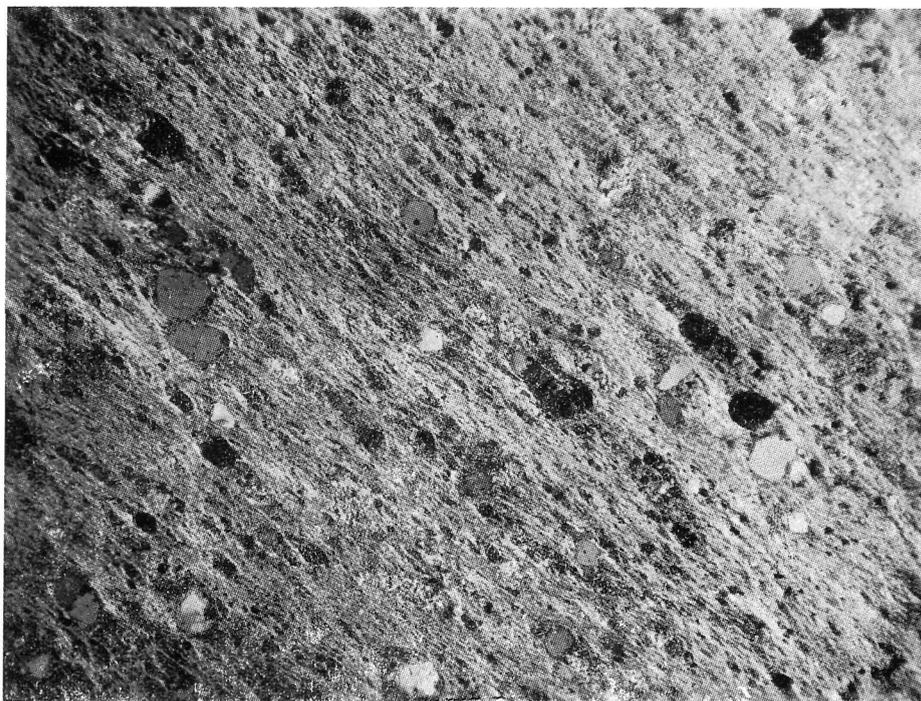


FIG. 15

(× 20). *Cinerita silíceo-sericítica esquistosa de Masa San Antonio*

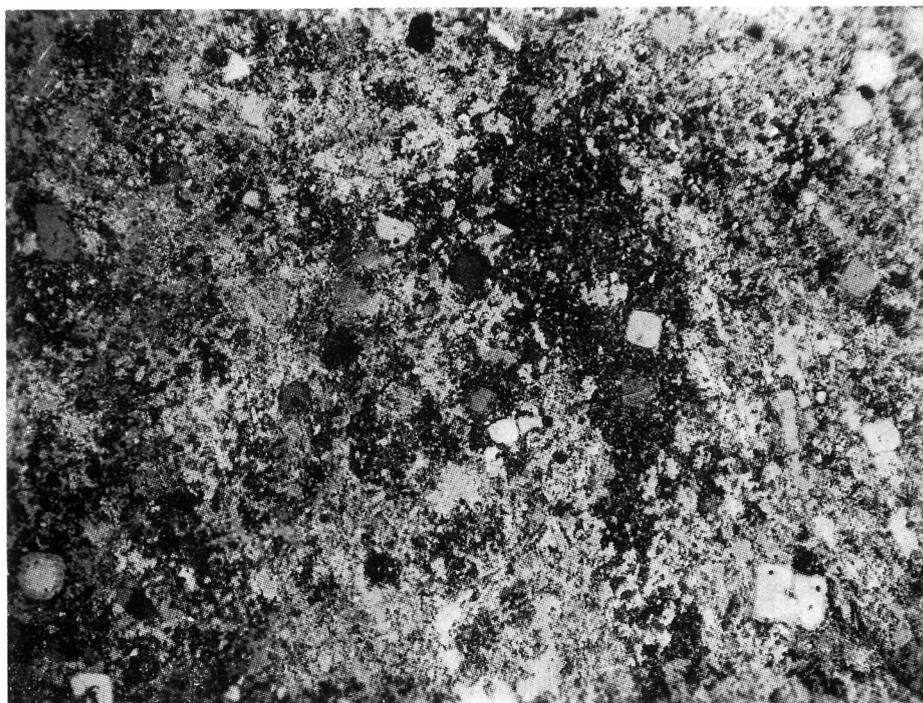


FIG. 16

(× 20). *Cinerita silíceo-sericítica, impregnada de carbonatos. De Masa San Antonio*

Las rocas silíceas del Complejo Básico ya los hemos citado y descrito como de origen cinerítico con probable aporte coloidal, pues creemos que todas las de los otros tramos se han formado de idéntica manera pero con mayor o menor proporción de sílice coloidal.

