

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
DIRECCION GENERAL DE MINAS

## PLAN NACIONAL DE LA MINERIA

# programa nacional de investigación minera

Programa sectorial de investigación  
de minerales radiactivos



50015

**PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION MINERA**  
**Programa sectorial de investigación de minerales radiactivos**

**MINISTERIO DE INDUSTRIA**  
**DIRECCION GENERAL DE MINAS**  
**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**  
**JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR**

**Queda prohibida cualquier reproducción del Plan Nacional de la Minería, total o parcialmente, sin el consentimiento de la  
Dirección General de Minas**

El "Programa sectorial de investigación de minerales radiactivos constituye el quinto de los programas sectoriales en que se subdivide la sección sexta del Programa Nacional de Investigación Minera, que a su vez está integrado dentro del Plan Nacional de la Minería como capítulo primero.

El Plan Nacional de la Minería consta de una Introducción General y de los cuatro capítulos siguientes:

**CAPITULO I**

Programa Nacional de Investigación Minera.

**CAPITULO II**

Programa Nacional de Explotación Minera.

**CAPITULO III**

Programa Nacional de Legislación Minera.

**CAPITULO IV**

Programa Nacional de Política Social Minera.



## **GRUPO DE TRABAJO**

**Antonio de Acha Aracama  
Ricardo Arteaga Rodríguez  
Félix Cabañas Ruesgas  
Antonio Castellanos Alcántara  
Alvaro Castañón Gómez  
José Angel Fernández Amigot  
José Antonio Fernández Polo  
Sebastián García Hervías  
Julio Liarte Hurtado  
Juan Martín-Delgado Tamayo  
Agustín Martínez Martínez  
Enrique Mingarro Martín  
Francisco de Pedro Herrera  
Enrique Ramírez Ramírez  
Alfredo Reza Fernández del Nogal  
Enrique Suárez Mahou**

# SUMARIO

	<u>Páginas</u>		<u>Páginas</u>
0. INTRODUCCIÓN GENERALS	15	3.3.3 Enumeración de las labores de investigación realizadas ... ..	102
1. GEOLOGÍA, METALOGENIA. GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN DE LOS INDICIOS Y YACIMIENTOS ... ..	21	4. RESERVAS URANÍFERAS ESPAÑOLAS Y POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS EN LOS PRÓXIMOS AÑOS... ..	115
2. RELACIÓN DE INDICIOS Y YACIMIENTOS ... ..	25	4.0 Introducción ... ..	117
2.1 Yacimientos petrogenéticos ... ..	27	4.1 Precios inferiores a 10 dólares Ib U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ... ..	117
2.1.1 Santa Elena ... ..	27	4.2 Precios entre 10 y 15 dólares Ib U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ... ..	117
2.1.2 Zona de Porriño ... ..	27	4.3 Precios entre 15 y 30 dólares Ib U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ... ..	118
2.1.3 Indicio de Besullo (Asturias) ... ..	28	4.4 Producción actual y futura de concentrados uraníferos ... ..	118
2.1.4 Sierra Albarrana (Coto Carbonell) ... ..	28	5. NECESIDADES DE URANIO DEL MERCADO INTERIOR, EN CONEXIÓN CON EL PROGRAMA ELÉCTRICO NACIONAL... ..	121
2.2 Yacimientos metalogenéticos... ..	28	6. PROGRAMA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR Y PRESUPUESTO DE DE LOS MISMOS ... ..	129
2.2.1 Encajados en rocas organógenas ... ..	28	6.1 Prospección ... ..	131
2.2.2 Encajados en rocas areniscosas ... ..	30	6.1.1 Posibilidades uraníferas en España ... ..	131
2.2.3 Encajados en rocas granitoideas ... ..	33	6.1.2 Zonas reconocidas y resultados obtenidos.	132
2.2.4 Encajados en rocas metamórficas ... ..	63	6.2 Presupuesto previsible para prospección e investigación de yacimientos ... ..	133
2.2.5 Encajados en rocas pizarrosas ... ..	64	6.2.0 Introducción ... ..	133
3. PROSPECCIÓN E INVESTIGACIÓN DE INDICIOS Y YACIMIENTOS:	93	6.2.1 Plan de prospección para seis años ... ..	133
3.1 Consideraciones generales ... ..	95	6.2.2 Prospección aérea ... ..	133
3.2 Prospección del uranio; métodos y técnicas ...	95	6.2.3 Prospección sobre el terreno ... ..	133
3.2.1 Prospección ... ..	95	6.2.4 Detalle de presupuesto de prospección e investigación minera. ... ..	133
3.2.2 Etapas de prospección ... ..	96	7. BIBLIOGRAFÍA ... ..	137
3.2.3 Geoquímica ... ..	99		
3.2.4 Emanometría ... ..	99		
3.2.5 Laboratorio de mineralogía ... ..	101		
3.2.6 Investigación de yacimientos ... ..	101		
3.2.7 Evaluación de reservas ... ..	101		
3.3 Investigación minera y métodos empleados ...	101		
3.3.1 Sondeos ... ..	102		
3.3.2 Labores de investigación minera ... ..	102		

## **0. INTRODUCCION GENERAL**

Dentro de la presente monografía se estudia la amplia problemática de los yacimientos de uranio, único metal que tiene hoy interés industrial como combustible nuclear; no hace mucho tiempo, y aún hoy en día, es frecuente utilizar el nombre genérico de «materiales radiactivos» para englobar otros elementos, entre los que destaca el torio, por la posibilidad de llegar a constituir, previa su irradiación y transformación en  $U_{233}$ , otro de los materiales combustibles; pero hasta ahora es extraordinariamente compleja la problemática de su utilización industrial, a pesar de las intensas investigaciones llevadas a cabo. Este elemento se cita solamente en aquellos casos en que entra, como componente y junto al U, a formar parte de algunos minerales. En España son conocidos desde hace tiempo depósitos de arenas toríferas en algunas playas gallegas, en aluviones de Andalucía, etc. Y tanto en unos como en otros se han realizado algunos pequeños trabajos de investigación, pero ni por su poca importancia ni por lo dicho anteriormente han merecido hasta la fecha mayor atención.

La labor efectuada por la JEN en los últimos veinte años no sólo ha servido para localizar, investigar y determinar un relativamente considerable tonelaje de material uranífero, suficiente para cubrir las primeras necesidades de un amplio programa de energía nuclear industrial, sino que ha supuesto la iniciación, aplicación y desarrollo de una serie de técnicas y métodos adecuados a las particulares características de nuestras formaciones; al mismo tiempo que se ha sacado provecho de la experiencia y tecnología de otros países, que ha sido preciso adaptar a nuestras condiciones particulares, se ha contribuido, de forma diversa y continuada, a aumentar el acervo general del conocimiento de esta clase de yacimientos.

Cuando comenzó la demanda de uranio en el mundo, las primeras investigaciones se dirigieron hacia antiguas minas que habían sido explotadas para obtener el radio. Los tipos de yacimientos conocidos se reducían prácticamente a los pegmatíticos y mesotermiales del tipo Ag, Ni, Co, Bi, y por esta razón, los primeros esfuerzos de prospección se dirigieron hacia formaciones de estos dos tipos, pero pronto se llegó a la conclusión de que las pegmatitas no resultaban económicas y los de tipo Ag, Ni, Co, Bi no aportaban suficientes reservas. De todas maneras, estos primeros pasos fueron decisivos para llamar la atención sobre determinadas zonas, y, al extenderse la prospección, se han ido encontrando nuevos yacimientos de tipos desconocidos hasta entonces, algunos de los cuales han resultado ser de un volumen extraordinario.

El resultado es que actualmente los yacimientos conocidos abarcan desde las pegmatitas, pasando por todos los tipos hidrotermales, hasta los terrenos sedimentarios.

Los tipos elegidos para ser descritos corresponden, unos,

a yacimientos importantes y otros se han mencionado por el interés teórico que suponen desde el momento en que suministran datos interesantísimos para orientar futuras prospecciones.

Se debe señalar que, desde el punto de vista práctico, la mayor parte de las reservas hasta 1951 se encontraban en yacimientos filonianos, y después, hasta 1954, entraron en pleno desarrollo las reservas debidas a depósitos en conglomerados, comenzando a tomar un gran incremento las debidas a depósitos sedimentarios. Si bien los yacimientos filonianos descubiertos han mantenido su importancia relativa, pues sólo han disminuido ligeramente del 10 por 100 del total a que quedaron reducidos a partir de 1955, la esperanza en aumentar las reservas de uranio de modo efectivo ha quedado fijada, sobre todo, en yacimientos de tipo sedimentario, pues, sin que esto quiera decir que los filonianos hayan sido desechados, ya que para una nación como Francia pueden resolver parcialmente su abastecimiento, sí podría afirmarse que no llegarán a tener una intervención decisiva en el futuro con relación a las reservas totales de U a escala mundial.

La Junta de Energía Nuclear ha encomendado la prospección e investigación de indicios y yacimientos uraníferos a su Dirección de Geología y Minería, que en la actualidad cuenta con dos Divisiones y un Sector Minero, que es el de Ciudad Rodrigo, que está directamente asignado a la jefatura de esta Dirección. Por una parte, está la División de Investigación y Explotación Minera (DIEM), con jurisdicción sobre los sectores mineros de Cáceres, Andújar, Don Benito y Lugo, y sobre los que se vayan definiendo en el futuro, así como sobre la Sección de Sondeos, la de Estudios y Proyectos y la de Análisis y Técnicas Mineras, cuyas jefaturas también radican en Madrid. Por otra parte, existe la División de Investigación Geológica (DIG), que tiene jurisdicción sobre los sectores geológicos destacados, así como sobre los grupos de trabajo centralizados en Madrid, de Prospección Aérea, Geoquímica, Geofísica, Fotogeología, Electrónica y la Sección de Mineralogía. Al mismo tiempo, la jefatura de esta División está asistida por un jefe adjunto de División, que, a su vez, dirige los trabajos de la zona norte del país y el grupo de Prospección Aérea, y un jefe de sección de la zona sur, bajo cuya dependencia caen los trabajos de investigación y prospección allí realizados. El organigrama de las dependencias jurisdiccionales de la Dirección es el que se adjunta (fig. 0-1).

La DIEM tiene las misiones que le son propias, desde el punto de vista minero, a parte de prestar toda la ayuda necesaria a la DIG, en forma de ciertas labores mineras y sondeos; en cuanto a la DIG, cuya jefatura se encuentra centralizada en Madrid, tiene por misión principal organizar la prospección geológica, radiométrica y minera en

ORGANIGRAMA DE LA DIRECCION DE GEOLOGIA Y MINERIA DE LA JEN

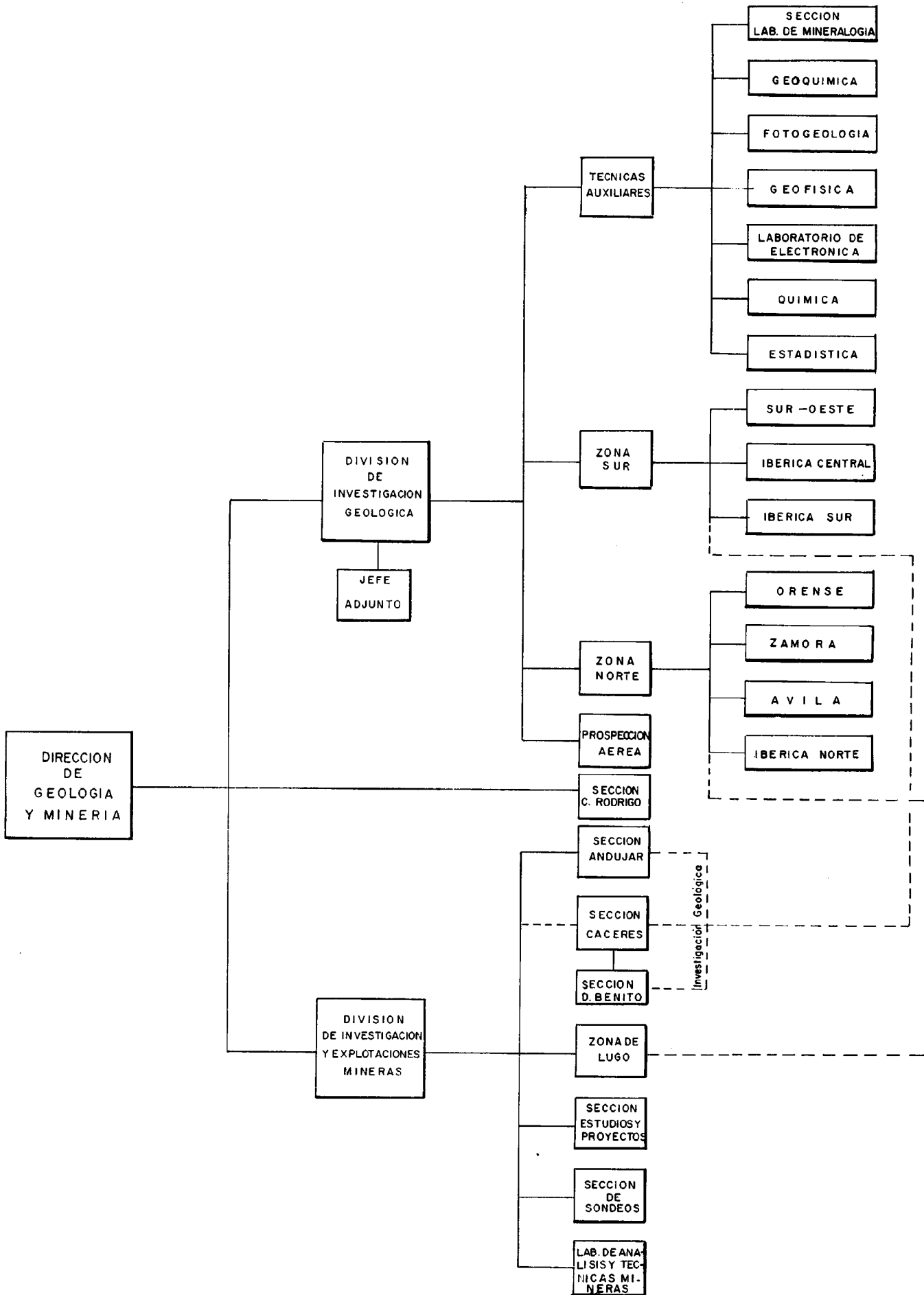


Figura 0-1

todo el territorio nacional, así como recopilar los datos obtenidos en las investigaciones.

Existe la flexibilidad necesaria para acumular todos los medios humanos y de material adecuados sobre los lugares que sea preciso investigar, basándose siempre en un orden de preferencia, que se mantiene puesto a punto en todo momento.

Antes de seguir adelante en esta introducción conviene explicar la razón por la que se hace referencia a la Junta de Energía Nuclear al hablar de la labor desarrollada en España en el campo de la prospección y beneficio de los minerales radiactivos. La razón es que, a pesar de que desde 1958 está liberalizada la investigación de este tipo de minerales, prácticamente la iniciativa privada no ha mostrado interés en esta tarea, si bien recientemente se han solicitado determinados permisos de investigación en las provincias de Madrid y Segovia. Las tres únicas excepciones de pequeños yacimientos o indicios particulares conocidos hace tiempo, y poco significativos por su pequeñez, han sido ayudados en parte de su investigación por la propia JEN, por lo que también ésta tiene los datos necesarios para reseñarlos, y así se hace en las fichas y en la presente Memoria.

Como resultado de la gran labor realizada por la Junta de Energía Nuclear se dispone de un gran archivo con millares de indicios y anomalías radiactivas, pero no tendría objeto el cumplimentar la enorme cantidad de fichas correspondientes, puesto que la finalidad sería la de su análisis para obtener unas conclusiones y directrices en lo que a prospección e investigación respecta, y este análisis se ha ido ya realizando por la JEN a lo largo de su trabajo y la presente Memoria. Se han seleccionado alrededor de 100 fichas de yacimientos o indicios que permitan presentar una visión global del panorama uranífero español, tanto en lo que se refiere a lo ya encontrado como a las posibilidades futuras del país.

La similitud y puntos comunes en descripciones de yacimientos que se puedan encontrar en este trabajo y la monografía de Minerales Radiactivos del Plan Nacional de Explotación Minera responde a una planificación conjunta y da idea de la coordinación real que existe en los cometidos y trabajos de la Dirección de Geología y Minería.

En el capítulo 1 se expone la distribución de los indicios y yacimientos uraníferos encontrados hasta la fecha en el marco geológico hispano y se explican los motivos y método de clasificación de los estudios geológico-metalogénicos descriptivos, que se incluyen en el capítulo 2.

Se dedica el capítulo 3 a exponer de modo sucinto las técnicas y métodos empleados por la JEN en la compleja prospección e investigación de los indicios y yacimientos uraníferos, como introducción y para hacer más comprensibles los programas de trabajo y su presupuesto.

En el capítulo 4 se pasa revista a las reservas uraníferas españolas, de modo que al unirlo al capítulo 5, en que se expone la producción actual y futura previsible en relación con el Programa Eléctrico Nacional, se obtiene un balance que demuestra la existencia de un mercado interior del uranio más que asegurado y cómo debe procurarse su abastecimiento, al máximo posible, con materias primas de origen nacional, se justifican plenamente los planes de prospección e investigación, que se incluyen en el capítulo 6.

Existen la organización, la tecnología necesaria y unos medios humanos y de material para llevar a cabo una labor tan importante. El único problema existente, si se quiere forzar su ritmo, es un aumento en los medios disponibles, tanto en los aspectos de prospección como de minería y el poner en explotación los yacimientos totalmente investigados; en caso contrario se seguirá trabajando al máximo ritmo que sea posible en cada momento para tratar de aumentar nuestras reservas y para poner en explotación los yacimientos encontrados.

**I. GEOLOGIA, METALOGENIA - GENESIS Y CLASIFICACION  
DE LOS INDICIOS Y YACIMIENTOS**



Los yacimientos de uranio, al igual que otros depósitos de minerales y, en general, cualquier colección de entes naturales, constituyen realmente un complejo de individualidades, cuya clasificación responde a un artificio basado en el establecimiento de analogías y diferencias; esta agrupación se basa en la consideración de distintos caracteres específicos y en la jerarquización de los mismos, dando mayor o menor preferencia a unos u otros. De ello se derivan posibilidades de clasificación muy distintas según los puntos de vista que se consideren.

El fichero de yacimientos tiene su origen en el Programa Nacional de Investigación Minera, y en él se ha efectuado una selección de los que tienen significación en cuanto a representatividad de los tipos con posibilidades de que, al proseguir la prospección e investigación sobre terrenos enmarcantes similares, se puedan conseguir buenos resultados.

En la clasificación se ha tenido en cuenta, por tanto, de manera primordial, el tipo de roca encajante, lo cual ofrece, además, la ventaja de ser un dato objetivo y no sometido a crítica, como es el caso de las clasificaciones que se basan en interpretaciones genéticas.

Es interesante hacer notar la gran variedad de tipos de yacimientos e indicios localizados, aunque si se considera al mismo tiempo la diversidad de terrenos geológicos existentes, no sólo por su naturaleza, sino también por sus edades y su significación en la constitución de lo que realmente se puede considerar un pequeño continente, no resulta nada extraña la idea apuntada al principio del presente párrafo.

De los 111 indicios, muy pocos se pueden clasificar como petrogenéticos: tan sólo Santa Elena (Jaén), Porriño (Pontevedra), Besullo (Oviedo) y sierra Albarrana (Córdoba). En la búsqueda de minerales es evidente que, si se encuentran formando parte de una roca determinada, es sencillo, mediante una investigación, bien bibliográfica o bien sobre el terreno, obtener la cartografía de sus afloramientos y, a través de la evaluación del contenido medio por demuestras, determinar el volumen económico de mineral. En ninguno de los cuatro casos que se consideran ahora, las leyes medias justifican explotaciones a los precios actuales del mercado. En general, de todas las pegmatitas señaladas en la bibliografía mundial del uranio, sólo se pueden explotar las de Canadá; Santa Elena guarda un enorme potencial, pero el contenido medio es bajo y el tratamiento muy difícil, y los otros dos casos, Porriño y Besullo, son de interés también remoto y, además, local y de pequeño volumen.

En cuanto al resto de los yacimientos, se denominan metalogenéticos, puesto que en ellos, por lo menos uno de los tres aspectos de génesis: origen, transporte y deposición de la mineralización, se relacionan de modo extrínseco con la roca encajante; el metalotecto puede, por tanto, estar alejado del yacimiento, lo que dificulta la planificación de la prospección, siendo necesario estudiar áreas

más extensas y hacer intervenir un número mayor de hipótesis. En el caso del uranio, los yacimientos metalogenéticos son los más en número, volumen e interés económico, lo que quizá se explique por la característica geoquímica del uranio de ser fácilmente movilizable en forma hexavalente, de manera que las rocas origen se dejan lixiviar uranio, que es transportado después y depositado en ambientes geológicos muy diferentes.

El elevado número de estos yacimientos se subdividirán según el tipo de roca encajante: rocas organógenas, areniscosas, granitoideas, metamórficas, pizarrosas.

En el primer grupo, rocas organógenas, todos los indicios están en relación con lignitos terciarios, y sus leyes y volúmenes mejores se han conseguido en Calaf (Barcelona), aunque, de todas formas, no son interesantes a los precios actuales del uranio. La experiencia conduce a la conclusión de una relación inversa entre la calidad, potencia, etc., del lignito y el uranio, es decir, que cuanto más utilizable es como carbón, menos contenido uranífero tiene. Esto dificulta el aprovechamiento conjunto de su poder energético como combustible directo, y la extracción de su uranio, de todas formas, puede constituir unas reservas interesantes para un futuro más próximo que las cuarcitas de Santa Elena (Jaén). En todo caso, la ley de la oferta-demanda y las posibles mejoras tecnológicas para extracción del uranio serán decisivas en su aprovechamiento.

Por lo que se refiere al grupo de indicios encajados en rocas areniscosas, en el que se más se trabajará en los próximos años, por lo decisivo que puede ser en cuanto al volumen de las reservas nacionales, la primera observación que cabe hacer es que, de momento, en los mismos se agrupan una serie de indicios algo heterogéneos: los más directamente relacionados son los de Soria y Ariño (Teruel). Los de Soria constituirán el tipo ideal del grupo por la naturaleza de la roca encajante: areniscas más o menos arcósicas poco consolidadas, de origen detrítico continental con restos de materia carbonosa, intercalaciones margosas en forma de lentejones que condicionan la circulación de fluidos. En resumen, se aproximan mucho a los yacimientos en sedimentario continental estadounidense, que han proporcionado grandes reservas.