Dentro del Complejo Acido en el extremo W de la rama S, tenemos un afloramiento de rocas silíceas muy impregnadas de óxidos de hierro con aspecto de jaspes. Al estudiarlas con detalle se vio que eran cineritas típicas muy silíceas y recristalizadas que lateralmente pasan a niveles típicos de cineritas silíceo-sericíticas hematíticas. Este mismo origen tiene gran cantidad de pequeños lentejones que con las mismas características se asocian a los niveles de cineritas hematíticas dentro de la Serie de Transición. Pero este mismo fenómeno se da con los jaspes verdes asociados normalmente a cineritas silíceas cloríticas. En ambos casos, además del aporte piroclástico hay indicios de sílice coloidal.

En pequeños lentejones silíceos asociados a la unidad de tobas lítico-cristalinas y que podrían tener una posición estratigráfica similar a la de los sulfuros masivos, encontramos unas texturas coloidales predominantes. Estos lentejones, o concentraciones silíceas, van acompañados generalmente de Mn y son los únicos que consideramos como auténticos jaspes. Es frecuente encontrar estos jaspes en la mitad W del área estudiada.

Semejante a los jaspes es un afloramiento de roca silícea (Chert) cartografiada en el extremo E del anticlinal y ya descrita por WILLIAMS (1934).

Además de los dos tipos de rocas silíceas ya descritos, encontramos unos jaspes rellenando fracturas dentro de las lavas riolíticas. Estos jaspes que han sido observados a 400 m. al E del Campillo parecen tener un origen secundario.

Las rocas silíceas sedimentarias consideradas como auténticos jaspes deben ser contemporáneas al mineral ya que dentro de éste y en contacto con su techo aparecen núcleos de jaspes acompañados de pirita, arsenopirita, baritina y carbonatos. Además en los lentejones poligénicos del techo de los sulfuros es frecuente encontrar fragmentos de estos jaspes.

*Sulfuros Masivos y Monteras de Hierro (Gossan).*—Dentro de la Serie de Transición y asociadas a las tobas lítico-cristalinas abigarradas, se encuentran unas masas lenticulares de sulfuros que en general presentan estructuras sedimentarias, a veces perfectamente desarrolladas.

La composición mineralógica de estas masas es la siguiente:

Pirita	Pirrotina	Algunos minerales secundarios
Calcopirita	Bournonita	Cuarzo
Blenda	Tetraedrita	Calcita
Galena	Enargita	Baritina
Arsenopirita	Otros accidentales	Plagioclasa

Dentro del conjunto de masas de Riotinto, existen dos grupos en relación a su posición respecto del stockwork. Unas masas se encuentran localizadas

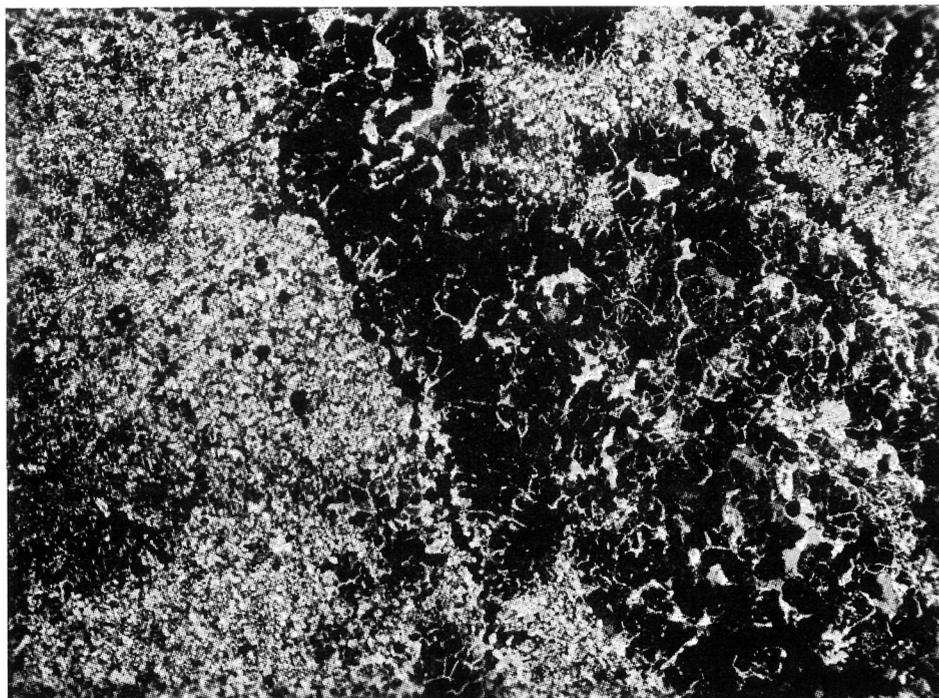


FIG. 17

( $\times 20$ ). *Roca silícea (Jaspe)*. De la Serie de Transición, flanco N del anticlinal

directamente sobre su stockwork o chimenea fumarólica; a este grupo pertenecen: Masa San Dionisio, Filón Sur, Masa Planes y Filón Norte.

El otro grupo está formado por masas alejadas de su stockwork conservando estructuras sedimentarias y de slumping perfectamente desarrolladas; a este grupo pertenece Masa San Antonio y Masa Valle, aunque los extremos de las masas del grupo anterior pueden considerarse como pertenecientes al segundo, tanto por su estructura y paragénesis como por su gran distancia al foco de stockwork.

Aunque hemos agrupado las masas en dos tipos diferentes, en realidad existen muchas semejanzas entre ambos tipos, y a veces muchas diferencias incluso dentro de la misma masa. Estas diferencias y similitudes entre masas o entre lentejones de la misma masa son de carácter estructural-textural y de paragénesis, y serán objeto de estudios posteriores junto con sus relaciones a las chimeneas de stockwork.

Como ya hemos indicado, las masas de sulfuros están relacionadas con la unidad de tobas lítico-cristalinas abigarradas, de forma que las podemos considerar casi como auténticos lentejones poligénicos asociados a estas tobas. Este carácter poligénico se ve claramente en las masas alejadas de su stockwork en donde gran parte de ellas son lentejones de acumulación de sulfuros y rocas, mezcla de aportes tipo slumping y aportes típicos sedimentarios, en la misma depresión submarina. En las masas situadas sobre su stockwork, en general son menos bréichicas, aunque en su base se sitúan gran cantidad de diversos lentejones similares a las masas transportadas.

En pequeños lentejones muy alejados del stockwork se observa mejor su carácter transportado. Son mezclas irregulares de sedimentos diversos y sulfuros con textura de slumping.

Se ha observado que la posición de los sulfuros con respecto a las tobas lítico-cristalinas, no es siempre la misma; pueden situarse debajo, interestratificados y encima. Esto nos indica que posiblemente las masas de sulfuros no son totalmente contemporáneas. También estudiaremos este problema con más detalle en trabajos posteriores.

Como parte de algunas masas de sulfuros afloran en superficie en mayor o menor grado, encontramos grandes desarrollos de monteras de hierro. Estas monteras aparecen en Masa San Dionisio, Filón Sur y Filón Norte. Entre Filón Sur y Filón Norte se situaba una masa de sulfuros en la charnela del anticlinal que se unía con ellas y que actualmente está totalmente gosañizada.

Las monteras de hierro están formadas por minerales de hierro oxidados-hematites y goetita acompañados de cuarzo, minerales arcillosos y baritinas de origen secundario con estructuras similares a las baritinas del karst. Además debido a que las masas piríticas tienen pequeñas cantidades de Au y Ag, al disminuir el volumen de las masas cuando se alteran, se nos produce un enriquecimiento de estos elementos en dichas monteras.

Pero además de las monteras originadas por la alteración de las masas de sulfuros, también se nos producen monteras al alterarse el stockwork de las rocas volcánicas; entonces se nos produce una intensa impregnación de óxidos en toda la roca. Es fácil distinguir ambos tipos de monteras tanto por su aspecto como por su composición mineralógica.

#### CARBONÍFERO

Forma el afloramiento más extenso del área de Riotinto y dado el poco interés para nuestro trabajo, ha sido poco estudiado.

Está formado por una serie monótona de pizarras más o menos silíceas y carbonosas con tramos en donde se presenta como un auténtico flysch de pizarras-cuarcitas en forma de bandas de 1/2 a 1 centímetro de espesor medio. A determinada altura, dentro del tramo Carbonífero y cerca del techo según RAMBAUD (1969) abundan las grauvacas y areniscas impuras, en bancos de potencia variable desde el dm. al m.

Según GONZALO Y TARIN (1870) es Carbonífero Inferior de facies Culm, según la clasificación de MALLADA de los fósiles de toda la provincia.