Córcoles (San José, Guadalajara) y Loranca del Campo (Cuenca) encajan también en rocas areniscosas de los caracteres generales antes indicados; pero los episodios arenosos corresponden a un detrítico intramiocénico infrapontense poco desarrollado, por lo cual las perspectivas de volumen son más problemáticas que en los casos antes citados.

Eureka y Seo de Urgel, en Lérida; Leiza, en Navarra, y Palacios de la Sierra arman en areniscas ya mucho más compactadas y en las que la existencia de la mineralización viene más condicionada por una penetración a favor de fracturas que de la roca en sí. La edad es triásica, e incluso paleozoica.

Por último, se incluyen los indicios de la zona de Hellín

(Albacete), que no tiene en común con el grupo de rocas areniscosas más que el hecho de hallarse sobre rocas basálticas en ambiente sedimentario; pero parecía excesivo crear una subdivisión completa para estas anomalías, que, por otra parte, no tienen apenas interés.

Quedan ahora los dos grupos más interesantes: yacimientos encajados en rocas granitoideas y en rocas pizarrosas —los encajados en rocas metamórficas, Monesterio (Badajoz) y Lalín (Pontevedra-Orense) apenas tienen importancia—. Todos ellos siguen un amplio arco dentro del basamento variscico de la meseta, es decir, están claramente relacionados con la geología de la Península.

Este arco comienza junto a la falla del Guadalquivir, sigue el batolito de Los Pedroches, prosigue por Castuera y Montánchez, llegando a la frontera portuguesa por Alcántara; en conjunto, este tramo meridional arranca con dirección O-NO, para adoptar después la NO. El tramo septentrional del arco, de dirección mucho más hacia el norte, vendría definido por Ciudad Rodrigo, Orense y Lugo, y la interrupción del arco uranífero es territorial y no geológico, pues el hiato desde Ciudad Rodrigo a Orense se completa con los yacimientos portugueses de Guarda.

Es decir, todo sugiere que el origen del uranio se debe a las rocas granitoideas. Unos yacimientos se quedan en el mismo granito y otros en el metasedimentario enmarcante; pero, al igual que ocurre en Francia, cuando una masa granitoidea presenta yacimientos en su interior, no los da en el exterior, y a la inversa.

Este arco es el más investigado y prospectado por la JEN y a él ha venido dedicando muchos años de su tarea pasada, y aunque se piensa realizar más trabajos en él, con el convencimiento de que contribuirán a aumentar las reservas, no se cree que modifiquen, en gran proporción, las actuales. Es en el sedimentario continental postcarbonífero donde se piensa que se han de producir modificaciones sustanciales en dichas reservas.

Los yacimientos encajados en rocas granitoideas admiten, a su vez, numerosas subdivisiones, atendiendo, por una parte, a las diversas asociaciones de minerales que acompañan a las del uranio y, por otra, al estado tetravalente o hexavalente de este uranio en el yacimiento.

Así surgen los subgrupos siguientes: *coffinita-fluorina*, *pecblenda-sulfuros BGPC*, *pecblenda-sulfuros de Fe*, *pecblenda-sulfuros de Cu* y, finalmente, *minerales hexavalentes-limonita*, o simplemente *minerales hexavalentes*.

En todos ellos hay una mina tipo: Peralonso, Valdemascaño, Los Ratones, La Virgen y Perdices o San Felices y Los Propios, descritas con suficiente detalle en el capítulo 2, por lo que sería una redundancia el hacer más comentarios ahora, y situadas las dos primeras y las dos últimas en la provincia de Salamanca; tercera y quinta, en la de Cáceres, y La Virgen, en Jaén.

Finalmente, los yacimientos encajados en rocas pizarrosas, dentro de los cuales aparecen caracteres que permiten agruparlos, aparte de la naturaleza de la roca encajante, pero también peculiaridades suficientes para formar ciertos subgrupos, simplemente se señalarán tales distinciones.

El interés actual de tales yacimientos es muy grande, si se tiene en cuenta que constituyen hasta el momento el tonelaje básico de nuestra riqueza uranífera; sería suficiente para confirmarlo considerar la importancia de la zona de Ciudad Rodrigo y el yacimiento del Lobo, en la provincia de Badajoz.

Los yacimientos uraníferos del tipo de la mina Fe, de Ciudad Rodrigo (Salamanca), están constituidos por enri-

quecimientos alojados en estructuras brechificadas, dentro de ciertas áreas con fuerte tectonización. Es característica la pecblenda como mineral primario, si bien la alteración supergénica en régimen de oxidación ha originado el paso de dicho mineral primario a minerales secundarios, que van desde hidróxidos y silicatos hasta varias especies de fosfatos; la citada alteración ha sido en ocasiones tan intensa que el mayor volumen de mineral está representado por los secundarios, e incluso puede haber desaparecido la pecblenda totalmente. Desde el punto de vista de morfología de los yacimientos pueden distinguirse varios tipos, como son: *lenticulos*, *filones simples*, *filones ramificados* y *ámbitos globales con complejos de fracturas entrecruzadas*. El origen de la mineralización parece que va ligado a movilizaciones del uranio regional en régimen de penillanura y su circulación a través de ámbitos permeables, resultado de tectónica rígida de edad alpina.

Semejante al tipo descrito serían los yacimientos de La Gargiera, Ceclavín-Acehuche, en Cáceres; San Valentín, en Cardaña (Córdoba); Raso de los Machos, en Andújar (Jaén); Santa Creu de Olorde (Barcelona), etc.

Una variante, más bien de tipo morfológico, la constituye el yacimiento del Lobo (Don Benito, Badajoz), en el que la mineralización se aloja en bandas de pizarras, tectonizadas y brechificadas, más definidas y con un mejor control estratigráfico por la orientación de bancos de cuarcitas que limitan dichas pizarras; la regularidad direccional y la profundidad de la mineralización es mayor que en el tipo de la mina Fe. Las minas María Lozano y Pedregal pueden asimilarse al tipo de la mina Lobo, y están situadas en sus proximidades.

Existe una variante, que merece mencionarse, dentro del tipo de yacimientos en pizarras, formado por Cabra Baja, en Oliva de la Frontera (Badajoz), y otras afines, tales como Los Castillejos (Cáceres), Manjabálago-Grajos (Ávila), Guijo de Ávila, etc., cuyo carácter específico es que el enriquecimiento uranífero está representado únicamente por minerales de U, como son los fosfatos, que en este caso representarían la mineralización primaria; por lo demás, se trataría de procesos de enriquecimiento supergénico en ámbito de oxidación, con un desarrollo morfológico de los cuerpos mineralizados coincidente con alguno de los otros tipos de yacimientos en pizarras.

Una anomalía radiactiva particular, poco estudiada por lo reciente de su descubrimiento, es la de Molina de Aragón. La mayor radiometría va ligada a formaciones piroclásticas de tipo de tobas volcánicas, ricas en fosfatos; el encuadre provisional en este grupo es únicamente por el marco geológico general, que está formado por pizarras paleozoicas, de edad siluriana, donde hay otros indicios, y al cual afectó el proceso volcánico.

Como resumen de todo lo anteriormente dicho, el cuadro clasificativo de los indicios incluidos en la presente memoria queda establecido así:

#### *Yacimientos petrogenéticos*

#### *Yacimientos metalogenéticos:*

Encajados en rocas organógenas, areniscosas, granitoideas.

Asociación *coffinita-fluorina*, *pecblenda-sulfuros BGPC*, *pecblenda-sulfuros de Fe*, *pecblenda-sulfuros de Cu*.

Minerales hexavalentes-limonita o minerales hexavalentes solos.

Encajados en rocas metamórficas, en rocas pizarrosas. Tipo Ciudad Rodrigo, La Serena, Cabra Baja.

## **2. RELACION DE INDICIOS Y YACIMIENTOS**

## 2.1 YACIMIENTOS PETROGENETICOS

### 2.1.1 SANTA ELENA

La región aparece constituida en su casi total extensión por el Silúrico inferior Ordoviciense. Al norte de la zona, los sedimentos cámbricos se presentan en una reducida mancha, después de la cual los materiales ordovicienses se continúan ampliamente en la provincia de Ciudad Real. Los granitos de La Carolina limitan al sur este Paleozoico, al que metamorfizan en grado diverso, suponiéndose que se han formado a expensas de los materiales de él por un proceso de granitización. El conjunto está atravesado por una serie de diques de diabasas y dioritas.

La estructura responde a una formación plegado-fallada, con ejes de plegamiento orientados de ONO a ESE. En este estudio va a considerarse fundamentalmente un sinclinal de gran radio, que queda separado de otro existente más al norte mediante el núcleo de Despeñaperros, constituido por un doble anticlinal. Dos sistemas de fracturas afectan a este conjunto, siendo los repliegamientos muy destacados.

En los bordes del gran sinclinal del sur aflora una capa radiactiva con mineralización de uranio, circonio y titanio. Esta capa forma parte de la serie ordoviciense, constituida por cuarcitas de base, 100 m; cuarcitas, areniscas micáceas y pizarras alternantes (tramo en el que se encuentra la capa radiactiva), 50-70 m., y pizarras arcillosas oscuras, 200 m. La capa está representada en toda la sección transversal del sinclinal, extendiéndose ampliamente hacia el este y el oeste de la zona reconocida; los repliegamientos señalados hacen aumentar extraordinariamente su extensión y, por tanto, su volumen. En el flanco norte del sinclinal aparece aflorando con más continuidad y potencia.

La capa radiactiva está constituida por una arenisca cuarcitosa, de colores oscuros, dura, con rutilo, circonífera, de grano muy fino; cuarzo, 0,100 mm; circón, 0,05 mm. La composición de esta arenisca es: cuarzo, hasta el 40 por 100; rutilo, 25 por 100; ilmenita, 14 por 100; magnetita, clorita, sericita, materia arcillosa, materia carbonosa, feldespatos, turmalina, zoisita, piritita y apatito. Las leyes de radiactivos oscilan desde 0,013 a 0,057 por 100 de  $U_3O_8$ , del orden de 0,001 a 0,059 de  $ThO_2$ ; además tienen de 8,25 a 30,42 por 100 de  $TiO_2$ , y de 3 a 10 por 100 de  $ZrO_2$ .

Se admite que más del 80 por 100 del uranio está contenido en los circones.

La potencia de la capa varía de 0,30 a 3 m. La mineralización parece que se ha producido al mismo tiempo que la capa sedimentaria en la cual se encuentra.

La génesis del yacimiento se relaciona con la destrucción y transporte de materiales de tipo granítico, conte-

niendo radiactivos y otros minerales pesados: circón, ilmenita, rutilo, etc., que por su gran densidad se han concentrado, dando origen a un yacimiento con cierto carácter de placer.

Las reservas existentes son muy elevadas y la extensión de las áreas con esta capa mineralizada es muy grande en las provincias de Jaén, Ciudad Real, Córdoba, Badajoz y Cáceres.

### 2.1.2 ZONA DE PORRIÑO

Esta zona se halla en la localidad de Ermita de San Colmado, municipio de Porriño y paraje de sierra de Galiñeiro; dentro de ella aparecen diversos granitos y neises, además de otros afloramientos de anfibolitas y diversos diques ácidos. Entre los granitos los hay: biotítico de grano grueso, de color rosado y alta radiactividad de fondo (microclina, potasio); de dos micas, grano fino a medio, blanquecino, generalmente orientado (aunque a veces se le llame no orientado), casi siempre muy alterado; moscovítico, de grano fino, de color muy claro y menos meteorizado en general que el anterior; porfídico, en enclaves menores (Vigo), con cristales feldespáticos de varios centímetros en una matriz de grano medio; finalmente, una granodiorita, cordierítica, de la que sólo se han encontrado grandes bolos sueltos. Entre los neises, los hay: micácicos, pizarreros, con características microscópicas de paragénesis, los cuales forman la roca más extendida, la que contiene a todas las demás, y también formando bandas estrechas entre las mismas; muy frecuentemente este neis forma un complejo de anfibolitas, que se presentan en bandas estrechas y no de gran longitud; pero entre los neises hay que destacar los neises hiperalcalinos, de color gris azulado y laminación muy definida, neis al que la escuela de Leiden llama neis blastomilonítico. Una variedad de este neis es el que en la sierra de Galiñeiro contiene alta proporción de minerales radiactivos, circón, apatito, allanita, xenotina, con fuertes anomalías radiométricas.

Son frecuentes los filones de rocas básicas, de tipo diabasa, o de cuarzo y pegmatita, bien ésta es más frecuente en masas de contorno difuso, no filoniano. En una cantera en explotación de este último tipo de roca se encontraron, además de otras mineralizaciones de interés, manifestaciones secundarias de uranio.

Esta zona ha sido prospectada en fase detallada, confeccionándose el correspondiente plano radiométrico y algunas calicatas. Se advierte una distribución muy irregular de los minerales radiactivos, parte de los cuales, como ya se indicó, son toríferos. Todo ello permite considerar este área con un cierto interés, aunque no próximo, y podría ser aconsejable efectuar algunos sondeos.

### 2.1.3 INDICIO DE BESULLO (ASTURIAS)

En las proximidades de Cangas de Narcea existe una gran falla inversa, subvertical, que corta toda la región de sur a norte y con una anchura, en la zona que afecta, de unos cientos de metros. Esta falla separa el Precámbrico (pizarras del Narcea) del Cámbrico inferior, sobre el que cabalga aquél. Este Cámbrico inferior corresponde a la serie de Cándana, con cuarcitas, arenistas y unas dolomías pizarrosas; esta serie forma en Besullo un sinclinal y un anticlinal, de ejes N-S a N 10° E, antes de quedar cubiertos, al oeste, por la serie de los Cabos (Cámbrico superior Ordoviciense).

La anomalía radiactiva inicial se encontró en una roca, situada en el recorrido de la gran falla mencionada, con facies aplítico-pegmatítica y formada fundamentalmente por plagioclasa, dolomita-calcita y cuarzo jasperoideo (la silicificación llega a ser a veces casi total), con abundantes granos de piritita y pequeños núcleos, en diaclasas totalmente cicatrizadas de la roca, de uraninita. Estos núcleos suelen ser de unos pocos centímetros cúbicos; la radiactividad se manifiesta, además, en manchas de secundarios (gummita) de la pared rocosa o en la limonita y jaspe limonítico, que rellena otras diaclasas, o en impregnaciones difusas en el cuarzo criptocristalino de la masa rocosa de la plagioclita.

La prospección encontró otras anomalías ligadas a la gran falla inversa que dio salida a los materiales que forman la plagioclita descrita y sus mineralizaciones; en estos casos, la anomalía se presentaba sobre una potente brecha de cantos de dolomía y cuarcita y cemento arcilloso calizo.

Finalmente, existen otras muchas anomalías, todas ellas en la traza cartográfica de las dolomías de la serie de Cándana, pero en realidad ligadas a episodios cuarzo-areniscosos con lechos finos de minerales pesados de Ti (rutilo, ilmenita) y circones. La radiactividad en estos casos sería un indudable origen singenético; los análisis químicos no dieron un alto contenido en U, ni siquiera en Th.

### 2.1.4 SIERRA ALBARRANA (COTO CARBONELL)

La sierra Albarrana está constituida por un horst anticlinal de materiales silúricos metamorfizados, cuyo eje se hunde en su extremo septentrional. La zona axial está formada por cuarcitas feldespatizadas en sus flancos, en los cuales son frecuentes masas difusas de aplitas turmalíferas. Hacia el exterior de este núcleo afloran, sucesivamente, neises biotíticos plagioclásticos con intercalaciones de neises anfibólicos y micacitas de biotita, para terminar esta unidad anticlinal con los esquistos cloríticos que dominan toda la región.

Estas unidades están cortadas por una serie de diques, casi paralelos a la esquistosidad, de naturaleza varia: en las micacitas abundan los diques de cuarzo y algunas mineralizaciones de galena y calcopirita, así como pegmatitas andalucíticas; en los neises son más frecuentes las pegmatitas de epidota y microclina; en las proximidades de las cuarcitas dominan las pegmatitas de muscovita y berilo, y, ya en el contacto con la masa de cuarcitas, se localizan las pegmatitas uraníferas de microclina y cuarzo con uraninita y monacita, o de ortosa y cuarzo con brannerita.

Especial interés tiene en esta zona el hecho tectónico, toda vez que el sistema de fallas y fracturas condiciona la organización geológica y la morfología de la sierra y su red de circulación acuífera interna.

El pilar tectónico de sierra Albarrana está individuali-

zado por un sistema de fallas inversas, orientadas de NO a SE, cuyo plano se inclina hacia el sur unos 70° como valor medio; este sistema condiciona los contactos entre las diferentes unidades geológicas, los diques de rocas básicas lamprofidicas y muchos diques pegmatíticos. Subnormal a este sistema se desarrolla otro NE-SO, de menos repercusión morfológica, que, no obstante, cuarteo el horst en tres bloques independientes. El bloque norte se extiende desde el arroyo La Coma hasta el puerto del Acebuche; su orientación media es de N 35° O y tiene un acusado basculamiento al norte. El bloque central comprende hasta el puerto de El Cabril, tiene un rumbo N 50° O y un basculamiento de unos 8° S; en su parte meridional se ubican las masas pegmatíticas de los trabajos Beta y Diéresis. El tercer bloque, subhorizontal, se extiende a continuación hasta el collado del cerro de la Miel, tiene una orientación media de N 20° O y está subdividido en dos unidades por el tajo del río Bembezar.

Básicamente existen tres tipos de masas pegmatíticas que se denominan según el nombre de la cota más característica:

Tipo Diéresis. Forma una masa subvertical de unos 150 por 40 m, con su máxima dirección dirigida al N 10° O. Está formada por microclina, cuarzo, plagioclasas y pegmatita gráfica, con menores proporciones de moscovita, flogopita y biotita. La mineralización está constituida fundamentalmente por uraninita y monacita, con pequeñas proporciones de brannerita e ilmenita.

Tipo Beta. Está compuesto de tres diques de unos 70 por 7 m; cada uno adquiere direcciones de N 5° E a N 20° E. Está formado por unas pegmatitas alcalinas ricas en cuarzo, con ortosa, plagioclasas y biotita. La mineralización uranífera está casi únicamente constituida por brannerita, con turmalina y rutilo.

Tipo Veintinueve. Este dique tiene unas dimensiones de unos 120 por 7 m de dirección N 20°-50° E. Es petrográficamente análogo al tipo Beta, pero muy rico en turmalina y micas. La mineralización uranífera está formada por brannerita.

Existen otros tipos de diques pegmatíticos ricos en andalucita y berilo, situados en los flancos micacíticos de la sierra Albarrana.

## 2.2 YACIMIENTOS METALOGENETICOS

### 2.2.1 ENCAJADOS EN ROCAS ORGANOGENAS

#### 2.2.1.1 Calaf

La zona lignitifera de Calaf se encuentra situada en el extremo noroeste de la provincia de Barcelona, ocupando parte de las Hojas topográficas 1:50.000 números 361 y 362.

Desde el punto de vista geológico, la zona lignitifera de Calaf está situada dentro de la banda oligocena que da lugar al sector oriental de la Depresión del Ebro.

Los materiales sedimentarios existentes en la zona de Calaf son de origen continental y fueron depositados en una cuenca cerrada sometida a un continuo proceso de subsidencia desde el Eoceno superior hasta el Sanoisiense. Estos depósitos son correlativos con los movimientos tectónicos ascendentes ocurridos en los bordes de la fosa del Ebro, con los que se inició el proceso de regresión general y que se propagaron de este a oeste, como se manifiesta por la posición y naturaleza de los depósitos de la zona.

Al sur de Calaf, la base del Oligoceno está constituida

por series eminentemente detríticas formadas por conglomerados de elementos pequeños con frecuentes intercalaciones areniscas y margas. Esta formación detrítica, debido a los fuertes cambios de facies existentes hacia el interior de la cuenca, no aparece al norte de Calaf y, en su lugar, la base del Oligoceno está representada por una gran masa de yesos.

La formación oligocena de Calaf, de unos 800 m de potencia, está integrada, en general, por una alternancia de calizas, areniscas y margas de diferentes tipos y características. Las calizas, dominantes en los tramos superiores de la serie, son, en general, de aspecto sublitográfico, color gris, y aparecen dispuestas en potentes paquetes finamente estratificados; las margas presentan aspectos abigarrados o tonos claros, alcanzando en ocasiones gran desarrollo superficial; por último, las areniscas duras y compactas son de naturaleza predominantemente calcárea.

Desde el punto de vista estructural, toda la región está suavemente plegada por las últimas manifestaciones de los empujes alpinos. El plegamiento sigue una dirección general este-noroeste-este-sudoeste, formando suaves anticlinales y sinclinales.

La acción orogénica inicial se vio aumentada por las grandes masas de yesos subyacentes, los cuales se movilizaron diapíricamente a favor de los ejes anticlinales esbozados por los empujes tectónicos, por cuyos ejes, coincidentes con las líneas de mínima presión, se canalizó la fuerza ascendente de los yesos, acentuándose considerablemente la intensidad de algunos pliegues.

Es de gran interés el desarrollo de la red de fallas y fracturas producidas por los empujes tectónicos y favorecidas en su desarrollo por la movilidad y plasticidad de materiales subyacentes, tales como yesos y margas yesíferas. Dicha red de fracturas ha condicionado una tectónica de bloques bastante acusada en gran parte de la zona.

Los materiales radiactivos están constituidos principalmente por lignitos que aparecen intercalados en las series oligocenas de Calaf.

En total aparecen hasta seis paquetes principales, en los cuales las capas de lignito llegan a alcanzar un metro de espesor.

En general, la radiactividad de los lignitos varía mucho de un lugar a otro, oscilando en afloramiento entre las 500 y 2.500 c/s del aparato SPP2.

Las rocas encajantes de estos materiales carbonosos están fundamentalmente constituidas por calizas compactas y margas carbonosas.

El contenido uranífero de los lignitos de Calaf procede probablemente de la concentración de elementos radiactivos dispersos en las rocas sedimentarias más o menos próximas.

Además de estudios geológicos de detalle, se han realizado 36 sondeos verticales, que alcanzaron una profundidad comprendida entre los 200 y 400 m, los cuales cortaron las capas previstas de lignito, realizándose a continuación los oportunos análisis de los testigos correspondientes.

#### 2.2.1.2 Buñol

Las anomalías designadas como zona de Buñol (Valencia) se encuentran en las inmediaciones del km 11 de la carretera que va desde dicha localidad hacia Macastre y dentro de este término municipal.

Las áreas radiactivas se localizan en terrenos terciarios continentales, posiblemente de tipo lacustre, con series alternantes de capas horizontales de naturaleza arcillosa, arenosa y margosa, con algunos episodios calcáreos. En

los niveles margosos son frecuentes formaciones carbonosas, que, aunque en ocasiones parecen de tipo lignitos, más frecuentemente son turbas con relativo carácter esponjoso.

Las leyes de riqueza uranífera son muy bajas e irregulares, no pareciendo probable que en áreas interiores de las capas aumente el interés.

Puede suponerse un proceso genético de tipo supergénico por simple circulación de agua entre los niveles margosos y arcillosos, reteniendo el uranio las capas carbonosas.

No se advierten caracteres favorables, como serían paleocauces o franjas de fracturación, pero, en un marco más amplio, ha podido favorecer la formación de estos indicios la morfología general del zócalo mesozoico constituido por margas yesíferas del Keuper.

#### 2.2.1.3 Zona de Briviesca (Burgos)

Esta zona comprende un conjunto de anomalías, de las que destacan las situadas en el término de Carcedo de Bureba, recibiendo la denominación de Briviesca por haber sido esta localidad el centro del área prospectada.

Los indicios radiactivos aparecen fundamentalmente en ciertos niveles carbonosos de la cuenca terciaria de la Bureba. La serie general reposa discordante sobre el Cretácico, fuertemente plegado y fallado, siendo los sedimentos terciarios de facies lacustre y constituidos por diversos estratos de calizas, arenas silíceas y calcáreas, arcillas y margas.

Aunque las capas con anomalías son de considerable extensión, no se considera esta zona de suficiente interés a la vista de la baja ley de las muestras tomadas con radiometría más alta. Cabe, sin embargo, el proseguir en su día la investigación mediante sondeos, para explorar áreas internas de los afloramientos, dentro del Terciario, e incluso comprobar si pudiera existir una fuente del enriquecimiento en los fondos de las cuencas y dentro ya del Cretáceo inferior continental.

En principio puede aceptarse el criterio genético de enriquecimiento por movilización superficial semejante al tipo descrito para la zona de Buñol.

#### 2.2.1.4 Arenas del Rey

La formación lignitífera, en la cual se encuentran las anomalías que vamos a describir, está situada por los parajes del Calerico en el término municipal de Arenas del Rey (Granada), si bien parece que se extiende ampliamente al este y al oeste de esta zona. Su situación geológica corresponde a la cuenca miocena de Alhama de Granada, y dentro de ella se localiza bajo un Pontiense continental y superpuesto al Vindoboniense marino.

La cuenca de lignitos presenta varias capas muy tendidas, que muestran mayor o menor radiactividad, aflorando en los cortes naturales del terreno, si bien sólo parece tener más interés una de ellas, pues su potencia alcanza dos y más metros, contrariamente a las demás, que presentan menor espesor.

La mineralización uranífera, como es frecuente en los lignitos, no es visible. La radiometría que presenta es relativamente elevada.

Las capas de lignitos se muestran casi horizontales y van intercaladas y concordantes con otras de tipo margoso. Su continuidad parece grande, ya que las reservas de lignitos estimadas aquí alcanzan cifras muy elevadas.

### 2.2.1.5 Dos Aguas

El yacimiento se encuentra en la ladera izquierda de un estrecho valle que corre de este a oeste.

Las sierras que por el norte y sur enmarcan este valle están formadas por calizas cretácicas, dispuestas en gruesos estratos de dirección este-oeste.

En la ladera norte dichos estratos aparecen muy verticales, buzan al sur en los primeros 200 m sobre el valle y se doblan en rodilla a esta altura, dando lugar a un plano estructural. Esta estructura se aprecia en todos los barrancos afluentes que han de cortar dicha rodilla al descender desde aquel replano. Por encima de éste se elevan las crestas del Ave, en donde los grandes bancos calizos son horizontales.

La ladera izquierda, la del sur, por corresponder a la umbría, está cubierta de frondosa vegetación, que oculta el substrato rocoso, el cual queda al descubierto solamente en los barrancos que bajan por esa ladera, en los cuales se ve que los estratos calizos buzan al sur unos 40° (barrancos de la Sulsida y de la cabecera del arroyo de la Umbría).

Las discrepancias entre los buzamientos y facies de las rocas a un lado y a otro del valle surgieron la existencia de una gran falla conforme, de dirección E-O, sobre el actual emplazamiento del valle y que correspondería a un desgarro longitudinal de la rodilla paralela de la ladera norte. Al no haberse realizado una completa scriación estratigráfica no es posible precisar el movimiento relativo de los flancos de esta falla, pero alguno de los datos recogidos hacen creer que es el meridional el que ha ascendido.

Son abundantes las brechas de falla, que pueden verse en el km 19,5 de la carretera de Montroy a Dos Aguas y en el km 11 de la que viene a este mismo pueblo desde Maicastre.

En las partes bajas del valle y formando el cauce mismo del arroyo de la Umbría, se encuentran conglomerados, molasas, margas y arcillas, que pueden considerarse como de edad miocena por analogía con formaciones más extensas de zonas inmediatas. Tales materiales se encuentran muy trastocados, sin continuidad en su afloramiento y mezclados con los que son, evidentemente, arcillas y brechas de falla, derrubios de ladera, desplomes, etc.

De todos estos materiales, los únicos que se ofrecen adosados a las calizas cretácicas son unas pudingas que aparecen en los dos extremos del valle, al este, en el km 19 de la carretera a Montroy, y al oeste, en el km 10 de la de Maicastre. A partir de estos dos puntos, y hacia el centro del valle, aparecen las molasas, muy fragmentadas, pero cuya continuidad puede admitirse; estas rocas están entre los 400 y 500 m de nivel, pero fragmentos de esa pudinga y esa molasa, o de rocas muy parecidas, se han encontrado en la ladera sur a mucha mayor altura (sobre la cota de 600 m) y buzando al norte, es decir, discordantes con las calizas subyacentes.

Parece deducirse de lo expuesto que existe una cuenca miocena alargada en el sentido del valle en la que la pudinga adosada al cretácico contiene a la molasa; más tarde esta cuenca fue dividida longitudinalmente por la falla, trasladándose su mitad meridional a unos 100 m más de altura.

En la ladera meridional del valle descrito se encontró un afloramiento carbonoso de pequeña potencia y sin que se pudiera determinar bien ni su buzamiento ni las rocas encajantes. Se vieron además varias bocaminas derruidas y restos pequeños de escombreras, que, emplazadas en el cau-

ce del arroyo, han ido siendo arrasadas desde la época en que se depositaron (hace más de sesenta años).

En estos restos de escombreras, así como en el mínimo afloramiento citado, se registró una radiactividad de hasta siete veces el fondo, y el análisis químico señaló un contenido de 0,18 por 100 de  $U_2O_5$ , valor que supone un fuerte desequilibrio y que demostraría un origen reciente, geológicamente considerado, de la impregnación de estos carbonos.

### 2.2.1.6 Fraga

La cuenca lignitifera objeto de este estudio es la más extensa y homogénea que se encuentra en los terrenos oligocenos del valle del Ebro. Los afloramientos carbonosos principales aparecen en su extenso polígono que tiene como vértices a los pueblos de Fraga, Serós, Mayals, Ribarroja de Ebro y Nonaspe, y que se extiende por las provincias de Zaragoza, Huesca, Lérida y Tarragona.

Los niveles ligníferos son de edad sanosiense, y aparecen asociados a calizas y margas carbonosas, siendo la posición de la formación prácticamente horizontal.

La zona principal, en la que afloran cuatro paquetes de lignito, se encuentra al oeste de Almatret, pero hasta el barranco de la Canota, en el límite de la provincia de Lérida con la de Zaragoza, no aparecen los niveles ligníferos de mayor potencia.

En toda la cuenca existen numerosas explotaciones mineras en las cuales se han podido observar los frecuentes cambios de facies de la formación oligocena, apreciándose perfectamente la gradación existente entre los depósitos de borde, de tipo conglomerático, y los propios de zonas más interiores de naturaleza calcárea o margosa.

Respecto a la calidad de los lignitos cabe destacar que los niveles inferiores son duros y compactos, mientras que los superiores son más leñosos y a veces térreos. Su densidad media es de 1,2 a 1,3, y su potencia calorífica varía entre 4.000 y 5.500 cal, con un 15 a un 40 por 100 de cenizas.

Después de una prospección regional de la zona y un primer desmuestre, se realizó una prospección detallada, con estudio estratigráfico, determinando los diferentes paquetes ligníferos y sus valores radiométricos. De este estudio se dedujo que el uranio está casi siempre ligado a los niveles de lignito y, a veces, a algunas capas de calizas carbonosas, y que la mayor concentración de uranio aparece en las capas ligníferas de peor calidad como combustible.

En general, los valores radiométricos de superficie oscilan entre los 300 y 1.400 c/s, medidas realizadas en un aparato SPP-2. Las leyes de los análisis radiométricos de la muestra de superficie están entre las 120 y las 220 rpm.

Se han realizado tres sondeos verticales de testigo, próximos a la población de Almatret, que alcanzaron una profundidad de 173, 301 y 350 m, con resultados negativos.

## 2.2.2 ENCAJADOS EN ROCAS ARENISCOSAS

### 2.2.2.1 Eureka

El yacimiento Eureka se halla situado en las inmediaciones del pueblo de La Plana de Monrós (Lérida). Los primeros indicios fueron localizados en una antigua labor minera para explotación de mineral de cobre junto al kilómetro 18,900 de la carretera de Senteradà a Capdellà, y se trata de una de las pocas concesiones privadas existentes para minerales radiactivos.

Desde el punto de vista geológico, el enriquecimiento uranífero se encuentra situado en las areniscas triásicas

del Pirineo Central; este Trías fosiliza una penillanura de los materiales anteriores plegados por la orogenia hercyniana, lo cual se reconoce por la discordancia en el contacto de las areniscas del Bundsandstein y los materiales paleozoicos.

A estas formaciones mesozoicas se les ha venido incluyendo durante largo tiempo en un grupo de difícil diferenciación, bajo la denominación de Permo-Trías, pero actualmente parece posible separar estos periodos por el mayor contenido en feldespatos dentro del Pérmico y diferencias litológicas, tales como el carácter poligénico del Pérmico frente al monogénico del Trías.

El Trías comienza con un conglomerado basal monogénico formado casi exclusivamente por cantos de cuarcita de diversos colores, predominando el blanco; el cemento es silíceo y en ocasiones con impregnación limonítica.

A veces se presentan variaciones laterales de facies en las que aparece una arenisca compacta de grano grueso con esporádicos indicios de cobre. El espesor de esta serie oscila entre 1 y 7 m dentro de la zona.

A esta serie se superpone otra de grano más fino, con coloraciones más claras y niveles de pizarras arenosas rojas más o menos micáceas; son frecuentes los niveles con estratificación cruzada y con un cierto contenido en materiales carbonosos dispersos y productos asfálticos; en estos niveles se presentó a muro una banda decolorada, con tonos blanquecinos, grisáceos o verdosos, que sirve de horizonte guía de las zonas con posible mineralización uranífera.

La mineralización de radiactivos va ligada a un banco de areniscas blanquecinas o decoloradas, las cuales, en general, presentan un fondo radiactivo más bajo que el típico de las areniscas rojas, pero que ante la presencia de materias carbonosas y restos fósiles vegetales dan lugar a las anomalías radiactivas. Los materiales orgánicos son lignitos, asfaltos y carbonatos, formando hileras con potencia variable entre 1 y 9 m.

Los minerales uraníferos identificados son la peblenda, carnotita, tiuyamunita, algunos fosfatos y, como minerales asociados, eritrina y carbonatos de cobre.

Además de una prospección detallada de la zona, levantamiento de plano radiométrico, calicatas y desmuestres, se efectuaron por la compañía propietaria algunas labores mediante socavones a lo largo de los cuales se hicieron levantamientos radiométricos y desmuestres; asimismo se hicieron por parte de la JEN tres sondeos de corona y se prestó el asesoramiento técnico requerido.

#### 2.2.2.2 Leiza

Las anomalías principales se encuentran cerca del km 24 de la carretera de Leiza a Goizueta (Navarra), si bien las zonas radiactivas tienen en conjunto un desarrollo de unos 10 km en una alineación perfectamente conservada de dirección este-oeste; como prolongación de la misma puede considerarse el indicio principal de los encontrados en la carretera de Leiza a Leizalarrea, con ligero cambio de rumbo hacia el noroeste. Las zonas uraníferas se hallan enclavadas esencialmente en areniscas y cuarcitas permotriásicas y en las inmediaciones de la falla que forma el contacto de dicho terreno con el Paleozoico.

Junto al punto citado de la carretera a Goizueta se observa una brechificación reabierto con abundante mineralización de minerales secundarios, que también se observan en otros puntos de la fractura general.

El enriquecimiento uranífero va ligado a una estructu-

ra que afecta a las citadas areniscas. Para su investigación, y dado lo abrupto y escarpado del terreno, el tramo más apropiado es la intersección de la brecha con la carretera y el río Bederán, en cuya margen izquierda se realizó un socavón de 40 m y algunos sondeos de percusión en el interior con los correspondientes radiosondeos; estos sondeos fueron también realizados en una pequeña cantera en la carretera al este del socavón.

Estas pequeñas labores permitieron ver que, a pesar de la gran longitud de la anomalía y de los caracteres externos de brechificación, no ofrecía interés económico actual, ya que, en profundidad, la pretendida brecha se resolvía en un complejo de diaclasas, descendiendo rápidamente la radiometría. Resulta, por tanto, que parece tratarse de un enriquecimiento muy superficial que sigue la topografía actual por una removilización supergénica muy somera. Aunque se ha explotado un tramo muy reducido, no parece, por el momento, posible efectuar otros trabajos dadas las observaciones anteriores y lo inaccesible del terreno, de forma que difícilmente podría resultar económico este yacimiento, por exigir accesos muy costosos aun para la sola investigación de otros tramos.

En la parte occidental, y cerca de la carretera a Leizalarrea, la fracturación penetra en el Carbonífero, resolviéndose en un conjunto de fisuras mineralizadas, pero de escasa potencia y profundidad.

Otros indicios semejantes y de menor interés han sido localizados en Ezcurra y Tolosa.

#### 2.2.2.3 Seo de Urgel

A unos 5 km al sudeste de Seo de Urgel (Lérida) aparece una banda permo-triásica de forma alargada según la dirección este-oeste. Está constituida fundamentalmente por areniscas y conglomerados generalmente rojizos y de cantos predominantemente silíceos. La formación es mucho más conglomerática en su base, donde los cantos alcanzan frecuentemente los 10 cm de eje mayor, pero se hacen paulatinamente más finos y menos abundantes a medida que se asciende en la serie estratigráfica, pasando a dominar las areniscas siempre de un color rojo muy intenso. Todos estos materiales se presentan estratificados, dispuestos en bancos de potencia variable, y con un buzamiento general de unos 45° al sur.

A muro de la serie permo-triásica aparece una potente formación volcánica constituida por materiales andesíticos gris-verdosos, masivos y a veces de tipo conglomerático.

En la serie permo-triásica se localizaron cinco estratos de areniscas, que presentaban en superficie una radiactividad muy elevada, tenían una potencia de hasta 2 m y algunos de ellos eran ya auténticos conglomerados.

A fin de comprobar la importancia y desarrollo en profundidad de estas anomalías, se realizaron tres sondeos inclinados y uno vertical que pusieron de manifiesto su carácter superficial.

#### 2.2.2.4 Palacios de la Sierra

En la provincia de Burgos, al sudeste de Salas de los Infantes, y lindando con el pueblo de Palacios de la Sierra, existe una serie de anomalías radiactivas situadas en un pequeño afloramiento paleozoico totalmente rodeado por depósitos mesozoicos.

El Paleozoico está principalmente constituido por cuarcitas y areniscas compactas de tonos claros, algo rojizas y fundamentalmente silíceas, que dan lugar a los más importantes afloramientos de la zona. Intercalados con estos ma-



teriales aparecen algunos paquetes de pizarras oscuras más o menos arcillosas y de compacidad escasa.

Esta formación, muy tectonizada, aparece bordeada por bancos de conglomerados y areniscas triásicas de tonos rojos que a su vez aparecen pronto recubiertas por margas y calizas de edad liásica. Todos estos materiales se sumergen bajo los potentes sedimentos del Cretácico superior, los cuales pertenecen a la gran formación de facies continental que se extiende al norte de la ciudad de Soria.

Las anomalías localizadas en el afloramiento paleozoico de la zona están claramente relacionadas con fenómenos de fracturación y presentan en superficie una radiometría muy intensa. Después de prospectar con detalle toda la zona se realizaron varias calicatas con sus respectivos desmuestres y análisis, los cuales confirmaron la presencia de uranio en cantidad apreciable.

#### 2.2.2.5 Córcoles y Loranca del Campo

En el límite de las provincias de Guadalajara y Cuenca, al este del anticlinal cretácico, que en sentido norte-sur se desarrolla desde Sacedón, pasando por el oeste de Huete, hacia Belmonte, existe una sedimentación terciaria muy potente oligo-miocénica.

En el Mioceno, y más concretamente en el límite pontiense-sarmatiense, existen numerosas anomalías radiactivas, que corresponden a vanadatos de uranio tipo carnotita-tiuyamunita, fijados normalmente por restos orgánicos fósiles. Las mejores zonas en este aspecto son las de Sacedón y Loranca.

En ellas se presentan alternancias de margas y calizas, con lentejones yesosos, y existen unos paleocauces rellenos de material detrítico, correspondientes a un período de erosión intramiocénico, en los cuales son muy abundantes los restos fósiles de materia orgánica, tanto vegetal como animal, así como minerales féreos en distintos grados de alteración. La impregnación de vanadatos uraníferos ha sido favorecida sin duda por estos materiales, pero no se limita a ellos, sino a masas y lentejones del episodio detrítico conjunto.

La falta de suficiente desarrollo de este período de erosión hace que las masas detríticas no sean extensas y las mineralizaciones, por tanto, no alcancen volúmenes elevados.

Las investigaciones realizadas han consistido en calicatas, pocitos y wagon-drill, que confirmaron los resultados antes señalados.

Sin embargo, hay que señalar que las anomalías encontradas son sólo una pequeña parte de las posibles mineralizaciones existentes, ya que los afloramientos estudiados corresponden al seccionamiento de los estratos por la erosión actual, pero hay una gran extensión de esta formación detrítica cubierta por calizas lacustres pontienses, por lo cual está en estudio un plan para abordar el problema más a fondo.

El motivo de clasificar estos yacimientos en el tipo que corresponde a rocas areniscosas encajantes estriba en que precisamente es el material detrítico arenoso el mineralizado, aunque incluido en un potente paquete de rocas margosas y calizas.

#### 2.2.2.6 Cuenca del Viar (Sevilla)

La cuenca del río Viar, situada al nordeste de Sevilla, llega hasta el borde meridional de la meseta, en donde terminan las formaciones paleozoicas en la denominada falla del Guadalquivir. Su orientación NO-SE está en concordancia

con la estructura general de todo el Paleozoico allí existente.

Las formaciones geológicas representadas corresponden, al parecer, a un Permocarbonífero, o bien a un Permotriásico, que consta de tres series bien visibles en el borde occidental, pero que puede ser más completa en las áreas centradas del sinclinal.

Estas series son:

Serie roja inferior detrítica con areniscas y pudingas de potencia desconocida por el momento.

Serie intermedia, sólo conocida parcialmente, con materiales margosos hacia la base y niveles alternantes de arcosas, con mayor espesor y liditas hacia el techo. La potencia conocida es mayor de 40 m.

Serie superior roja, al parecer del Triás inferior, que consta de niveles de pudingas en la base, areniscas y arcillas sobrepuestas y con intercalaciones de pudingas en distintos niveles. La potencia de este conjunto podría estimarse en 150-200 m.

La formación geológica descrita descansa sobre un basamento constituido por una masa de granodioritas alteradas, que está atravesada por:

- Diques de diabasas de potencia entre 20 y 30 metros.
- Diques de vulcanitas básicas.
- Diques de micropórfidos que a veces aparecen en forma de masas.

Hasta el momento se desconoce si estos diques de micropórfidos y vulcanitas atraviesan también la serie roja inferior de la formación antes citada.

El conjunto Permocarbonífero o Permotriásico muestra facies continental clara con abundantes restos vegetales y orgánicos en algunos de los niveles, sedimentación entrecruzada, cambios laterales de facies, etcétera.

Tales materiales se disponen a manera de un sinclinal disimétrico, pues mientras el flanco oriental está violentamente levantado casi hasta la vertical, el flanco occidental se mantiene con estructura tabular y con buzamientos suaves 15-20°, hasta muy cerca del borde oriental.

Las anomalías radiométricas conocidas se localizan, hasta el momento, en la serie intermedia, tanto en un flanco como en el otro, y dentro de ella, con gran continuidad, en el nivel margoso y en los niveles de liditas, si bien las arcosas mantienen fondos de tres a cuatro veces mayores que el normal de la zona. Estas anomalías radiométricas son más intensas en el nivel margoso, donde aparece torbenita, sin duda relacionada en deposición con el medio reductor creado por los restos orgánicos y posibles sulfuros.

Se trata, pues, de un yacimiento estratiforme, en el cual se desconoce la intensidad de las acciones supergénicas. Será preciso estudiar la permeabilidad de los distintos niveles de esta serie detrítica intermedia, que presenta numerosos afloramientos, cuya permeabilidad debe estar relacionada con la intensidad de las acciones diagenéticas y con la alteración del nivel margoso descrito.

#### 2.2.2.7 Ariño (Teruel)

Las anomalías uraníferas, que se vienen designando en ese conjunto como Zona de Ariño, comprenden un complejo de fondos radiactivos altos, índices y bandas con un mayor enriquecimiento, enclavados en margas, arcillas arenosas y areniscas infracretáceas de facies Utrillas. Se encuentran dentro de varios términos municipales, tales como Aleorisa, Andorra, Allosa y Ariño, con indicios menores en Esteruel, Gargallo, etc.

Entre los niveles inferiores del mismo Infracretáceo se

hallan los lignitíferos, que han sido objeto de intensa explotación hasta hace pocos años, aunque actualmente este trabajo se halla muy limitado dentro de la cuenca de Andorra.

El paquete de arenas, margas y capas carbonosas está comprendido entre las calizas meso y supracretáceas y las del Lías.

Para la observación de esta serie es particularmente favorable el valle entre Andorra y Ariño, donde se ven también numerosas instalaciones mineras de extracción y transporte.

Aunque siempre se encuentran las anomalías radiactivas dentro de los depósitos continentales y lacustres del Infracretáceo, no puede hablarse de un nivel o episodio concreto, si bien las mencionadas manifestaciones se encuentran preferentemente en capas arenosas de grano fino con moscovita y cercanas a lenticulos arcilloso-margosos. Asimismo es característica la existencia de restos vegetales carbonosos y materia orgánica dispersa, y también son típicas las formaciones de concentraciones ferruginosas alveolares del tipo de hierros desérticos y algunas finas formaciones yesíferas.