#### MIO CUATERNARIO (GOSSAN TRANSPORTADO)

Son los únicos sedimentos recientes de la zona y en general son óxidos e hidróxidos de hierro depositados discordantemente sobre las pizarras del Carbonífero. La forma de presentarse es siempre la misma y consiste en afloramientos irregulares formados por bandas superpuestas de óxidos-hidróxidos de hierro con frecuentes cantos diversos incluidos.

De estos afloramientos el más importante es el de Mesa de los Pinos y otros situados en los márgenes del Río Tinto en ciertos tramos de su recorrido. El hecho de encontrar estas masas de óxidos-hidróxidos de hierro, a dis-

tinta cota, a veces próximas al cauce de ríos actuales, y al ver que actualmente se están depositando materiales de este tipo con la misma estructura, en las charcas de los ríos, pensamos que pueden corresponder a charcas de distintos niveles de la evolución del río.

### *Caracteres estructurales*

Aunque el estudio estructural no es objeto de este trabajo, y lo realizaremos en un futuro próximo junto con el estudio de las mineralizaciones, es posible del examen del plano geológico y los cortes obtener una primera idea de los rasgos estructurales más destacados de la zona.

En primer lugar vemos que el afloramiento de rocas volcánicas de Riotinto, es un típico anticlinorio rodeado de pizarras carboníferas. Estas volcánicas se unen a las del afloramiento S por debajo de un sinclinorio carbonífero. Este anticlinal se hunde al E y al W en donde vuelve a formar otro anticlinal con dos ramas de diferente dirección: una N. 70° y otra N. 110-120°.

La formación de este anticlinal, corresponde a la etapa principal de plegamiento que origina pliegues de dirección general E-W con plano axial buzando al N y con desarrollo de una esquistosidad general N. 100-110° E. de plano axial, que también buza al N unos 75-85°

Posteriormente al plegamiento general se desarrollan unos pliegues menores LECOLLE (1970 y 1971) producidos por una nueva fase de plegamiento o por una etapa final de la primera. Aquí se nos produce un plegamiento de la primera exquistosidad con ejes de pliegues paralelos en general a los de la fase principal.

Además de las dos fases citadas, aparece una tercera que pliega los ejes de los pliegues de la primera según ejes de dirección N-S. Así en Corta Atalaya encontramos un anticlinal con el eje plegado en forma de escalera dando tramos semi-verticales y horizontales alternativamente. Esta fase debe ser la que produce el hundimiento al E y W de los ejes de los anticlinales de la primera fase.

## CONCLUSIONES

Del estudio litoestratigráfico realizado se deduce:

1. Existen cinco unidades estratigráficas bien definidas que son: Devónico, Complejo Básico, Complejo Acido, Serie de Transición y Carbonífero.
2. No existen límites netos y bien definidos entre dichas unidades. Así en el Devónico tenemos rocas ácidas al igual que en el Complejo Básico, y

en este Complejo Básico también tenemos pizarras devónicas. En el Complejo Acido tenemos cineritas similares a los de la Serie de Transición y aquí lavas del Complejo Acido. Del mismo modo no existe límite neto general entre la Serie de Transición y el Carbonífero.

Todo esto nos indica la existencia en determinado momento de un vulcanismo alternativamente ácido y básico, con predominio primero del básico y finalmente del ácido.

Pero a su vez el vulcanismo ácido estaba formado por varios focos próximos, con actividades independientes en el tiempo y el espacio; así vemos que dentro de la Serie de Transición típicamente piroclástica encontramos unas lavas riolíticas incluso después de depositarse las masas de sulfuros.

3. Las masas de sulfuros están asociadas a la Serie de Transición y en particular a las tobas lítico-cristalinas. Cuando los sulfuros son transportados existen tobas lítico-cristalinas en contacto con ellos, pero cuando se sitúan encima de un foco fumarólico, dichas tobas aparecen como un paso lateral de las masas de sulfuros.

4. Tal como se observa en las columnas estratigráficas y en los cortes geológicos, el núcleo de rocas cloríticas del Anticlinal, pertenece al Complejo Básico y no al Acido tal como se ha venido interpretando. La intensa clorización, silicificación y mineralización de estas rocas nos enmascaran sus caracteres primitivos, pero tanto estratigráficamente como petrográficamente se demuestra que pertenece a dicho Complejo Básico. El predominio de rocas piroclásticas en el núcleo del anticlinal en relación con los existentes en la rama S, se debe a una confluencia de las tobas hacia ese punto; así, en las columnas se ve mayor cantidad de tobas en la zona de Riotinto que en los extremos E y W, al mismo tiempo en sentido S-N se pasa de predominio total lávico a la existencia de abundantes tobas en solo 4 ó 5 kms.