Los minerales de uranio sólo se han visto en ocasiones muy excepcionales y en forma de pequeñas pajuelas de fosfatos de uranio de tipo autunita y torbenita. Parece ser que el uranio estaría más bien formando complejos con los materiales carbonosos dispersos, o bien absorbido en los materiales arcillosos y margosos.

Aunque el área global dentro de la que se presentan los índices radiactivos es extensa, los afloramientos radiactivos concretos son limitados, no siendo frecuente que sobrepasen los 200 m de longitud; su potencia varía entre los 0,30 y 1,50 metros.

Además de la prospección radiométrica a pie, en fase detallada, se han levantado esquemas radiométricos y efectuado unas 20 calicatas. Los resultados de los análisis de las muestras señalan un fuerte desequilibrio U/Ra, de diverso signo, lo cual indica fuertes movilizaciones en superficie. Las leyes del contenido químico no suelen ser superiores al 0,5 por 100.

Se prevé la ejecución de alguna labor minera y sondeos, pero supeditado a resultados de explotaciones en otras áreas semejantes con mejores características.

#### 2.2.2.8 Soria

La zona radiactiva está enclavada en plena cordillera Ibérica, a unos 25 km al oeste de la ciudad de Soria, y ocupa gran parte de la hoja n.º 349 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Los materiales que aparecen por la zona radiactiva pueden dividirse en dos grandes conjuntos. El primero, de facies continental, está constituido por el Wealdense y el Albense; el segundo, transgresivo sobre el anterior, está formado por margas y calizas del Cretácico superior marino (fig. 2.2-1).

El Wealdense presenta una gran variación en sus características litológicas; en general, abundan las areniscas compactas de colores claros o en ocasiones rojizos, debido a la acción de los óxidos de hierro, y también son frecuentes los bancos de conglomerados en los que dominan los cantos de cuarcita, así como las intercalaciones de arcillas plásticas. La potencia del Wealdense se puede considerar superior a los 1.500 m, aunque este dato es difícil de precisar debido al intenso plegamiento de la serie.

El Albense es el piso más interesante de la zona; tiene una potencia aproximada de 350 m, y en él aparecen casi la

totalidad de las anomalías radiactivas localizadas. Está fundamentalmente constituido por areniscas arcóscas, blancas o rojizas, poco compactas, de composición petrográfica similar a la del granito, que presentan gran variabilidad en el tamaño de grano, así como frecuentes estratificaciones cruzadas. Es característica la presencia de niveles en los que aparecen numerosos restos orgánicos en forma de nódulos carbonosos de tamaño variado y que, a veces, llegan a formar capas de lignito. Asimismo es frecuente la existencia de capas de arenas impregnadas en materiales asfálticos, cuya procedencia es algo confusa, ya que se duda entre el origen singenético o diagenético de los mismos.

Sobre los materiales albenses aparecen una serie de sedimentos marinos formados por margas cenomanenses y calizas masivas kársticas del Senonense-Turonense, que dan lugar a los relieves más destacados de la zona.

Como resultado de la prospección de detalle realizada en las facies continentales, aparecieron una serie de manifestaciones radiactivas, situadas casi exclusivamente en el Albense y localizadas principalmente al norte de Cabrejas del Pinar, y al sur de Abejar, sobre las que se han realizado numerosas calicatas, así como 30 sondeos verticales, 25 de ellos con testigo continuo, con un total aproximado de 9.000 m de perforación, y en los cuales se han localizado varias anomalías radiactivas a diferentes profundidades.

#### 2.2.2.9 Zona de Hellín (Albacete)

Con la designación de zona de Hellín se hace referencia a una serie de indicios y anomalías radiactivas de la provincia de Albacete, y al sur de Hellín, entre las que merecen citarse, únicamente desde el punto de vista de valor radiométrico, las correspondientes a la mina Celia, de Jumilla, Cancarix y Mina.

Todas ellas aparecen ligadas a coladas basálticas, típicas de esta región, que incluso da nombre a rocas basálticas potásicas, conocidas con el de Jumillitas; es también típica la abundancia de fenocristales de apatito de tipo Esparraguina.

Los basaltos corresponden a erupciones volcánicas, en series alineadas con las grandes fallas regionales y, en general, presentan una intensa alteración. Normalmente el mayor enriquecimiento uranífero está en correlación con el grado de dicha alteración, aunque solamente afecta a una lámina externa de las rocas; parcialmente puede advertirse un aumento de la radiactividad en algunas áreas con mayor abundancia de apatito; tal es el caso de mina Celia.

En Cancarix se aprecian zonas de muy irregular radiometría en antiguas explotaciones, en cantera, de roca basáltica, y en la localidad de Mina la mancha radiactiva de mayor intensidad se encuentra en la superficie de un cráter volcánico, pero la radiactividad va también ligada a una lámina cortical y a superficie de rotura.

Comprobado el carácter irregular, heterogéneo, cortical y de baja ley de este enriquecimiento uranífero, se advierte la imposibilidad de su explotación.

Tratándose de un vulcanismo terciario y cuaternario, el enriquecimiento es muy reciente y superficial, muy semejante al de otros menos basálticos de Murcia.

### 2.2.3 ENCAJADOS EN ROCAS GRANITOIDEAS

#### 2.2.3.1 Coffinita - Fluorita

##### Peralonso

El yacimiento de Villar de Peralonso (Salamanca), en su tramo mineralizado, aparece a unos 2 km de esta localidad,

ESQUEMA GEOLOGICO Y SITUACION ANOMALIAS  
SORIA

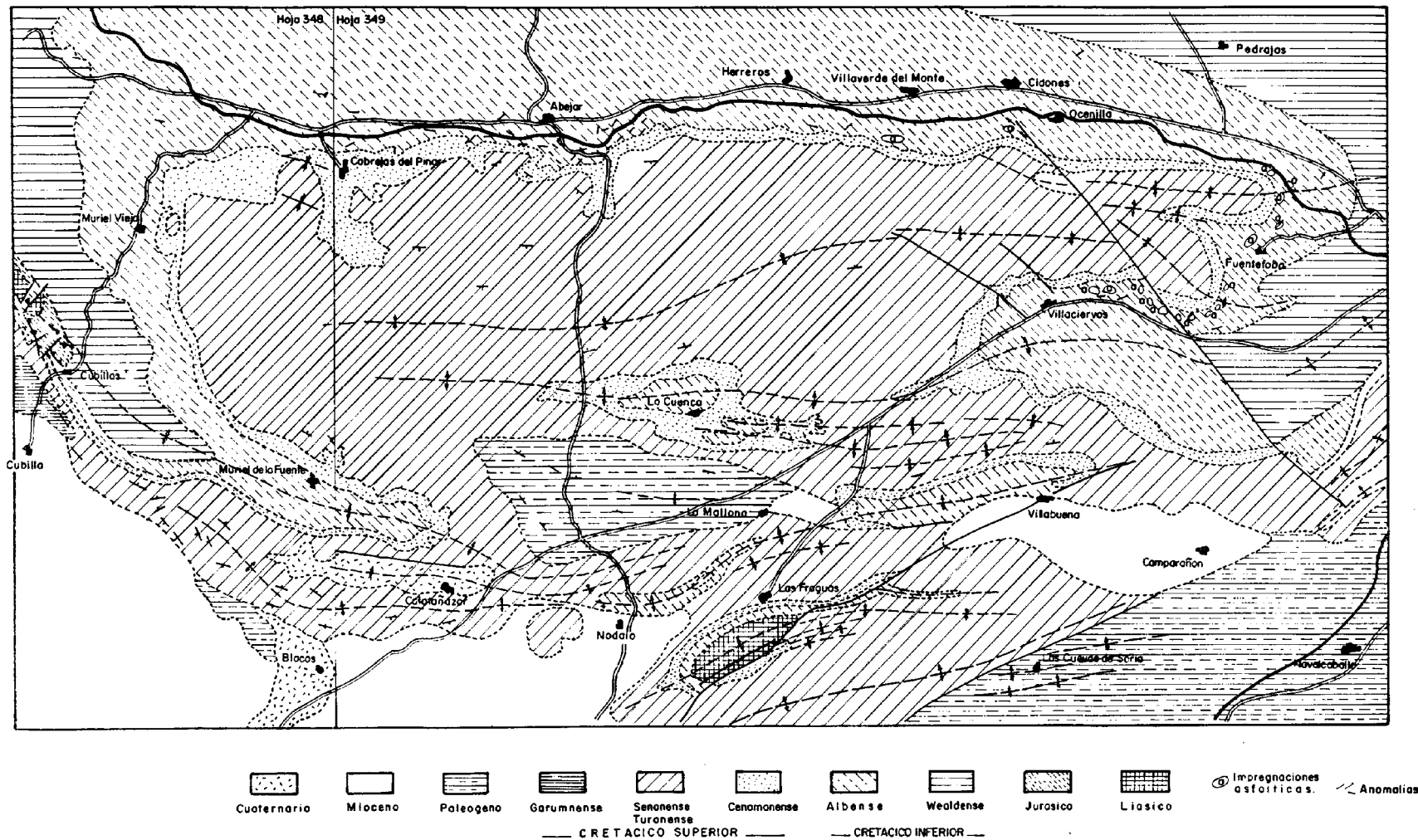


Figura 2.2-1

entre las carreteras de Salamanca a Fregeneda y de Villar de Peralonso a Ledesma, casi paralelo a esta última. El acceso mediante pista se efectúa en la mencionada carretera de Salamanca a la altura del km 47,300. Está dentro del término de la citada localidad de Villar de Peralonso, que da nombre al yacimiento, y en el paraje denominado Dehesa de D. Damián.

El filón objeto de este estudio tiene una orientación N 51° E, con buzamiento 80-85° al SE. Está constituido por una brecha granítica con relleno de jaspe y depósitos de pirita, fluorita y minerales uraníferos. Corresponde a una gran fractura, que continúa hacia el oeste con una longitud de 5 km y se interrumpe hacia el este, difuminándose al alcanzar una formación neísica. En sí, la estructura del filón es compleja y, aparte de diversas fallas transversales que lo dislocan, existen ramificaciones y fracturas de disyunción conectadas o en relación inmediata con el filón mismo. Esta morfología será descrita más adelante al igual que la deposición uranífera y las demás mineralizaciones. El tramo que puede considerarse mineralizado tiene una longitud de 1.300 m, a lo largo de los cuales se encuentran repetidas fracturas mineralizadas, que convierten al filón en una formación múltiple.

El área en donde está enclavado el filón es esencialmente granítica, correspondiendo, concretamente, al granito granulítico y granulitas de la fase más antigua de granitización de la zona. Exactamente corresponde a un frente aureolar migmatítico, en el que, junto a los granitos mencionados, aparecen neises de dos micas irregularmente enclavados en el granito como formas residuales no granitizadas totalmente. A la complejidad señalada en cuanto a la geometría de los contactos granito y neis hay que añadir la existencia de una múltiple diferenciación de especies graníticas, con distinto tamaño de grano y composición, si bien todos ellos corresponden a granitos muy ácidos. Esta intrincada complejidad puede advertirse muy bien a lo largo de las columnas petrográficas elaboradas con los testigos de sondeos, en las que se advierten además múltiples variaciones y diferencias debidas al grado de alteración, fenómenos de cataclasis y procesos hidrotermales. Estos complejos migmatíticos, con características análogas a las expuestas, pueden observarse en distintos puntos de esta carretera hasta Vitigudino, especialmente en los cortes de algunas trincheras.

En el área marginal, y al norte del yacimiento, aparecen formas de granito de dos micas, que en principio se pueden considerar representantes de los granitos de edad intermedia o segunda fase del Stille, y finalmente un granito porfídico con disyunción en bloques y que da lugar a formaciones de tipo berrocal, que representaría el granito juvenil o de granitización tardía. Los sucesivos mecanismos de emplazamiento de estos granitos han podido ser los determinantes de los progresos de hidrotermalización que dan lugar a depósitos metálicos en fases distintas cuando han encontrado condiciones mecánicas (fracturas) y fisicoquímicas adecuadas para su deposición.

Son frecuentes en este área filones hidrotermales, de cuarzo con mineralizaciones de wolframio y estaño, algunas de las cuales han sido objeto hace algún tiempo de labores en pequeña escala; también aparecen en el sedimentario aluvionar de esta comarca concentraciones de wolframita, casiterita, titanita e ilmenita. Estas mineralizaciones filonianas no parecen tener relación, al menos inmediata, con la génesis de los depósitos uraníferos, y el encontrarlos agrupados especialmente no permite suponerlos originados por procesos contemporáneos.

En esta zona, y en las cercanías del yacimiento, aparecen restos de un Terciario continental somero y reliquias de terrazas cuaternarias típicas, correspondientes a la red hidrográfica del Huebra y el Yeltes.

Desde el punto de vista morfológico, esta zona corresponde a la penillanura del borde occidental de la meseta, con un nivel del orden de 800 m, que insensiblemente empalma con la plataforma de Salamanca, y hacia el norte, alcanza al río Tormes con suave declive. Topográficamente la superficie se presenta suavemente ondulada, con pequeñas colinas que a veces constituyen bloques tectónicos o elevaciones alargadas según los ejes filonianos, o bien, simplemente, pequeñas cúpulas o apófisis graníticas, especialmente en el granito porfídico. Aun cuando es difícil sobre el terreno determinar el tipo de estas unidades tectónicas, el problema se resuelve con relativa facilidad mediante el estudio fotogeológico combinado con el efectuado sobre el terreno. La tectonización de esta comarca es particularmente intensa, si bien no interrumpe la monotonía de las plataformas, salvo las grandes fracturas de los ríos Tormes, Yeltes y Huebra, de tal modo que es difícil la diferenciación de algunas de estas fracturas, especialmente si se tiene en cuenta que parcialmente aparecen cubiertas por pequeñas capas aluvionares o por lema granítico producto de la trituración y alteración.

El esfuerzo tectónico ha determinado brechificaciones en un gran volumen de granito a cierta distancia de los filones, con dislocación y reajuste de piezas que han quedado posteriormente saturadas por los flujos hidrotermales; este ha sido el origen de granitos miarolíticos o alveolares en que las cavidades esponjosas aparecen tapizadas por formas incrustantes de cuarzo y depósitos de fluorita. Observados al microscopio, estos granitos presentan fuertes fenómenos de cataclasis, con cuarzo de extinción ondulante o en mosaicos complejos.

En todo el conjunto, y sin una regla de situación espacial concreta, aparecen granitos cuarcificados, denominación con que se conoce a aquellos que presentan penetraciones, a veces muy finas, de vénulas de cuarzo, llegando a formar retículos muy irregulares. Muchas veces estas vénulas tienen aspecto ramificado y son de contorno sinuoso; al microscopio estas digitaciones parecen estar formadas por cuarzo de neoformación con una predominante disposición de los ejes C perpendicularmente a la pared en que se sitúan; otras, en cambio, están constituidas por agrupaciones de estructura sacaroidea y grano muy fino.

Deben distinguirse los granitos cuarcificados de los granitos silicificados, que es otra nueva forma frecuente. Así como en los primeros, y según se dijo en el párrafo anterior, la sílice se halla en forma de cuarzo en los granitos silicificados la sílice es coloidal de tipo calcedonioso y en realidad no es otra cosa sino un granito cataclástico impregnado en la afluencia de jaspe.

La alteración más frecuente en estos granitos, prescindiendo de las debidas a procesos de meteorización en superficie, es la caolínica y la sericítica, mientras aquélla queda normalmente reducida a las zonas de impregnación acuosa y en relación con fallas de relleno caolínico, la alteración sericítica es mucho más extensa y parece más característica de la zona filoniana. Los granitos afectados por esta alteración pueden presentarse a veces en formas perfectamente compactas y frescas, si bien cuando es muy profunda y casi todos los feldespatos aparecen sustituidos por sericita, los testigos presentan fuertes corrosiones y muchas veces son extraídos en forma de arenas por triturarlos la corona de ataque.

Especialmente en la superficie aparecen granitos hematizados, con un color amarillo u ocre muy típico. Normalmente se consideran como granitos cataclásticos, en los que por su estado permeable se ha producido un depósito limonítico por las aguas que las impregnaban. Por lo general se hallan próximos, o en relación directa, con fuertes fracturas y la limonita debe proceder de la alteración y removilización de piritas, ya que la dispersión del hierro de las biotitas sería insuficiente.

Después de describir algunas de las variaciones y modificaciones sufridas por los granitos en la zona de Villar de Peralonso, y que son características del área objeto de este estudio, forzosamente se ha de hablar de las características y tipos en los granitos considerados como normales. Sin embargo, es necesario consignar que sería difícil encontrar dentro de la zona una muestra a la que fuera estrictamente aplicable el término de granito normal, y en la que no se presentaran algunas de las transformaciones indicadas, siquiera en grado mínimo, especialmente la cataclasis y la silicificación.

Las granulitas se caracterizan especialmente por su acusado carácter leucócrata, careciendo totalmente de biotita; por lo general son de grano fino y la riqueza en moscovita les da un brillo especial en los cortes frescos. Los gránulos de cuarzo automorfos son frecuentes, si bien existen nódulos cuarzosos complejos sin este carácter. A veces el tamaño del grano llega a ser normal e incluso grande, como un tránsito a granitos pegmatíticos.

Los granitos granulíticos o de dos micas ofrecen un tránsito mucho más continuo en el tamaño de los granos, existiendo desde el tipo de granitos aplíticos hasta normales muscovíticos. Igualmente la cantidad de biotita varía considerablemente, desde los que se aproximan al granito biotítico normal hasta términos muy parecidos a las granulitas; muy frecuentemente la biotita tiene dispersión heterogénea y es frecuente observar la existencia de nidos o agrupaciones. En una muestra de tamaño normal se observan notorias variaciones de estructuras de unos puntos a otros, es decir, que presentan una gran heterogeneidad estructural y de distribución de componentes. Su coloración, por supuesto, varía según la abundancia de biotita; los más básicos no pasan del tono gris claro.

Los granitos neísicos son también abundantes y parecen representar una forma de granitos típicos más antiguos. La característica esencial es la orientación de los elementos laminares, tales como las micas, pero también es frecuente una tendencia al alargamiento de los gránulos de los restantes componentes minerales. Cuando frescos, son compactos y de color grisáceo, pero en superficie, ya alterados, presentan tonos amarillentos y fácil disyunción en lajas según los planos de esquistosidad.

*Granitos orientados.*—Recuerdan por su estructura a los granitos neísicos; sin embargo, deben distinguirse de los mismos, en primer lugar, por la diversidad de su origen, que en algunos casos parece ser la de un proceso más profundo de granitización y homogeneización que el de los granitos neísicos. En este caso están relacionados especialmente unos y otros con tránsitos casi insensibles, recordando formas de asimilación típicas de los complejos frentes migmatíticos. Otras veces su origen parece, en ocasiones, completamente distinto, y se cree que, en principio, la disposición nematoblástica de algunos componentes es debida a procesos de recristalización bajo condiciones de tensión dirigida. Morfológicamente y por observación macroscópica, no es fácil distinguir unos y otros, pero el problema queda resuelto con la observación microscópica, y se

espera, en su día, efectuar diagramas estructurales mediante la platina de Fedoroff.

## YACIMIENTO PERALONSO

Villar de Peralonso (Salamanca); paraje La Dehesa; filón n.º 5; hoja 450; coordenadas geográficas 41° 02' 25" N; 2° 31' O.

*Mena uranífera:* Pecblenda. Coffinita.

*Mena asociada:* Pirita-marcasita, abundante. Fluorita, blenda, calcopirita, muy escasos.

*Ganga:* Fluorina. Jaspe.

*Alteración supergénica:* Parapecblenda. Autunita. Fosforilita. Limonitas.

*Sucesión:* Jaspe-pirita-marcasita. Pecblenda. Fluorita. Pirita-marcasita 2. Fluorita 2. Fosfatos U-Limonita.

*Zonado:* No representativo.

*Leyes:* Calicatas sondeos U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,15 por 100. Zona mineralizada. Pozo U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,2-0,13 por 100. Calculado provisional U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,1 por 100.

*Roca encajante:* Granito adamelítico, que pasa a granito muscovítico de tipo granulitas o granito granulítico. Plagioclasas, 31 por 100 An.

*Alteración supergénica:* Caolinización. Sericitización. Cloritización. Propilitización. Baueritización.

*Forma:* Filón complejo en banda de 50 m × 1.400 m. Dirección N 61° E. Buzamiento 85° S.

*Nivel:* Hidrostático medio 20-30 m. Penillanura 900 rebajada. Peribatolítico respecto al granito porfídico.

*Estructura:* Brechas graníticas complejas con filoncillos reticulados de jaspe y fluorita. Pecblenda en relación con rellenos de piritas. Verticalmente son lenticulos imbricados.

*Edad:* Herciniana.

*Tipo:* Villar de Peralonso.

*Yacimientos afines:* La Faye (Francia).

*Hipótesis genética:* Solamente puede darse de este yacimiento por los datos obtenidos hasta ahora, una hipótesis genética, base provisional de futuras precisiones. La singularidad de sus caracteres estructurales y asociaciones impiden establecer un criterio analógico. El proceso genético es epitermal y parece múltiple, ligado a emigraciones determinadas: en primer grado, por las intrusiones granitoideas, y en segundo, por la tectónica fisural.

### 2.2.3.2 Pecblenda. Sulfuros BGPC

#### *Valdemascaño*

Este tipo está representado dentro de la zona por un solo yacimiento, el de Valdemascaño, situado en el término de Sobradillo (Salamanca), que constituyó uno de los primeros hallazgos dentro de este sector y el centro que polarizó durante algún tiempo el mayor interés.

Presenta caracteres peculiares, sobre los que se dará oportuna información, siendo uno de ellos la presencia de pecblenda y depósitos calcedoniosos y sulfuros BGPC, si bien la relación con estos sulfuros puede ser indirecta y hasta remota.

En cierto modo puede considerarse como yacimiento afín,

dentro de la Península, al de Berrocal, en el sector de Cenicientos, y al de Urgeiriça, en Portugal, aun cuando los detalles estructurales y de la ganga no permiten una analogía total.

Se puede establecer una conexión entre él y todos aquellos yacimientos que han supuesto una brechificación condicionada por estructuras preexistentes, derivando de las diferencias específicas de diversidad en el ambiente físico-químico condicionado por los elementos anteriormente depositados.