5. La presencia de rocas sedimentarias sin diques ni chimeneas que las atraviesan en el centro del anticlinal, nos indica que el foco del vulcanismo ácido no se situaba en esta zona. Por este motivo y dado que aquí se situó el foco fumarólico, tenemos focos volcánicos y fumarólicos con distinta posición en el espacio.

6. La existencia de varios focos volcánicos ácidos independientes en el espacio y en el tiempo, y si admitimos que la formación de sulfuros masivos está relacionada con la actividad de estos volcanes, podemos admitir diferentes niveles de mineralización además del ya conocido dentro de la Serie de Transición. Esta idea esperamos comprobarla en trabajos posteriores.

7. La ausencia de una chimenea volcánica en el núcleo del anticlinal, y la presencia de estratificaciones en rocas sedimentarias con niveles guía bien definidos, nos definen el afloramiento de rocas volcánicas de Riotinto como una estructura típica anticlinal. Esta idea ya se suponía con anterioridad, pero al pensar que todo el afloramiento estaba formado por rocas ácidas no subdivididas, se admitía la posibilidad de que este afloramiento fuese un domo volcánico.

8. Dentro de la zona estudiada se definen, al menos, tres fases de plegamiento.

#### BIBLIOGRAFIA

- BERNARD, A. et SOLLER, E. (1971): *Sur la localisation géo-tectonique des amas pyriteux massifs du type Río Tinto*. C. R. Ac. Sc. Paris, 273 (D), 1.087-1.090.
- FEBREL, T. (1967): *Estratigrafía, Tectónica y Petrografía de la zona de Calañas (Huelva)*. E.N.A.D.I.M.S.A., Madrid.
- GONZALO Y TARIN, J. (1886): *Descripción física, geológica y minera de la Provincia de Huelva*. Mem. Com. Mapa Geol. Esp., 2 tomos.
- KINKEL, A. R. J. (1962): *Observation on the massive pyrite deposits of the Huelva district*. Econ. Geol., 57.
- LECOLLE, M. (1970): *Note préliminaire sur le métamorphisme et la tectonique de la Province pyrito-cuprifère d'Huelva*. C. R. Ac. Sc. Paris, 270 (D), 1.563-1.566.
- (1971): *Séquence lithostratigraphique et phases de déformation dans une partie de la province pyrito-cuprifère d'Huelva*. C. R. Ac. Sc. Paris, 272 (D), 1.956-1.959.
- (1972): *Successions lithologique et stratigraphique dans la province d'Huelva: position des minéralisations manganésifères et pyriteuses*. C. R. Ac. Sc. Paris, 274 (D), 505-508.
- LECOLLE, M. et ROGER, G. (1973): *Métallotectes lithostratigraphiques et paléogéographiques dans la province pyrito-cuprifère sud-Ibérique*. C. R. Ac. Sc. Paris, 276 (D), 141.
- RAMBAUD, F. (1964): *Notas geológico-estructurales de la zona Norte de Río Tinto*. Est. Geol., 19, 67-99.
- (1969): *El sinclinal Carbonífero de Río Tinto y sus mineralizaciones asociadas*. Mem. I.G.M.E., 71.
- ROSS, S. and SMITH, L. (1961): *Ash-Flow tuffs. Their Origin, Geologic Relations and Identification*. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap., 366.
- SCHERMERHORN, L. (1971a): *On outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt*. Bol. Geol. y Min., 82 (3/4), 239-268. Madrid.
- (1971b): *Pyritite emplacement by gravity flow*. Bol. Geol. y Min., 82 (3/4), 304-308.

SOLLER, E. (1971): *Observations préliminaires sur la province métallogénique de Huelva. Stratigraphie et tectonique.* C. R. Ac. Sc. Paris, 272 (D), 1.197-1.200.

STRAUSS, G. (1970): *Sobre la Geología de la Provincia Piritífera del Suroeste de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de Pirita de Lousal (Portugal).* Mem. I.G.M.E., 77, 1-266.

WILLIAMS, D. (1934): *The geology of the Río Tinto.* Mines. Trans. I.M.M., vol. 43.

— (1962): *Further reflections on the origin of the porphyries and ores of Río Tinto.* Trans. I.M.M., vol. 71.

(Recibido el 17 - IV - 74)