La mena uranífera típica es la pecblenda, a pesar de que ésta no se encuentra conservada como tal sino en el nivel más bajo reconocido, que es el de 120 metros. Los fosfatos representan esencialmente una forma de alteración supergénica, debiéndose el gran ámbito de su desarrollo a una extraordinaria profundización del nivel de oxidación, habiendo sido necesario alcanzar el nivel de reducción para que apareciera la mineralización primaria; ciertamente que, dado el gran desarrollo de la zona de oxidación, era posible que ésta alcanzara profundidades superiores a la de los depósitos uraníferos, con lo que se perdería la probabilidad de encontrar vestigios de la pecblenda original.

La pecblenda formalizada como relleno de fracturas fue encontrada en el nivel 120 y detectada también con carácter residual en muestras obtenidas en el nivel 80.

Las especies mineralógicas uraníferas resultado de la alteración supergénica de la pecblenda son particularmente variadas, encontrándose coracita, gummitas anaranjadas, gummitas amarillas, uranotilos, autunita, torbernita, parsonsita y renardita. De todas ellas domina por su abundancia y desarrollo la torbernita, que ocupa casi con exclusividad los niveles superiores del yacimiento.

La parsonsita, aunque no muy abundante, fue encontrada por Arribas, por primera vez en España, en este yacimiento; su aparición puede estar relacionada con la existencia de galena.

Los minerales no uraníferos característicos de este filón corresponden también a diversas especies, predominantemente de sulfuros, blenda y galena, con menor cantidad de pirita y cantidades exiguas de niquelita y calcopirita; ha sido determinado también cobre nativo.

La blenda y galena se presentan en masas irregulares, algunas veces con perfecta cristalización, rellenando espacios abiertos del cuarzo filoniano o tapizando fragmentos de la brecha. Podría constituir un material beneficiable como subproducto en la explotación de este yacimiento, aun cuando no se han efectuado las rozas y desmuestres necesarios para su valoración; no así la niquelina y calcopirita, que por su escasez quedan reducidas a importancia meramente metalogénica.

La alteración supergénica de la mena asociada no uranífera da lugar a productos tales como la calcosina, covellina y el cobre nativo.

El material fundamental de ganga, restringida solamente al mineral uranífero, es el cuarzo, dentro del cual se advierten distintos procesos y fluencias, de las que las póstumadas de tipo calcedonioso o jaseroide son las más directamente ligadas al depósito pecblendífero; con carácter más general pueden admitirse como componentes de la ganga los materiales de brechificación del filón con restos incluidos de granito y los minerales metálicos antes citados, junto con sus productos de alteración.

En ninguno de los niveles puede hablarse de un zonado lateral típico, aun cuando en los niveles medios, y sobre campos muy locales, se advierta la zonación propia de los

procesos de oxidación de la pecblenda, pero aun en este caso no siempre es observable la existencia de series de productos (pecblenda, coracita, gummita, uranotilos, fosfatos), como sucede en las vetas pecblendíferas de mayor potencia de otros yacimientos.

La sucesión puede establecerse a través de las siguientes fases:

#### *Fase de sulfuros BGPC:*

- a) Fracturación del granito y emplazamiento de un dique de cuarzo.
- b) Esfuerzos de tensión con brechificación del filón y parte granito encajante.
- c) Aporte niquelífero.
- d) Deposición de sulfuros BGPC.

#### *Fase uranífera:*

- a) Nueva fisuración del conjunto filoniano.
- b) Depósito de pecblenda y calcosina.

#### *Fase de oxidación:*

- a) Nuevos reajustes tectónicos.
- b) Deposición de cobre nativo y óxidos negros.

#### *Fase supergénica:*

- a) Últimas fases de brechificación.
- b) Alteración de materiales de la brecha y de mineral uranífero primario.
- c) Removilización y dispersión de estos productos secundarios.

En estas distintas fases existe un proceso que se puede considerar prácticamente ininterrumpido, y es el de brechificaciones y continuos reajustes del ámbito filoniano; esto origina una serie progresiva de venidas cuarzosas, que pueden observarse en la compleja estructura del dique.

La roca granítica encajante del yacimiento de Valdemascaño no ofrece particularidades singulares con respecto a otras áreas dentro del distrito; es más, en esta misma mancha granítica se encajan manifestaciones uraníferas de tipos tan distintos como el de Los Propios y Barruecopardo; por otra parte, hay que hacer distinciones según se circunscriba la observación al ámbito inmediatamente próximo al filón, o un afloramiento suficientemente amplio. En el primer caso nos encontramos con un granito adamclítico de gran variedad de grano, heterogeneidad de distribución, riqueza de biotita y cierta variedad en el contenido y tipo de los feldspatos. Considerado el conjunto regional granítico, se advierten algunas diferenciaciones, entre las que destacan formaciones grano-dioríticas y granulíticas, con orientación de los elementos que dan lugar a algunas formas de granito nefítico, al que se le viene considerando como el más antiguo en la serie de Stille. Más interesantes son las transformaciones y variantes ligadas a la tectónica local y con posibilidad de conectarse con los empujes que dieron lugar a los enjambres y familias de diques de cuarzo a que pertenece el filón de Valdemascaño. Sin embargo, hay que hacer notar que, salvo que se efectuara una investigación sobre la petrografía estructural, es muy difícil separar los efectos debido a los movimientos alpinos de los que son debidos a esfuerzos tectónicos hercinianos, y que en cierto modo corresponden a una serie de causas que se superponen, condicionan y enmascaran de forma compleja. Lo que sí resulta evidente es que han tenido lugar, a partir de fases rígidas, una serie de procesos cataclásticos y de recristalización, con

distintos reajustes de los elementos minerales componentes.

Es típica la abundancia de apatito y circón y en algunos casos de cristales de turmalina, especialmente en zonas próximas a los hastiales del filón.

Así como en los procesos metalíferos se observan mecanismos complejos que dan lugar a la consideración de fases distintas, la alteración de las rocas encajantes de este yacimiento presenta particularidades que permiten separar etapas diferentes. En primer lugar puede considerarse una transformación banerítica general, que, además de hacer regresiva a la biotita y de determinar procesos de muscovitización, puede suponer, como en otros casos, la liberación por inestabilidad de distintos elementos dispersos en la roca original de tipo grano-diorita, entre ellos del uranio y hierro. La primera fase de tectonización, subsiguiente al encuadramiento de los diques de cuarzo, y que en principio puede designarse como mecanismo hidrotermal, parece estar ligada a procesos de alteración supergénica en dos fases: a) sericitización, cloritización, y b) silicificación, hematización y, finalmente, procesos de alteración más ligados al depósito uranífero, que serían la arcillización y jasperización, ya en condiciones de niveles energéticos más bajos y que sólo a título de referencia pueden designarse como epitermales.

Fundamentalmente está constituida por una brecha en granito de hastiales perfectamente definidos con cuarzo de segregación en distintas generaciones que se cortan y entrelazan sucesivamente y con rellenos metalíferos de distintos sulfuros. El aspecto de esta estructura varía en profundidad, especialmente por lo que se refiere a la textura misma de los materiales, consecuencia directa de las alteraciones supergénicas, tanto de los materiales encajantes como de relleno.

En vertical esta zonación puede establecerse así:

Zona superior característica de torbernita con relleno fundamentalmente arcilloso de la brecha; alcanza los niveles por debajo de los 60 metros, sin que el límite pueda considerarse netamente horizontal.

Zona central, con gummitas típicas, coexistiendo con distintos fosfatos y pequeñas cantidades de pecblenda fisural, con gran abundancia de blenda y galena; la estructura se hace más completa, con distintas texturas alveolares, depósitos incrustantes, etc.

Zona inferior característica de la pecblenda, cuya forma más representativa fue observada en el nivel 120, si bien esta galería alcanzó lo que por hoy se supone límite inferior de la mineralización uranífera. La pecblenda en finas venaletas irregulares rellena algunas fracturas del cuarzo y del granito de caja con un claro aspecto de formaciones radicales.

En conjunto el filón pierde potencia y tiende a acunarse en vertical. La existencia de una gran dislocación en el tramo norte supone un brusco descenso del nivel hidrostático y con él de la zona de oxidación, advirtiéndose procesos de lixiviación de minerales uraníferos en este ámbito.

La longitud del filón es de unos 600 m, de los que presentan mineralización relativamente continua 150 m; la dirección es E 20° N.

Si se establece una referencia analógica con yacimientos similares al de Valdemascaño, deberá suponerse un proceso generativo epitermal. Conviene distinguir muy bien los mecanismos que han dado origen a las restantes mineralizaciones metálicas de este filón, y aun debiendo suponerse, por la presencia de niquelina, que se trata de una formación mesotermal, se hace preciso el considerar la sucesión anteriormente citada y la realidad de la existencia de unos procesos póstomos que, aunque por necesidad del lenguaje se

designen como epitermales, puede incluso desligárselos de este tipo de procesos y corresponder a un mecanismo general común a otros yacimientos vecinos, que se han considerado como supergénicos; las diferencias entre unos y otros corresponden más bien a las circunstancias del ambiente físico-químico, que determinan, por una parte, las condiciones mecánicas estructurales, ciertamente bien distintas de los grandes y potentes filones de cuarzo, a los que sólo localmente ha afectado el proceso de tectonización y, por otra, la diversidad de condiciones debidas a las mineralizaciones ya existentes, sea cualquiera su origen, y que, indudablemente, han ejercido influencia en la deposición del material uranífero.

## YACIMIENTO VALDEMASCANO

Sobradillo (Salamanca); paraje La Mata Nafonso; filón n.º 9; hoja 475; coordenadas geográficas 40° 57' N; 3° 7' 35" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Niquelita, Pirita-marcacita. Blenda. Galena. Calcopirita. Cobre nativo.

*Ganga:* Cuarzo. Calcita.

*Alteración supergénica:* Gummitas. Uranotilos. Autunita. Torbernita. Parsonsita. Renardita. Covelina. Carbonato Cu. Hematites.

*Sucesión:* Niquelina Sulfuros BGPC. Pecblenda - calcosina. Cu nativo. Oxidos negros. Secundarios U.

*Zonado:* No existe.

*Roca encajante:* Granito adamelítico tipo granodiorita. Cuarzo, 28-36 por 100. Microclina, 29-26 por 100. Plagioclasa, 32-28 por 100. Muscovita, 7-5 por 100. Biotita, 4,5 por 100.

*Alteración supergénica:* Sericitización-Cloritización. Silicificación-Hematización. Arcillización-Jasperización.

*Forma:* Longitud filón, 150 m. Longitud mineralizada, 120 m. Dirección, N 20° E.

*Nivel:* Supergénica fundamentalmente; cementación residual; intrabotolítico; penillanura, 600 m. Nivel hidrostático, 20-40 metros.

*Estructura:* Brecha en granito perfectamente definida por hastiales, con cuarzo de segregación y restos arcilloso-ferruginosos en nivel oxidación. Bolsadas supergénicas con torbernita dentro de la brecha.

*Edad:* ¿Alpina?

*Tipo:* Valdemascaño.

*Yacimientos afines:* Urgeiriça (Portugal).

*Hipótesis genética:* Su génesis es típicamente epitermal, por lo que se refiere a la deposición de sulfuros; sin embargo, la presencia de niquelina podría inducir a considerar la existencia de procesos de tipo mesotermal, que posiblemente serían independientes en el tiempo. Las mineralizaciones uraníferas con pecblenda en relación con deposición silícea y sulfuros BGPC es muy posterior y puede asimilarse a cualquier tipo supergénico.

### 2.2.3.3 Pecblenda. Sulfuros de hierro

LOS RATONES

*Medio geológico-petrográfico*

La zona de Albalá se encuentra situada al sur de la provincia de Cáceres, en su parte central, dentro del dominio



de los granitos hercínicos. Los relieves graníticos de las sierras de Montánchez, de Zarza de Montánchez, de Robledo, al sur, y las alineaciones hercínicas de la sierra de San Pedro, etc., que están adosados a esta zona, a la cual limitan al norte, y en la que se define morfológicamente una penillanura de cierto desarrollo que desborda ampliamente estos relieves hacia el este, enlazando ya con la gran plataforma cacereña. Tal penillanura se ha fraguado sobre materiales graníticos y metasedimentarios paleozoicos. En ella se pueden distinguir varios niveles en relación con varios ciclos de erosión, pero con intervención de la tectónica post-hercínica (fig. 2.2-2).

En los granitos de estas zonas se hace una diferenciación en dos grandes conjuntos graníticos: el de la penillanura de facies claramente intrusiva, muy cristalinos, masivos, biotita dominante, con tipos porfiroides dominantes, especialmente como facies de borde, grano grueso a medio y otros tipos texturales, estructurales y mineralógicos, y granitos laminados, néisicos, con composición mineralógica variable, pero esencialmente de dos micas.

Los granitos de más interés, desde el punto de vista de la mineralización radiactiva, están constituidos por rocas de grano grueso, estructura holocristalina, textura cataclástica, porfiroides o no, con tendencia granodiorítica y con dos micas, pero dominando ampliamente la biotita. En ellos encajan, ya en forma de diques o de masas de contornos irregulares, otros tipos de grano medio o fino con polarización hacia cuarzdioritas, además de formaciones satélites constituidas por diques de rocas básicas alteradas, porfídicas, andesíticas, pórfidos graníticos cuarcíferos y filones de cuarzo. Las plagioclasas de tales granitos con frecuencia están sericitizadas y la biotita cloritizada. La muscovitización es un fenómeno de carácter regional.

Los granitos encajan en formaciones datadas, con dudas, como cámbricas y silúricas, siendo estos contactos generalmente de tipo concordante.

Los materiales de borde los integran rocas metamórficas de distintas facies, que comprenden cornubianitas de diversos tipos, cordieritas feldespáticas, tipos néisicos y pizarras mosqueadas y sericiticas, representando una aureola de metamorfismo de contacto con mayor o menor desarrollo y cuya potencia no es fácil calcular. Esta puede ser estimada, en algunos puntos, en unos 400 metros, pero este dato no puede generalizarse, ya que es muy variable, para el actual nivel de erosión, tanto por el desarrollo de las corneanas como por el de las pizarras mosqueadas que a veces no existen en superficie.

Debe hacerse notar aquí, como un dato destacado, la presencia de andalucita y silimanita en estos granitos, carácter que también se da en algunos granitos portugueses próximos a la frontera española, en Castelo de Vide, lo que está de acuerdo con la continuidad estructural y petrográfica de los macizos graníticos. La silimanita es más escasa y la andalucita se muestra con relativa abundancia y en proceso de muscovitización.

Estructuralmente, el área descrita presenta un conjunto de accidentes tectónicos correspondientes a una formación cratógena, rígida, con fracturas que han funcionado más de una vez. Tal conjunto de fracturas debe considerarse, en su mayor parte, como de ascendencia hercínica, si bien han de tenerse en cuenta rejuegos importantes en época alpínica, en la cual estos accidentes vuelven a reabrirse, originándose en algunos casos, como resultante de la conjugación de esfuerzos aplicados, otras nuevas en aquellas áreas donde ya existían accidentes tectónicos importantes.

De este conjunto de fracturas es diferenciable un sistema

de éstas con orientación general noroeste, entre N-10° y N-50° E, fracturas de tensión muchas de las cuales coinciden con filones de cuarzo. En esta dirección se evidencia un diaclasado muy desarrollado. Es en este sistema donde, hasta el momento, aparecen la mayor parte de los índices uraníferos y, en general, todo el campo filoniano.

Conjugándose con la dirección antes indicada, se destaca otro sistema de fracturas de comprensión, de rumbo general noroeste, sin relaciones aparentes con mineralizaciones uraníferas. El tercer sistema, de cizalla, alcanza a veces gran desarrollo y su dirección se acerca más a la esteoeste, interfiriendo a aquéllos según ángulos variables, y algunas de sus fracturas han funcionado como fallas en alguna ocasión, de lo cual existen buenos ejemplos. Este sistema es posterior a los otros, a los cuales, en ocasiones, corta y desplaza visiblemente.

Las formaciones metasedimentarias presentan, en general, relaciones con los granitos, que pueden ser establecidas como contactos concordantes. Estos sedimentos metamorfizados tienen estructuras de plegamiento muy apretadas y deformadas, tanto por la esquistosidad, muy desarrollada, como por nuevas sobreimposiciones de esfuerzos sobre ellos ejercidos. La recristalización sufrida con los aportes posibles en la transformación de estas pizarras en corneanas no puede enmascarar esta esquistosidad, que queda bien manifiesta en las rocas metamórficas.

La granodiorita, en general muy poco porfídica, es la roca dominante en todo el ámbito del yacimiento y en la que encajan parcialmente tanto las estructuras filonianas mineralizadas como otras formaciones rocosas en forma de dique o de masas con forma irregular.

Esta granodiorita es una roca de colores claros, que, en general, se muestra poco alterada, pudiéndose observar bien fresca incluso en superficie. Su estructura es fanerítica, de grano medio o grueso, holocristalina e hipidiomorfa. Destaca la muscovita dominante, en la cual, a simple vista, se observa la muscovitización, porque sobre la lámina de muscovita quedan pequeños núcleos de biotita como resultado de este proceso.

El cuarzo de esta roca se presenta en placas alotriomorfas, aunque con tendencia a un idiomorfismo incipiente.

La microclina está ampliamente peritizada y ostenta maclas de Carlsbad, 2 V, comprendido entre — 56° y — 84°.

Las plagioclasas presentan parcialmente carácter subautomorfo con maclas muy finas de albita, a veces onduladas, y con frecuencia está sericitizada. Su composición es la de una andesina (32 An), aunque se presentan algunos cristales más ácidos (27 An).

La mica más abundante es la muscovita, conteniendo, como se ha dicho, restos de biotita, y toma a veces colores bronceados por las inclusiones de óxido de hierro entre sus planos de cruce. La sericita es el producto epigénico de las plagioclasas y la biotita contiene a veces inclusiones de circón.

El apatito, tan frecuente en todos los granitos de la zona, se presenta algunas veces bien cristalizado y visible a simple vista. En otros casos está incluido en las micas. Se puede poner de manifiesto el aumento destacado de este mineral y la desaparición casi completa de la biotita en zonas próximas al filón como consecuencia de la mineralización.

La cuarzo-diorita ofrece el aspecto de una roca más clara que la granodiorita, más resistente a la alteración, más compacta y quizá, en conjunto, se muestra menos alterable; su estructura es fanerítica y finamente granuda. Presenta abundante muscovita, orientada en parte.

La cuarzo-diorita debe ser considerada como el resultado



ZONA URANIFERA CACERES-BADAJOZ. VALLE TAJO

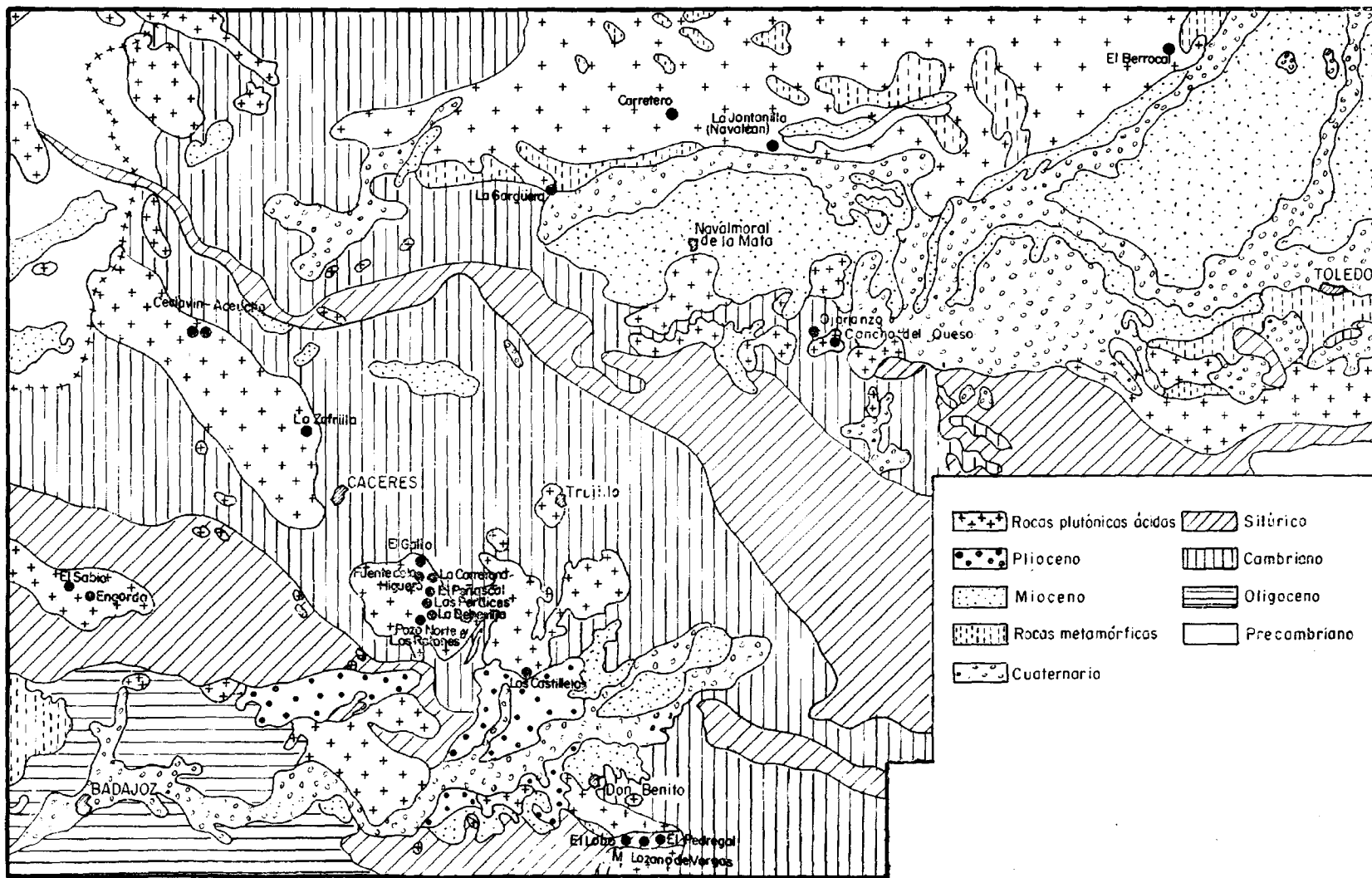


Figura 2.2-2

de una diferenciación de la granodiorita, proceso en el que, en algún caso, pueden haber influido fenómenos tectónicos, especialmente cuando estas cuarzo-dioritas aparecen con la forma de diques y con contactos netos con la roca encajante. Estas diferenciaciones son bastante frecuentes en todo el macizo de Albalá, donde se observa que muchas veces los contactos no son netos: el paso de una roca a la otra se hace en un espacio de 5-10 m. En la planta 120 de la mina se puede ver claramente que existe una zona de paso de un granito a otro con fenómenos difusos, normales, por otra parte, en contactos de este tipo.

Se deben considerar aquí, de acuerdo con el estudio petrográfico efectuado, una serie de transformaciones cuya posible sucesión en el tiempo se da en el orden de exposición. El fenómeno más generalizado y el más importante que se produce es la baueritización: la biotita pasa a muscovita y ésta recristaliza en láminas grandes, conservando como testigo las inclusiones de circón o de apatito que existían en la biotita. El fenómeno es complejo, porque comprende la sericitización de las plagioclasas, y todo ello va ligado a la albitización de los feldespatos y de desilicificación de la granodiorita, hecho corroborado porque en las zonas próximas a las estructuras disminuye la cantidad de cuarzo.

Como es sabido, este proceso se debe a que el hierro de la biotita, que se encuentra en forma de  $Fe^{++}$ , se removiliza por efecto del agua y entra en solución, oxidándose en parte y precipitando en forma de óxidos, que tiñen con más o menos intensidad el ámbito en que precipita, si bien es verdad que una gran parte de limonita procede de la oxidación de la pirita.

Aparte de que la clorita pudiera tenerse como un mineral primario, debe considerarse como fenómeno de degradación de la granodiorita en el concepto de metamorfismo retrógrado, que tiene carácter regional y que está en relación con la sericitización de los feldespatos. También puede producirse la cloritización por acciones hidrotermales, y probablemente ambos conceptos tienen aquí aplicación en el área de Albalá.

La turmalina aparece tanto en algunas de las rocas de esta formación encajante como en algunos filones con estaño y wolframio que por aquí existen.

Esta turmalinización puede ser explicada por procesos de metasomatismo a partir del boro disperso en el granito.

En el caso del filón de Los Ratones puede observarse que la granodiorita próxima a la zona mineralizada está más cargada de turmalina, lo cual en apariencia está en contradicción con la presencia de mineralizaciones uraníferas de tan baja temperatura.

Es muy frecuente el apatito en los granitos extremeños, y por ello el fenómeno de apatización queda perfectamente explicado.

Así se explican también los numerosos filones de cuarzo-fosforita-apatito que aparecen en toda la provincia, y cuyo origen podría ser explicado por una segregación del granito, pero en general mucho más antigua que la venida uranífera. Por otra parte, el apatito-fosforita se deposita en muy diversas fases de temperatura, desde la pegmatítica-neumatolítica hasta la hidrotermal de baja temperatura (epitermal); hay una relación entre la presencia de apatito y turmalina.

Silicificación, cuarcificación y jasperización son tres procesos que están muy relacionados, porque en cierto modo dependen tanto del grado de tectonización como de la temperatura de deposición de la sílice. Puede decirse, de una manera general, que hay una removilización de la sílice en varias fases y que esta sílice removilizada en forma coloidal

se redeposita en forma de jaspe en fisuras de retracción o de corrosión, en cavidades de disolución, en grietas de origen tectónico sincrónicas con un proceso de brechificación, tendiendo en general a cementar materiales preexistentes.

La caolinización de que aquí se habla tendría más un origen hidrotermal que meteórico, y tiene lugar en el granito lateral a las estructuras mineralizadas.

La meteorización que se opera sobre las rocas de caja da origen fundamentalmente a la formación de caolín como consecuencia del ataque de aguas ácidas sobre feldespatos y también sobre otros minerales. En conjunto, sin embargo, la alteración de superficie y aun de niveles profundos no es intensa, lo cual tiene una profunda significación metalogénica en este yacimiento si se compara con los índices de esta zona y de otras regiones.

La geometría del yacimiento queda condicionada por tres hechos importantes: a) la existencia de los dos tipos petrográficos, antes reseñados, atravesados por la estructura mineralizada; b) la presencia de, por lo menos, dos formaciones mineralizadas de distinta significación estructural, pero no genética, y c) un accidente tectónico principal de gran trascendencia para la geometría y economía del yacimiento y en relación con los dos tipos petrográficos mencionados en el apartado a).

Como punto de partida se ha de indicar que atravesando los dos tipos rocosos existentes se define bien una fractura de orientación N 28° E, con 1,2 km, aproximadamente, de corrida, en la cual se alojan una brecha granítica y un filón de cuarzo y cuarzo-fosforita muy discontinuo, resultado éste de la evolución de aquélla. Esta brecha granítica se reduce a veces a una serie de fisuras rellenas de pecblenda con sulfuros y, en ocasiones, jaspe. Corresponde esta formación a la que se denomina principal filón o filón 27.

Su buzamiento es de 82° al este, y en su parte superficial, en correspondencia con niveles más inferiores, se pueden distinguir perfectamente dos tramos, tanto por su significación radiométrica como estructural, que se corresponde con las dos formaciones petrográficas en la que encaja: la granodiorita y la cuarzo-diorita.

Se ha dicho anteriormente que el buzamiento es de 82° al este, pero hay que hacer notar que al nivel —90 se produce una inflexión acentuada hacia el este, como consecuencia del accidente tectónico más importante, para volver, con tendencia a la vertical, a tener buzamiento de 83-84° a partir del nivel —130.

También aquí, como en el primer tramo, la roca de caja se muestra poco alterada; la presencia de venillas de cuarzo, a veces cuarzo ahumado, es relativamente frecuente, la brechificación menos intensa, y en conjunto la fractura está menos definida y a veces representada por una serie de fisuras; ello corresponde a una distinta mecanización de este tipo rocoso.

La estructura que se denomina 27' está definida y condicionada por un dique de granito de grano medio, cuarzo-diorita, lateral, y al techo del cual se encuentra la brecha mineralizada, en la que la existencia de tramos, mejor que lentejones, de un filón cuarcífero brechado es muy clara. Lo más representativo es la presencia, con cierta constancia, de cuarzo ahumado y de varios tipos jasperoides de sílice. La brecha en sí, o los tramos de filón de cuarzo, más frecuentemente se sitúan en el contacto mismo entre dique y granodiorita.

La potencia de esta estructura oscila entre 0,30 y 1,20 m, y su buzamiento es de 83° al este, pero con tendencia hacia un buzamiento oeste a partir del nivel —100. La presencia

del dique de cuarzo-diorita es una buena guía para su investigación minera, y representa por lo menos un papel doble: por una parte, tiene un significado mecánico por diferencia de rigidez, competencia, en relación con la granodiorita encajante, y, por otra, su misión recuerda la de un dique de roca básica que actúa como pantalla para la mineralización.

La morfología de algunos de los paneles mineralizados, y en cierto modo su riqueza, está en gran parte condicionada por la gran falla que queda dibujada en superficie, aproximadamente siguiendo el camino de Albalá a Casas de D. Antonio. La orientación de este accidente tectónico es en líneas generales este-oeste. Se le ha cortado claramente al nivel — 40 con buzamiento de 65°, dando origen a una potente zona de acción, de grandes consecuencias para la mineralización, especialmente en la parte de muro. En efecto, a techo, queda un tramo poco alterado, sin entibar, donde la fisura es bien neta y rica; a muro, en cambio, la alteración es intensa con mineralización dispersa, removilizada, pero aún contiene ley suficiente para su explotación (2 ó 3 por 100).

El plano de falla se alabea para interceptar al filón, a los niveles más profundos, según ángulos muy pequeños, con lo cual el tramo en el que coinciden filón y falla es, a niveles más profundos, cada vez mayor.

Los métodos de investigación empleados comprenden:

- Radioprospección a pie.
- Levantamiento de un plano radiométrico sobre un área mucho más amplia que la que abarcan las anomalías encontradas.
- Prospección geofísica.
- Implantación de calicatas y su estudio.
- Levantamiento de un plano geológico detallado de superficie.
- Implantación y ejecución de pocillos de investigación sobre filón.
- Implantación de sondeos y el estudio consiguiente.
- Control geológico de las labores efectuadas para la investigación.

Habría que estudiar aquí tanto esta mineralización en sí, como su distribución, alteraciones sufridas y la manera de presentarse. En lo que antecede se han indicado algunas características de ella, considerando la primitiva distribución tal y como fue depositada, en relación con el problema de su conservación, que está en dependencia con la protección que sobre ella ejercen tanto la caja filoniana, apretada y de roca fresca, como la ganga silícea de que va acompañada, lo cual puede producir la anulación de la circulación de aguas, hecho de gran trascendencia teniendo en cuenta la gran movilidad del uranio.

Macroscópicamente la mineralización se dispone en venillas de peblenda masiva relleno de fisuras de la granodiorita, y es frecuente ver esta peblenda con aspecto brechoide relleno de fragmentos de cuarzo, fosforita, elementos graníticos, etc., cuando la deposición se ha hecho sobre el filón preexistente. La ganga más frecuente, pero no muy abundante, es la sílice en forma de calcedonia.

Es más cómodo estudiar la mineralización separando los minerales en hipogénicos o primarios y supergénicos originados por la alteración de aquéllos.

La peblenda, siempre concrecionada, se ha individualizado durante el crecimiento de agregados piritosos, constituyendo la pirita el centro de las células y moldeándola también exteriormente. Esta peblenda se presenta bajo dos aspectos: el primero, peblenda en forma masiva, for-

mando placas con estructura en «panel», que suele ser la más abundante. En ella se observan con dificultad las fisuras de contracción radiales, pero las concéntricas son muy frecuentes y ostentan bien el aspecto concrecionado y botrioidal, lo cual traduce el tipo de deposición coloidal.

El otro aspecto bajo el que se presenta la peblenda es en forma de esferulitos dispuestos en «guirnalda» rodeando núcleos de cuarzo o de apatito y pirita, dando origen a estructuras «celulares», aunque este caso no es el más frecuente.

El poder reflector, en general, es bajo, y la dureza, débil, por la sobreoxidación que la hace pasar al estado de coracita; en otras ocasiones, por removilización y cataclasis, pasa a parapecblenda.

Los sulfuros reemplazan con facilidad a la peblenda, especialmente la pirita y la melnicovita. Este reemplazamiento se hace siguiendo las estructuras concéntricas, dando origen a aspectos similares; también puede observarse el reemplazamiento de la peblenda por calcedonia, conservando los esferulitos una capa externa de peblenda.

Es posible admitir, por la presencia de estructuras reticuladas de aspecto cuadrangular, el reemplazamiento de cristales de feldespatos, microclina o plagioclasta por la peblenda.

Deben señalarse aquí otros tipos anormales de la peblenda, como son la parapecblenda y los óxidos negros.

La variedad de peblenda cuya dureza y poder reflector son débiles y sus fisuras internas es la parapecblenda. Se presenta, bien relleno de fisuras de la peblenda normal o de otros minerales que se encuentran rotos, o bien epigénica de la peblenda y conservando los contornos concrecionados de aquélla, pero sin fisuras de retracción.

Los óxidos negros parece que se localizan más frecuentemente a niveles relativamente profundos, — 80 y — 120 m. Se encuentran relleno de fisuras de brechas de apatito y cuarzo que están cementadas por piritas, pero en ocasiones se han observado en niveles próximos a la superficie, asociados con arcilla o bien con la melnicovita.

La pirita es, sin duda, el más abundante de los sulfuros de hierro. Se presenta en placas uniformes o en cristales con formas cúbicas, depositándose, en general, antes que la peblenda, y, a veces, inmediatamente después, moldeando los esferulitos o relleno de fisuras preexistentes de retracción. Cuando es anterior tiene poder reflector normal y aspecto cristalino, que está en contraste con la menor dureza y la reflectividad del sulfuro de hierro que moldea la pirita y que presenta fisuras coloidales de deposición.

La melnicovita es más tardía que la pirita, presentando aspecto colofórmico, poder reflector disminuido y el color bronceado en luz natural que le es característico. Las placas muestran entre nicoles cruzados una anisotropía ligera, que es debida a su estructura fibrosa, lo cual puede interpretarse como un paso hacia la formación de esferulitos de marcasita. Aparece, en unas ocasiones, relleno de geodas de peblenda y, en otras, formando estructuras anulares o elementos concéntricos porosos incluidos en las coracitas, por lo que deben considerarse como productos de neoformación.

El cuarzo que acompaña a los minerales primarios aparece en forma calcedónica y se ha formado inmediatamente después de la peblenda, a la que con frecuencia sustituye. Pero hay otras variedades de cuarzo de mayor temperatura, anterior a la mineralización uranífera, que se presentan formando núcleos filonianos con mayor o menor continuidad en la línea de la fractura mineralizada. Sin embargo, no se estudiarán estos tipos, entre los cuales se deben

citar el que se encuentra estrechamente ligado al apatito, y las formas radiadas de cuarzo ahumado frecuente en la estructura 27. La cantidad de ganga, en general, no es grande.

Los minerales secundarios o supergénicos son muy pocos y se originan como resultado de la alteración bien «in situ», gummitas negras, amarillas y naranjas, o bien por depósito a distancia mayor o menor de los minerales primarios, habiendo sido transportados por las aguas oxidantes, son: fosfuranilita, saleita, autunita y torbenita en pequeña cantidad.

La gummita amarilla es la más abundante, presentándose o masas o filoncillos solos o asociados a la pecblenda; la anaranjada, en cambio, es muy escasa y sólo raramente se ha podido identificar con seguridad, porque con frecuencia se trata de las gummitas amarillas teñidas por óxidos de hierro.

La autunita es muy frecuente, formando costras sobre las gummitas o rellenando diaclasas de la roca encajante y de los demás minerales filonianos, y en general, forma láminas cuadradas sola o asociada con la fosfuranilita.

Lo torbenita es rara y acompaña a la autunita o a la fosfuranilita.

Se pueden dar como rasgos metalogénicos característicos del yacimiento los siguientes:

La conservación de los minerales primarios, pecblenda esencialmente, depositados ya sea en bandas de fractura de la roca encajante o en bandas que siguen la traza de antiguos filones de cuarzo-fosforita, en cuyas reaperturas también pueden depositarse, ya sea en brechas graníticas, de ascendencia filoniana, cuarzo-fosforita, que se localizan en el contacto de dos rocas de distinta competencia mecánica, cuarzo-diorita-granodiorita,

Es rasgo destacable la pobreza de la ganga, siendo más frecuentes, si bien no muy abundantes, los sulfuros ya mencionados.

Dispersión de la mineralización relativamente pequeña dado lo neto de las estructuras tectónicas en que encajan.

Una lixiviación natural (ayudada por la removilización tectónica) que se opera en algunos tramos con más intensidad que en otros, y como testigo de lo cual queda la piritita menos móvil que los minerales uraníferos.

Se puede intentar establecer, según indica el diagrama de sucesión metalogénica indicado, una relación entre paragénesis y posible sucesión en este yacimiento, según la secuencia siguiente:

Sobre la traza de antiguas fracturas, en las que se localizan filones de cuarzo-fosforita de mayor o menor regularidad, se produce una nueva fracturación no exactamente localizada en el tiempo.

Deposición de pecblenda con sulfuros, especialmente piritita y algo de marcasita.

Posteriormente se puede diferenciar una etapa de reemplazamiento en la cual la melnicovita y algo de cuarzo calcedónico reemplazan, parcialmente, a la pecblenda.

Sigue una etapa que se podría llamar de removilización, y a favor de la cual se produce una oxidación intensa, dando por resultado la transformación de pecblenda en parapecblenda y la formación de los minerales secundarios, gummitas a partir de la pecblenda. Consecuencia también de ello es la dispersión de los minerales uraníferos y el relleno de las fisuras por minerales secundarios, así como otra serie de alteraciones.

La mineralización uranífera de Los Ratones y la de otros muchos índices que por esta zona se encuentran, plantean una serie de problemas en cuanto a su génesis,

formación y posterior conservación, de los que solamente se esbozarán algunos aspectos.

Se parte del hecho de que la «fuente» de este uranio se encuentra, efectivamente, en la roca intrusiva a la cual ha llegado mediante los procesos bien conocidos de la diferenciación magmática y de que, efectivamente, unos granitos son más ricos que otros en su contenido uranífero. En cuanto al uranio disperso en la masa granítica, su movilización para un posterior transporte es la consecuencia, teniendo en cuenta las ideas de diferentes metalogenistas, de su liberación durante los procesos de alteración, ya que tales minerales son sensibles a la hidrólisis, pero anteriormente a estos fenómenos de alteración se han de invocar procesos tectónicos capaces de poner en marcha esta movilización, posteriormente facilitada por la alteración indicada.

Ahora bien, la tectónica movilizante es un dato importante que justifica un análisis, siquiera somero. En efecto, se distinguen diversos grados de tectonización según su mayor o menor intensidad y estilo. Una tectonización, pues, crea tanto las condiciones necesarias para la movilización como las estructuras en las cuales se depositarán, posteriormente, los productos movilizados. Esta tectónica tiene lugar esencialmente en fase rígida, si bien, en cierto modo, está condicionada tanto por la que determinó la «mise en place» de los granitos, como la que tuvo lugar en fase aún plástica.

El grado de tectonización se establece teniendo en cuenta fundamentalmente la densidad de fracturas y fallas, su desarrollo, mayor o menor profusión de accidentes filonianos o diques, en parte consecuencia de aquella densidad de líneas tectónicas, mayor o menor apertura —tectónica de distensión que es la más favorable— de los correspondientes accidentes tectónicos, densidad de los sistemas de diaclasas, brechificaciones en mayor o menor número, tipos petrográficos y textuales, etc. Según todo lo que se expone, los grandes de tectonización podrían establecerse en inferior, medio y superior.

Para el uranio es especialmente interesante destacar, dadas sus condiciones de extrema movilidad, lo cual se traduce en parte en la gran irregularidad de sus yacimientos, la conservación o posterior removilización por una lixiviación posterior y natural de estas mineralizaciones en las que, como se ha indicado anteriormente, tienen gran influencia tanto el tipo de estructuras como las oscilaciones seculares del nivel freático, carácter más o menos ácido de las aguas de lavado, etc. De ello existen buenos ejemplos en la zona donde se encuentra enclavado el yacimiento estudiado.

#### LA ZAFRILLA

El filón La Zafrilla, de gran corrida 4.5 km, se encuentra a 9 km al norte de Cáceres, en el término municipal de Casar de Cáceres, sobre una plataforma granítica de gran extensión. Estos granitos corresponden a la gran alineación que se extiende ampliamente al noroeste de la citada provincia, y la situación del filón, que con otros muy próximos da origen a un sistema bien definido, es intragranítica, ya que el borde metamórfico queda relativamente alejado: más de 6 km.

Los granitos representativos de todo este gran manchón corresponden predominantemente a tipos granodioríticos de grano grueso, porfiróides, con la biotita dominante y diferenciaciones que se refieren a tipos de grano medio o fino o bien a variaciones por la presencia de pórfidos graníticos o tipos cuarzo-dioríticos.

Dentro del área que se estudia los granitos encajantes corresponden a tipos de grano grueso con dos micas o a otros de grano medio en parcelas más definidas. Estos tipos rocosos están afectados de una alteración esencialmente meteórica, que posiblemente se ha superpuesto a otra de tipo hidrotermal con sericitización importante, apatización, jasperización, hematización y caolinización, las cuales, especialmente la caolinización, son más intensas en la proximidad del filón.

El filón es de tipo brechoide con dirección N 23° E y potencia de 0,50 a 4 m, y subvertical o con ligero buzamiento al este. Juntamente con el cuarzo microcristalino dominante riguran importantes núcleos de jaspe, a veces en forma de venillas, lo que da un aspecto zonado a este relleno filoniano; existen dos generaciones de jaspe y una de ellas está muy ligada a la pecblenda. La fosforita figura también en este filón en cantidad muy apreciable, lo que hace resaltar más el aspecto zonado; también aparece en forma de núcleos concéntricos con un núcleo de cuarzo inicial y alternando bandas circulares de cuarzo y fosforita. Las alteraciones laterales al filón son muy ostensibles y las hematizaciones intensas.

La mineralización uranífera está representada por pecblenda, gummitas, autunita y torbenita. La primera aparece en núcleos, muy relacionada con el jaspe, e incluso, en ocasiones, en su interior; las gummitas, como es normal, aparecen aisladas o rodeando núcleos de pecblenda, y la autunita y torbenita se presentan tanto impregnando planos de fractura de los cuarzos, jaspes y fosforitas como en los hastiales hematizados. En profundidad aparecen incluso óxidos negros atestiguados en los sondeos que se efectuaron.

Como mineralización acompañante se han de citar la fosforita, las piritas o sulfuros en forma de piritas, marcasitas y melnicovitas.

Se puede establecer la siguiente sucesión mineralógico-genética:

- Cuarzo-Fosforita.
- Jaspe I-Pecblenda.
- Pirita-Jaspe II.

Esta estructura brechoide es muy clara y la génesis de este yacimiento ha de referirse a la que se expone para el tipo de «Yacimientos en rocas granitoideas con pecblenda y sulfuros de hierro».

La investigación realizada se refiere al levantamiento de un plano radiométrico sobre el cual se implantaron una serie de calicatas que fueron convenientemente estudiadas y desmuestreadas, y, por último, basándose en los resultados obtenidos, se llevó a efecto una campaña de sondeos de testigo al nivel — 40 que definieron el interés de estas mineralizaciones.

#### VALDERRASCÓN. ALBUQUERQUE (BADAJOS)

La posición intragranítica del yacimiento de Valderrascón aparece muy clara al localizarle en el manchón granítico de Albuquerque (Badajoz), que forma parte, morfológicamente, de una penillanura integrada por este plutón y por el Paleozoico encajante metamorfizado en sus bordes con corneanas y pizarras mosqueadas, que presentan una potencia de más de 200 metros.

Las rocas encajantes del filón cuarcífero están constituidas por granitos adamelíticos de tipo granodiorita y fueron afectadas por alteraciones de dos tipos: una anterior a la venida uranífera y representada por sericitizaciones, cloritizaciones y turmalinizaciones bien evidentes y desarro-

lladas; y otra posterior a la mineralización uranífera, que puede ser definida como una silicificación, apatización, jasperización, hematización y arcillización.

El filón uranífero tiene orientación, como la mayor parte de los de la zona, de N 30° E, y su potencia oscila entre 1 y 2 m; su inclinación es muy grande, pudiéndosele considerar como vertical, correspondiendo la posición al nivel epibatolítico.

La mineralización uranífera está representada por pecblenda, coffinita, y como producto de la alteración supergénica de ellas, autunita, saleita y torbenita. Acompañando a estos minerales aparecen los sulfuros pirita-marcasita-melnicovita, y como ganga se deben considerar cuarzo, jaspe rojo, jaspe gris, cuarzo jaseroide y fosfatos.

La sucesión paragenética se puede establecer así: cuarzo, pirita-marcasita, pecblenda, coffinita, melnicovita, saleita, autunita-torbenita.

Esta mineralización impregna fisuras o cementa una brecha de cuarzo y jaspe en los tramos de reapertura con brechificaciones posteriores. Las alteraciones supergénicas son superficiales. Los tramos mineralizados aparecen discontinuamente y en todo caso en ellos se advierte una presencia de jaspe que no es tan claramente observable en los estériles.

La génesis de estas mineralizaciones debe ser referida a una removilización del uranio disperso en el granito encajante y al transporte por soluciones en forma de complejos aniónicos, carbonatos de uranio, para depositarse en estructuras tectónicas de las zonas de reducción. En la precipitación interviene fundamentalmente el SH<sub>2</sub> procedente de sulfuros preexistentes.

#### EL GALLO

El filón localizado en el paraje Casa del Gallo, de situación perigranítica, corresponde al complejo filoniano del campo de Albalá (Cáceres), en una penillanura bien definida y de gran amplitud, integrada por granitos y pizarras uniformemente arrasados.

Los granitos representativos de este área están comprendidos en los tipos rocosos variados ya descritos en el yacimiento Los Ratones, por lo cual no se insiste más en ello. Los que interesan son granitos, o mejor granodioritas, de grano grueso con dos micas atravesados por un dique de pórfidos graníticos en cierto modo condicionante de la estructura, fractura, donde se encuentra la mineralización uranífera.

Los granitos encajantes presentan alteraciones que se deben referir tanto a una meteorización como a una alteración hidrotermal anterior en la que se pone de manifiesto una cloritización, turmalinización, sericitización y arcillización. La hematización es relativamente intensa y se muestra preferencialmente en los laterales de este filón.

La estructura mineralizada puede ser definida como una brecha granítica atravesada por venillas de cuarzo filoniano. La dirección es N 27° E, subvertical o con buzamiento al sudeste, su potencia varía de 0,60 a 1,50 m, y la corrida se puede estimar en 200 m. La brecha granítica mineralizada aparece alterada y está condicionada por la presencia del dique de pórfido granítico indicado. Otra falla de cierto desarrollo corta y complica la disposición estructural investigada y da origen a mayores alteraciones, especialmente por caolinización intensa en su zona de acción.

La mineralización uranífera comprende autunita, fosforita y óxidos negros en profundidad, y está acompañada de los sulfuros bien conocidos: pirita, marcasita, melni-

covita además de abundante limonita. Estos minerales impregnan la brecha granítica indicada con mayor o menor dispersión dentro de ella.

La investigación comenzó por el levantamiento de un plano radiométrico, con los datos del cual, como base, se implantaron una serie de calicatas que permitieron definir la morfología de la formación mineralizada. Posteriormente se confeccionó un plano taquimétrico a escala 1:1.000 y se hizo geofísica por el método de resistividades, completándose con una campaña de sondeos con testigo que pusieron de manifiesto lo superficial de la mineralización, pues no pasaba del nivel — 20 m. Por último, se realizaron labores mineras a este nivel, mediante un pozo y galerías de poca longitud, en las que se perforó algún culatón.

#### EL PEÑASCAL

El yacimiento de este nombre está situado a 1 km al norte de Albalá (Cáceres) y en el mismo término municipal, muy próximo al borde granítico mediante un golfo que se produce porque el metamórfico de esta zona penetra hasta las proximidades de la localidad citada.

La estructura que se describe está ubicada en el campo granítico de Albalá, constituido por una penillanura integrada por el plutón cristalino indicado y por el Paleozoico encajante constituido fundamentalmente por el Cámbrico pizarroso; en los bordes de este campo se desarrolla una aureola de metamorfismo de contacto con cornubianitas y pizarras mosqueadas de tipo diverso.

Estas series metamórficas, así como los tipos rocosos integrantes del macizo granítico de Albalá, han sido descritas suficientemente en la parte correspondiente al estudio del yacimiento de Los Ratones, por lo cual se omite aquí esta cuestión.

La definición escueta que corresponde a esta formación mineralizada es la de una brecha granítica atravesada por venillas de cuarzo filoniano y jaspe. Esta estructura se orienta con dirección N 29° E, buza 65° al sudeste y su potencia oscila entre 0,60 y 1,50 metros.

La roca encajante de esta brecha está constituida por granitos adamellíticos, en realidad una granodiorita, con dos micas y por la biotita, transformándose en muscovita mediante un proceso de metamorfismo retrógrado (muscovitización o baueritización). Son de destacar además fenómenos de alteración debidos a un hidrotermalismo enmascarado posteriormente por una alteración meteórica. A aquél corresponde tanto una turmalinización como una cloritización, sericitización y arcillización. La alteración meteórica es causa de la hematización que se muestra ostensible, especialmente en los laterales de la caja filoniana en la que, por rejuegos posteriores, también es bien visible una falla más destacada con sus alteraciones por milonitización.

La brecha granítica está impregnada de fosfatos de uranio, autunita esencialmente, óxidos negros y sulfuros, pirita, marcasita y melnicovita, alterados. En algún momento se observa que tanto estos sulfuros como la limonita resultante de su oxidación actúan de cemento de la brecha.

A esta mineralización se asocia la fosforita que en forma de apatito aparece como un mineral accesorio de la granodiorita.

El grado de oxidación de este yacimiento es grande, pero puede decirse que el nivel de reducción empieza ya a los — 20 m, como se demuestra por la presencia de sulfuros abundantes y sólo núcleos pequeños y dispersos de oxidación. La estructura es bastante cerrada, lo cual expli-

caría que aun con ausencia de una ganga, propiamente dicha, abundante no sea más intenso este grado de oxidación y persistan al nivel indicado tanto los sulfuros como óxidos negros.

La presencia de éstos presupone la existencia de mineralización primaria próxima que habría desaparecido por la oxidación indicada, y la gran inclinación de la estructura, 65°, condiciones no ideales para la mineralización, pero este buzamiento persiste al menos hasta el nivel — 80 m, profundidad máxima alcanzada por la investigación con sondeos.

La investigación realizada comprende tanto el levantamiento de un plano radiométrico sobre el cual se implantan una serie de calicatas, a las que precedió una prospección geofísica, y con ayuda de la una y de las otras se programó una campaña de sondeos a niveles — 40 y — 80. Para confirmar los resultados de estos sondeos, así como para el reconocimiento de la estructura en profundidad, con miras a su explotación, se realizaron una serie de labores mineras consistentes en un pozo más las galerías correspondientes.

#### LA CARRETONA

El yacimiento de este nombre se sitúa a 6 km al N-NO de Albalá (Cáceres), en pleno dominio de la penillanura que se desarrolla ampliamente por estos parajes y más especialmente hacia el este. La situación intragranítica de este yacimiento hace que su origen responda estructuralmente a la tectónica que se desarrolla en el plutón granítico encajante. Es de resaltar que en esta penillanura, integrada tanto por la formación cristalina como por el Paleozoico circundante formado por el Cámbrico pizarroso, es observable una tectónica diferencial que se pone de manifiesto tanto por la cartografía levantada a pie como por la fotogeología.

Los granitos encajantes de los dos filones convergentes que constituyen este yacimiento se definen como granodioritas con otros granitos monzoníticos con dos micas, pero con la biotita moscovitizada. Las acciones tectónicas son intensas, como se demuestra por la cataclasis que les afecta. Las alteraciones que se operan en este granito se refieren a turmalinización, silicificación, apatización, jasperización, sericitización y hematización. La cloritización de las biotitas es un fenómeno demasiado ostensible para que no se mencione. Todo esto es debido a un hidrotermalismo bien manifiesto. Especialmente la hematización alcanza gran intensidad en algunos de los tramos investigados y afecta al granito encajante ampliamente, hematización facilitada, sin duda, por la trituración intensa de la roca encajante.

La formación filoniana comprende dos estructuras o filones que convergen y se unen hacia el nordeste, su dirección es N-23° E, su potencia de 0,80 a 2,30 m y son verticales en los niveles conocidos; la corrida investigada es de 200 metros. Estos filones se pueden definir como brechas de cuarzo hidrotermal cementadas por pirita o más concretamente por sulfuros, pirita-marcasita, siendo la primera muy abundante en algunos tramos; otras veces se trata de una brecha granítica cementada por cuarzo constituido por cuarzo microcristalino y jaspe.

Los productos de alteración, oxidación, de estas piritas se ven abundantemente en forma de limonitas.

La mineralización uranífera consta de peblendas en poca cantidad por el estado de oxidación del yacimiento, corfinita, óxidos negros, autunita y torbenita. A estos minerales uraníferos acompañan: sulfuros, pirita, marcasita, melnicovita, covellina, calcopirita, blenda y algunos carbonatos de cobre. La sucesión podría ser establecida así: cuarzo

jasperoide, blenda, pirita-marcasita, covelina, pecblenda-melnicovita, cuarzo microcristalino y pirita.

La mineralización uranífera se localiza en los tramos con pirita alterada y limonita, e impregna la brecha de cuarzo siempre que la cantidad de pirita no sea excesiva. Los minerales supergénicos quedan representados por autunita y torbenita, como era de esperar, dada la presencia de cobre.

La génesis de este yacimiento puede quedar resumida así: mineralización formada en condiciones de baja presión y temperatura inferior a 100° por removilización del uranio disperso en el granito encajante, transporte en fase acuosa en forma de complejos aniónicos carbonatados de uranilo, movilizado por tensiones laterales, deposición en zonas de reducción en estructuras tectónicas angostas abiertas, precipitación fundamental por H<sub>2</sub>S procedente de sulfuros preexistentes y fijación en una parte por absorción de las limonitas y en otra por el PO<sub>4</sub> procedente de los apatitos.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico con el cual, como base, se implantaron una serie de calicatas, que estudiadas y desmuestreadas dieron unos resultados de interés, lo que permitió efectuar una serie de labores mineras al nivel — 20 y — 40 que fueron objeto de un control geológico sistemático, se levantó un plano de prospección geofísica y, por último, se efectuaron sondeos al nivel — 80.

#### LOS RATONES, POZO NORTE

Este yacimiento, situado al norte, exactamente la dirección del filón determinante es N-29° E, del llamado propiamente Los Ratones, presenta todas las características del anterior, con la diferencia de que la formación filoniana encaja en la cuarzdiorita de grano medio en vez de en la granodiorita como lo hace el primero. Las diferencias estriban, pues, en la roca de caja, y pueden ser referidas a:

a) La mecanización de la roca es más difícil que la de la granodiorita, por ello las estructuras son más cerradas y netas.

b) El grado de permeabilidad de la roca es menor que en la granodiorita, por lo cual las mineralizaciones son menos ricas y por ello la ley menor.

c) La estructura mineralizada se cierra en profundidad a niveles más altos que en la granodiorita.

d) Existen, consecuencia de a), pocos o ningún tramo abierto o con ramificaciones que dupliquen las estructuras mineralizadas como ocurre en Los Ratones propiamente dicho.

Para los demás caracteres se puede ver lo indicado para el estudio del yacimiento Los Ratones.

#### ENGORDA (ALBUQUERQUE)

Dentro del macizo granítico de Alburquerque (Badajoz), que constituye, junto con el Paleozoico en que encaja, una penillanura bien conservada, se encuentra un conjunto filoniano del que forma parte el que origina el yacimiento cuyas condiciones geológicas se van a describir.

Los tipos rocosos representados se refieren a granitos, o más predominantemente granodioritas, que presentan marginalmente facies porfiroide de gran desarrollo. En efecto, es fácil observar cristales grandes en numerosos puntos de los bordes graníticos donde éste aflora. A veces tales fenocristales se muestran orientados mostrando una densidad grande de ellos. Estos granitos morfológicamente enrasan con el Paleozoico encajante en cuyo contacto se

observa un metamorfismo representado por corneanas, pizarras mosqueadas y sericíticas, que constituyen una aureola metamórfica de 300-400 m de amplitud. Las pizarras mosqueadas son de tipo andalucítico y cordierítico predominantemente.

El granito encajante del filón se muestra porfiroide. La posición de este yacimiento es relativamente marginal, unos 800 m del borde, de dos micas o con sólo moscovita, y se muestra alterado localmente debido a una meteorización relativamente intensa y a fenómenos hidrotermales.

La meteorización origina una hematización y caolinización, esta última más destacada. La alteración hidrotermal da origen a sericitización, arcillización y hematizaciones más intensas, y se localiza en una banda siguiendo la dirección filoniana, no siendo posible precisar con ciertas garantías su anchura, ya que viene condicionada por diversos factores.

La morfología filoniana está definida por su rumbo, N 32° E, vertical o subvertical, corrida conocida de unos 400 m y potencia de 0,8 a 1,9 m. Es de tipo masivo y además del cuarzo, predominante, presenta núcleos de jaspe que tiene relaciones estrechas con la mineralización. La estructura filoniana es en cierto modo zonada y la irregularidad en la potencia del filón puede ser más acusada que los valores expuestos. Una falla con ángulo muy oblicuo con relación a la dirección filoniana produce una zona de acción relativamente intensa donde son más ostensibles las alteraciones antes apuntadas, especialmente la caolinización.

La mineralización uranífera está formada por pecblenda, gummitas, autunita y fosfuranilitas, a los que acompañan los sulfuros: pirita, marcasita y melnicovita. En superficie estos sulfuros están transformados en limonitas por acciones oxidantes energéticas que se presentan en el dominio de los 0-15 m con gran intensidad. El nivel hidrostático podría quedar a la profundidad indicada, dada la topografía local.

La hipótesis genética más aceptable atribuye su formación a granitos hercínicos, subsecuentes, con fenómenos de distensión, con fracturas y filones que encajan en estas fracturas; rejugos posteriores habrían dado origen a brechificaciones en diversas fases.

La mineralización se ha formado en condiciones de baja presión y temperatura inferiores a 100°, por removilización del uranio disperso en el granito encajante, que se habrá efectuado a favor de las alteraciones y la tectónica existentes. El transporte se habría realizado en fase acuosa en forma de complejos aniónicos carbonatados de uranilo facilitando este transporte las tensiones y gradientes laterales. La deposición se ha efectuado en zonas de reducción en estructuras tectónicas angostas.

La investigación realizada consistió en el levantamiento de un plano radiométrico sobre el cual se implantaron una serie de calicatas, y posteriormente se han efectuado labores mineras consistentes en un pozo al nivel — 20 con galerías a este mismo nivel. La característica más destacada observada en estas labores fue la gran discontinuidad que presentaba la mineralización.

#### EL BERROCAL

Este yacimiento está situado en la hoja 580, Mérida, en pleno dominio del manchón granítico aquí existente. La base petrográfica general está constituida por un tipo rocoso clasificado como granito porfiroide y dentro del paraje donde se enclava el yacimiento hay una diferenciación del granito más ácido con dos micas del solamente muscovítico, que en ciertas áreas recuerda una granulita.



La separación, en ocasiones, es muy clara, llegando a ser neta en algunos puntos. En los granitos más ácidos se observan variaciones granulométricas y de coloraciones debidas a distinto grado de alteración. El granito muscovítico es de estructura holocristalina, hipidiomorfa, sin biotita, con microclina y plagioclasas, estando sericitizado intensamente y hematizado.

La mineralización uranífera está representada por pecblenda, sulfuros acompañantes, pirita, marcasita, melnicovita, cofinita y fosfatos, abundando más la autunita que la torbenita; la fosfuranilita está presente, a veces, en cantidad abundante.

Esta mineralización impregna fisuras del granito encajante o del filón de cuarzo jasperoide y con más frecuencia se aloja en una estructura brechoide con los sulfuros indicados, cuarzo ahumado y limonita cuando los sulfuros están más oxidados. La movilización supergénica es bien evidente, de lo que se deduce la existencia de procesos hidrotermales.

En la estructura brechoide se observan formas orbiculares con crecimiento de cuarzo hidrotermal, generalmente cuarzo ahumado, con el cual se asocian, además, blenda, galena, calcopirita, calcosina y covellina. La pirita está parcialmente limonitizada y la calcosina pasa periféricamente a covellina.

La brecha, en cuyo interior existen restos graníticos, ha sido posteriormente enriquecida con los fosfatos de uranio y los minerales primarios ya citados.

Hay una clara relación estructural entre la brecha descrita y un filón de cuarzo masivo, aunque también rojo y a veces impregnado por mineralización uranífera secundaria, en el sentido de que la dirección del filón condiciona la de la brecha mineralizada.

La investigación realizada consistió en un plano radiométrico completo, con una serie de calicatas implantadas de acuerdo con los datos estructurales y radiométricos suministrados por aquél. A esto siguieron, a la vista de los buenos resultados en ley y en potencia (más de 1,50 m) aportados por las calicatas, una serie de labores mineras para su investigación, que se completó con sondeos en profundidad hasta el nivel — 80.

#### ZONA CANO. POZOS 11 Y 12 (CÓRDOBA)

##### Pozo 11

Se sitúa en el batolito de Los Pedroches, a unos 6 km al este de Cardeña (Córdoba), en la pista de la Venta del Cerezo (fig. 2.2-3).

La roca encajante es una adamellita biotítica porfiroide. La mina en cuestión forma un conjunto de pozos, los llamados 1, 10, 6, 3, 9 y 11, agrupados bajo la denominación Cano, por el nombre del paraje en que se encuentran.

El conjunto de mineralizaciones Cano se halla sobre una banda, de dirección N 30° E, casi ortogonal a la citada pista, definida por una amplia trituración y alteración de la adamellita en una anchura de 1 km. El límite oriental de la banda está bien definido por un filón de cuarzo blanco, cuyos afloramientos, discontinuos, pueden seguirse hasta el borde del batolito, a unos 5 km al norte, y sobre el cual se situó el pozo 3. El límite occidental, no tan bien definido sobre el terreno, se consiguió establecer mediante trabajos de geofísica, con perfiles de resistividad de dirección casi este-oeste, y sobre él se situó el pozo 6, encajado en una porfiritita andesítica, aproximadamente en la misma latitud del pozo 3.

Al sur de la pista de Cardeña a Venta del Cerezo los tra-

bajos de geofísica señalaron una zona conductora prolongación hacia el sur de la del pozo 6 que, al ser sondeada, localizó la masa mineralizada que se estudia.

Esta masa no es aflorante, ni siquiera por anomalías radiométricas, y el motivo de hacer estos sondeos fue la presencia de otras mineralizaciones aflorantes más al norte y al sur (pozos 1 y 10, respectivamente) la misma zona conductora. Comienza en el nivel 25, adquiriendo su máximo desarrollo en el nivel 50 para volver a perder potencia en el nivel 75. Su forma es muy irregular.

Únicamente en el nivel 50 aparece más claro su origen: entre dos fracturas bastante definidas, separadas unos 25 m con dirección N 30° E, el granito está muy diaclasado y algo alterado, con lo que las fisuras, impregnadas de pirita, óxidos negros, saleita y autunita, hacen explotable el conjunto.

Estas fracturas límites de la mineralización, a su vez, constituyen dos filones uraníferos, con ganga de granito muy triturado y alterado y, a veces, delgadas vetillas de cuarzo y jaspe. La investigación ha delimitado cuarteles mineralizados, ya a distancia de la masa que los une en el nivel 50. La ley media del todo-uno es la más alta en Cardeña, pues alcanza el 1,4 por 100, mientras que en el resto de los pozos de Cano no ha rebasado, sino en raras ocasiones, el 1,2 por 100.

La abundancia de óxidos negros y pirita, unida a la falta de cuarzo en la ganga, hacen pensar en un yacimiento con caracteres muy próximos a los de origen primario, como es el caso de Los Ratones, que encabeza el grupo en que se incluye tanto al pozo 11 de Cano como al pozo 12, que se describe a continuación.

##### Pozo 12

Está muy próximo al 11, a unos 200 m más al este, siguiendo la pista de Cardeña a Venta del Cerezo, y al lado norte de la misma, en vez de al sur.

Todas las características geológicas y de mineralización explicadas para el pozo 11 son aplicables en este caso, con una sola excepción: su morfología, que es más netamente filoniana que en el caso anterior y presenta en algunos cuarteles la posibilidad de llegar a explotar masas, a favor de una cuña mineralizada, comprendida entre el filón principal bien definido y una fractura, ya no tan clara, que forma un ángulo de 20° con relación al anterior. La ley media, del 1,3 por 100, es mejor que en el conjunto de los pozos Cano, sin llegar a la del pozo 11.

#### 2.2.3.4 Pecblenda. Sulfuros de cobre

##### YACIMIENTOS TIPO LA VIRGEN

Por su especial interés, y puesto que sirve de definición y tipo para el grupo, se estudia primero la mina La Virgen y después se exponen las características específicas de los otros yacimientos pertenecientes al mismo: Navalasno, Traperoy y Obejo.

##### Yacimiento La Virgen

Se encuentra situado en el extremo norte de una gran fractura de 9 km de longitud que corta en su totalidad al batolito de Los Pedroches, con dirección N 60° E. En general, la potencia de la formación es grande, de unos 12 m, aunque con amplias variaciones (de 3 a 25 m) y dista del contacto granito-pizarra sólo unos 300 m desde el interior del batolito.

La fractura afecta, en primera lugar, a la adamellita



ZONA URANIFERA DE ANDUJAR

48

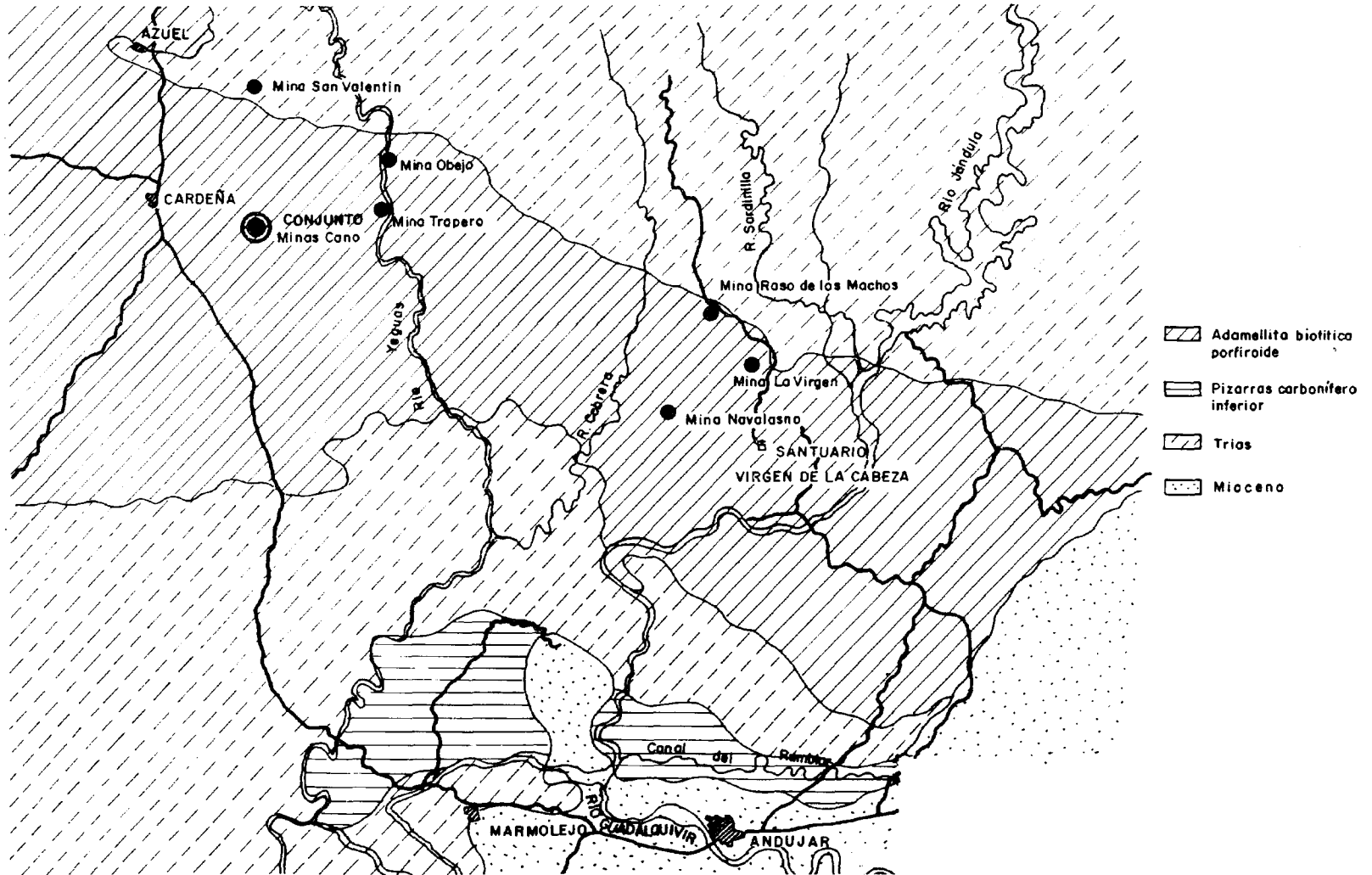


Figura 2.23

biotítica porfiroide, a lo largo de unos 4,5 km desde el contacto norte hacia el sur, luego penetra en la adamellita de dos micas durante unos 3,5 km y, finalmente, corta de nuevo, durante 1 km en el extremo sur, al granito porfiroide.

La característica fundamental de este tipo de yacimientos es la ligazón más o menos estrecha de la fractura con un dique de porfiritita andesítica.

El vulcanismo posgranítico da lugar al emplazamiento de una porfiritita andesítica de dirección nordeste y sucesivas reaperturas con brechificaciones a la deposición de filones de carbonatos, cuarzo blanco y jaspe limonítico.

Aunque existe, en la mayoría de los casos de asociación Cu-U, relación con la roca básica, se ha de observar que no es imprescindible una coincidencia absoluta, sino solamente una proximidad en la mayoría de los casos, de modo que, por ejemplo, en la mina La Virgen, la porfiritita andesítica está íntimamente ligada con la mineralización en los 70 m superficiales, mientras que después, en profundidad, la calcopirita-pecblenda con ganga de calcita se separa de la roca básica en virtud de una pequeña diferencia de buzamiento de unos 10°; así el filón mineralizado se sumerge casi vertical, siendo más suave, de unos 70°, el buzamiento de la roca básica, de modo que va apareciendo una cuña de granito triturado y alterado entre ambas formaciones, que va ensanchando en profundidad.

Tanto el cuarzo blanco como el jaspe limonítico constituyen el enlace entre la porfiritita andesítica y el filón, de manera que en las proximidades de la superficie brechifican y cementan a aquélla y sustituyen también a la calcita, originándose así, en este último caso, bellos ejemplares de pseudomorfosis de cuarzo con moldes negativos de calcita o esponjosos «boxworks» de enrejados romboédricos de sílice, que penetró a lo largo de los planos de exfoliación de la calcita. Los moldes negativos son evidencia de la posterioridad del cuarzo blanco respecto de la calcita, pero los «boxworks» pueden ser muy posteriores y ponen de manifiesto sólo una removilización superfénica de la sílice.

Cuando en profundidad aparece la cuña de granito, también él es atravesado por vetas de cuarzo. Se observa mayor abundancia del cuarzo blanco en la roca básica, puesto que en los niveles más profundos, sobre una sección del filón, desde el oeste hacia el este, aparecen netamente separados la calcita, el granito triturado y una brecha de roca básica cementada por cuarzo.

En los niveles primarios no se ha encontrado pecblenda: la calcita se presenta mineralizada solamente con calcopirita-bornita, en forma de vetillas que la atraviesan, o aparece una brecha de trozos de calcita blanca estéril cementada por una calcita negra, que al microscopio aparece mineralizada con piritita y calcopirita-bornita (fig. 2.24).

Si se asciende hasta el nivel de cementación, aparece una gruesa veta de calcosina, que encierra núcleos de calcopirita-bornita sin alterar; mientras que alrededor de estos núcleos hay calcosina proveniente de su alteración directa y todo queda incluido en una masa de otra calcosina compacta que no contiene restos de calcopirita-bornita. Únicamente la tonalidad más azulada al microscopio de la primera permite distinguirla de la última, más blanquecina.

Estas masas de calcosina están atravesadas por filoncillos de pecblenda, que incluyen también restos de calcopirita-bornita-calcosina, poniendo claramente de manifiesto la posterioridad de la veta uranífera respecto a la cuprífera. No se encuentra calcita y el conjunto aparece enca-

jado en una masa arcillosa-limonítica, con vetas de jaspe limonítico. Los nódulos de calcopirita-bornita llevan piritita, y hay además una segunda veta de piritita simultánea con la de los minerales uraníferos, especialmente con la coffinita, mucho más rara y escasa que la pecblenda, el cuarzo jasperoide de última génesis que atraviesa en venillas a los sulfuros de cobre contiene cuprita.

En las zonas puras de cementación aparece una deposición rítmica finísima, en forma de huellas dactilares, de calcopirita-bornita.

La delimitación en la mina La Virgen de las zonas de oxidación, cementación y primaria es bastante teórica porque el rebajamiento del nivel hidrostático se ha efectuado por lo menos en dos fases, y como la alteración, aunque muy intensa, no es homogénea, hace que dentro del actual nivel de oxidación queden núcleos de cementación, e incluso primarios, y dentro de las zonas de cementación haya también núcleos primarios.

La zona de oxidación es de gran complejidad porque se suman a la presencia de los minerales supergénicos de mena y ganga, el entroncamiento de la roca básica con su cortejo de cuarzos dentro de la fractura filoniana.

Los frentes de galerías de investigación presentan aspectos muy variados según aparezcan o no cuarzos, roca básica, restos no oxidados de zonas de cementación, e incluso alguna pequeña porción de bolsada primaria excepcionalmente protegida. El mineral uranífero fundamental es la torbenita, que impregna y tapiza indiferentemente granito triturado, cuarzos, roca básica, de acuerdo con la caprichosa circulación de las aguas de meteorización.

Las zonas más radiactivas se localizan preferentemente al muro de toda la compleja sucesión filoniana, como es normal por la disposición a la profundidad descrita. Se ha encontrado autunita; pero, en general, es escasísima, y su presencia se limita a alguna geoda donde probablemente hubo más abundancia de calcio que de cobre por quedar restos de la calcita de ganga. Hay duda de si pueden existir óxidos negros, dada su dificultad de análisis, pero a veces se han encontrado costras negras pulvulentas de alta radiactividad, y es frecuente, en cambio, la uranopilita como mineral de neoformación, que se presentan en eflorescencias de color amarillo limón, formadas en las paredes de las galerías que han atravesado zonas ricas uraníferas, con costras de los probables óxidos negros.

El mineral de cobre más abundante en la zona de oxidación es la cuprita, aunque tampoco faltan zonas de tenorita y covelina. Muy abundantes también son los silicatos de cobre, sobre todo crisocolas, y asimismo pueden encontrarse carbonatos, pero es casi exclusiva la malaquita, y muy rara la azurita. Son abundantes las eflorescencias sobre materiales filonianos de costras arriñonadas de calcantita azulada.

Finalmente, la oxidación de las pirititas da origen a abundantes limonitas, que impregnan las rocas encajantes y materiales filonianos; existen también masas concrecionadas botroidales de goethita, que al microscopio aparece mezclada íntimamente con pequeñas cantidades oligisto, y en la limonita se encuentran inclusiones de todos los minerales metálicos que forman el yacimiento. Con frecuencia se forman también costras arriñonadas de sulfatos de hierro (melanterita).

En conjunto, lo que más llama la atención en esta paragénesis cupro-uranífera de La Virgen es la ausencia total de blenda o galena, pues no existen más sulfuros metálicos que los de cobre o hierro ni más gangas que cuarzo y carbonatos, fundamentalmente calcita. La gran profundi-

ESQUEMA FILON LA VIRGEN

Sección N. 30° W. del filón de la mina La Virgen

Dirección media del filon N. 60° E.

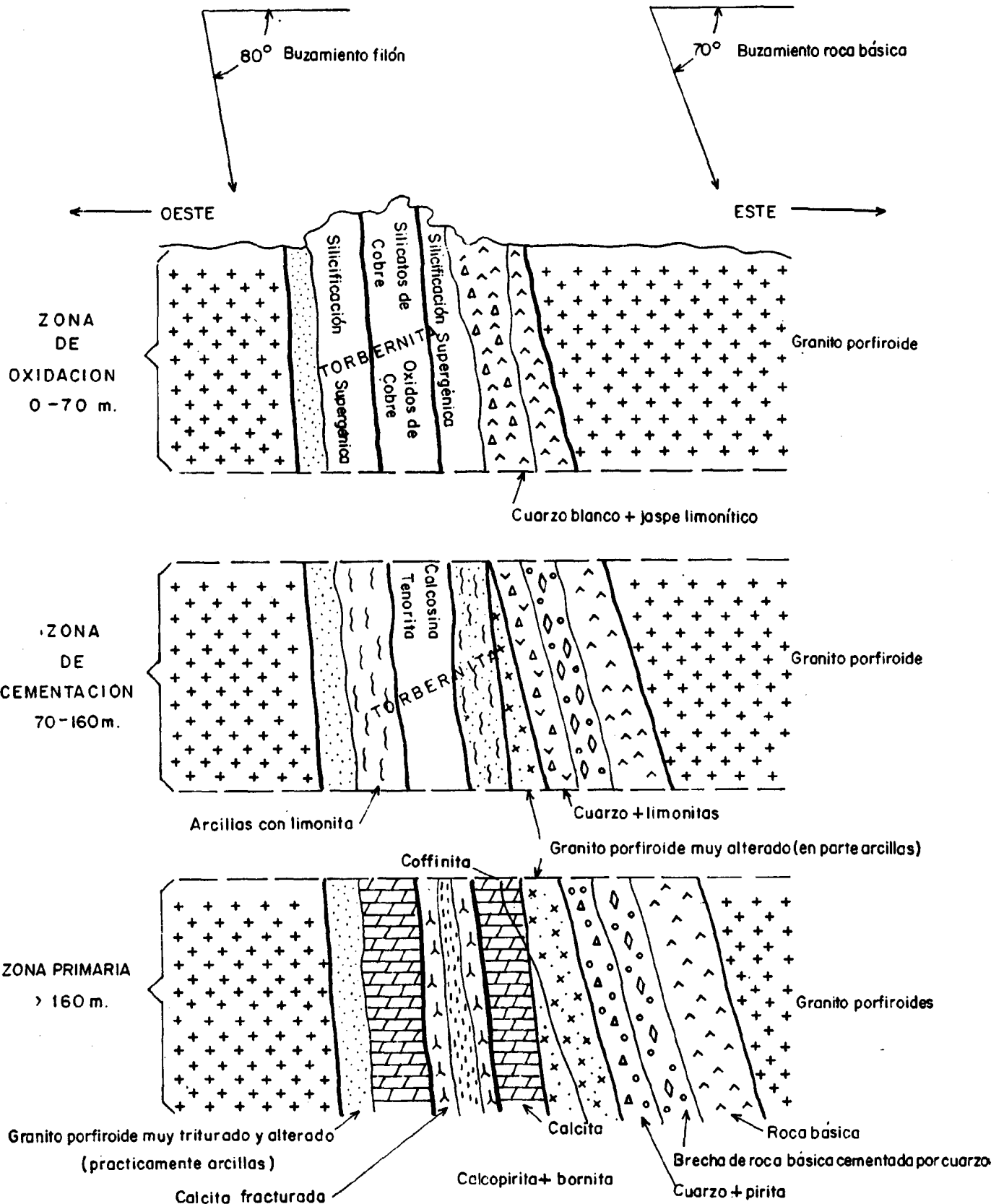


Figura 2.2-4

dad e intensidad que alcanza la alteración, con sus fases de oxidación y cementación dificulta la correcta interpretación de las sucesiones, especialmente en lo que se refiere a los omnipresentes cuarzo y pirita, difumina la vena uranífera de peblendita en forma de nube de torbenita, que tapiza todo lo que encuentra a su paso y mezcla los minerales primarios y supergénicos.

En resumen, hay dos fases: cuprífera y uranífera. En la primera, al fracturarse el granito, ya predispuesto a ello por la porfirita andesítica, se depositan pirita y calcopirita junto con cuarzo y carbonatos; en la segunda, se introduce la peblendita con pirita y cuarzo. Después la elevación de sierra Morena y el rebajamiento del nivel de base del Guadalquivir, hace descender aguas meteóricas, que oxidan el yacimiento y se crean las zonas de cementación y oxidación.

Pero esto no sucede en una sola fase, sino que hay sucesivos reajustes, marcándose por lo menos dos niveles base sucesivos, que hacen pasar, por ejemplo, la zona de cementación de la primera fase a oxidarse en la última.

No existen en las rocas encajantes deformaciones de tipo cataclástico, ya que las acciones tectónicas son muy definidas y coinciden con estructuras que significaban soluciones de continuidad, como los diques de porfiritas y cuarzo, por tanto, las dislocaciones se localizan dentro de estas estructuras, sucesivamente fisuradas o brechificadas.

Las alteraciones fundamentales sufridas por las rocas encajantes son: sericitización y cloritización, con carácter regional y de intensidad muy variable, según las zonas del batolito. En inmediata vecindad de los filones hay un proceso muy importante de silicificación y después arcillización como consecuencia de la llegada de materiales metálicos, siendo importante la alteración meteórica final sufrida por los materiales filonianos y las rocas de caja.

La sericitización es muy intensa en las plagioclasas de las rocas graníticas y completa en las de las porfiritas andesíticas; la cloritización, menos intensa que la anterior, parece iniciada por procesos de alteración regionales, pero es acentuada por las acciones hidrotermales; la silicificación es el más importante de todos los procesos de transformación que han afectado al filón La Virgen, pues sus efectos alcanzan no sólo a los materiales filonianos, sino a las rocas de los hastiales, manifestándose de modo particular en la sustitución casi completa de los carbonatos y en su papel de cemento de las brechas, y la arcillización, con formación de montmorillonita, illita y caolín, coincide con el depósito de los minerales metálicos y los productos arcillosos están a su vez bastante silicificados y, a veces, hematizados. La meteorización refuerza la alteración de los feldspatos de la roca encajante, por lo que se deshacen con facilidad, y ayuda a la arcillización, de modo que se llegan a formar zonas de productos arcillosos en la mina con potencias. También hay una importante montera limonítica como consecuencia de la alteración de los sulfuros de hierro, y también una extensa hematización de las rocas encajantes.

#### Yacimiento Navalasno

Es un caso particular de la mina La Virgen, antes descrita, pues encaja en la gran fractura que, con 9 km de longitud, corta en su totalidad el batolito de Los Pedroches, en dirección N 60° E.

Hay tres diferencias fundamentales:

— En primer lugar, el granito afectado por la fractura ya no es la adamellita biotítica porfiroide, sino

una adamellita de dos micas, de grano menor que la anterior y, por tanto, menos fracturable y alterable: la potencia de la zona filoniana se redujo a 2-3 metros.

— En segundo lugar, falta la roca básica.

— Finalmente, la alteración supergénica, en los 75 m de profundidad estudiados, es muy intensa, de manera que, como mineral uranífero, solamente se observó la torbenita, como minerales cupríferos, la crisocola, y únicamente, entre la difusa impregnación de los óxidos de hierro, se encontraron algunos nódulos de pirita. La ganga consistía en cuarzo blanco y jaspe limonítico.

#### Yacimiento Trapero

La mina Trapero presenta características muy parecidas, en cuanto a génesis y metalogenia, a las de La Virgen.

Destaca la falta de carbonatos en la ganga, que han sido totalmente sustituidos por cuarzo. Hay también, junto a la pirita, marcasita en mucha mayor proporción que en La Virgen, donde no ha sido citada expresamente, por constituir un accidente dentro del campo de alguna sección pulida.

Otro mineral también abundante es la coffinita, y no está claro si es un mineral secundario o primario. En La Virgen constituye siempre el último relleno, en forma de franjas con estructura concrecionada análoga a la de la peblendita, pero sin una sola fisura de retracción, y, por otra parte, ambas se diferencian perfectamente al microscopio, pues en luz polarizada la peblendita se extingue por completo, mientras que la coffinita se ilumina con reflexiones internas.

En Trapero hay minerales posteriores a la coffinita (calcopirita y bornita), pero éstos también muestran la textura alternativa y bandeada típicas de la zona de cementación, es decir, son supergénicos, y para poder demostrar con más claridad que la coffinita es primaria tendrían que haberlo sido también estos dos minerales.

En Trapero la formación filoniana mineralizada coincide también con un dique de porfirita andesítica; pero, además, se presenta como roca encajante, y en dirección perpendicular al filón, un dique de pórfido, que sólo aparece al este del mismo, pues está cortado y desplazado por el filón y no se encuentra su continuidad al oeste. La formación filoniana, casi vertical, continúa en profundidad cortando la porfirita de caja, lo cual es otra diferencia de detalle con La Virgen.

#### Obejo

Se trata de un filón-brecha de reapertura en otro anterior de cuarzo blanco, con deposición de fluorina violeta y minerales de cobre, y fracturación final acompañada de precipitación de cuarzo ahumado y secundarios de uranocobre en forma de torbenita.

La roca encajante es la adamellita biotítica porfiroide.

La alteración supergénica, intensa en los 60 m de profundidad investigados, afectó de modo preferente al uranio, mientras que los minerales de cobre observables abarcan una gama extensa: óxidos, calcosina, bornita y calcopirita, pero los núcleos de los tres últimos eran de dimensiones muy reducidas, si se comparan con los de La Virgen.

Por las características, un poco singulares que ofrecía esta mina, parecía tratarse de un filón cuprífero anterior,

mineralizado en uranio «per descensum» en forma de secundarios exclusivamente.

#### 2.2.3.5 Minerales exavalentes-limonita o minerales exavalentes solos

##### LA DEHESILLA

El yacimiento se encuentra situado a 2 km al O-NO de Albalá (Cáceres), en la hoja 729, Alcuéscar, dentro del manchón granítico de Albalá, que forma parte de una penillanura de gran desarrollo e integrada por el plutón cristalino y el Paleozoico, Cámbrico pizarroso, encajante.

Los caracteres morfológicos, tectónicos y petrográficos de esta penillanura quedan descritos y estudiados en el epígrafe correspondiente al yacimiento Los Ratonos.

Las rocas encajantes están formadas por tipos rocosos de grano grueso, referibles a una granodiorita con biotita dominante y más o menos porfiroides. En el paraje que da nombre al yacimiento, en realidad, se encuentran varios filones muy próximos entre sí, del orden de 60 a 150 m, con caracteres muy semejantes. Únicamente se describirá el que fue investigado por labores mineras, que es convergente hacia el noreste con otro próximo.

La alteración que afecta a estos granitos, en las proximidades del filón, se refieren a una meteorización con hematización muy intensa, precedida por otra hidrotermal con caolinización, sericitización, cloritización, hematización y silicificación. Es muy difícil, sino imposible, diferenciar la hematización de origen hidrotermal de la de origen meteórico.

La formación filoniana, de dirección N 32° E, tiene un buzamiento de hasta 28° al noroeste y potencia de 0,60 a 1,20 m, en realidad escasa, lo cual es el problema más importante del filón en sí. El relleno filoniano está formado por cuarzo, cuarzo crustiforme, cuarzo ahumado y jaspe hematítico en forma masiva, habiéndose encontrado venillas de baritina acompañando a este cuarzo. La caja filoniana presenta hematizaciones intensas, pero de poca amplitud; en realidad se trata de hastiales netos y poco alterados. La hematización es mucho más intensa en el relleno filoniano.

La mineralización uranífera está formada exclusivamente por minerales exavalentes; autunita y torbernita, a las cuales acompaña la baritina indicada y limonita. El grado de oxidación es, pues, intenso, a lo que se debe el que no aparezcan sulfuros, que estarían totalmente oxidados. La supergénesis, pues, es completa.

Resumiendo, la génesis del yacimiento empezaría por la fijación del uranio transportado por soluciones de aguas superficiales procedentes de la percolación de yacimientos en la zona de oxidación, dando lugar a los minerales exavalentes presentes; la fijación se hace fundamentalmente por PO, procedentes de apatitos y PO, la absorción se realiza, en parte, por minerales de arcilla.

La investigación realizada compendió el levantamiento de un plano radiométrico, y con él, como base, se implantaron una serie de calicatas, que fueron estudiadas cuidadosamente y desmustradas. Anteriormente se realizó una prospección geofísica, que determinó claramente las estructuras existentes con la convergencia indicada.

Se efectuó después una campaña de sondeos a los niveles —40, —80 y —120, que demostraron la importancia de la mineralización existente, si bien el gran problema era la potencia al parecer pequeña pero no claramente definida. Fue éste, entre otros datos, el que se trató de aclarar

con las labores mineras para la investigación que se efectuaron a los niveles —25 y —50.

##### LAS PERDICES

Son dos filones subparalelos, filón 1 y 1', los que componen este yacimiento ya explotado. Se sitúa a 2,5 km al noroeste de Albalá (Cáceres), en la hoja 729, Alcuéscar.

Se ubica en la penillanura de Albalá, constituida por un manchón granítico con tipos rocosos diferenciados, que encajan en el paleozoico de borde, pizarroso y metamorfizado por la presencia de los granitos. Los caracteres morfológicos, tectónicos y petrográficos de esta zona se describen en el estudio correspondiente al yacimiento Los Ratonos.

Las rocas encajantes del yacimiento están constituidas por granitos adamellíticos, granodioríticos, moscovíticos o de dos micas, cataclásticos, con alteraciones importantes, que deben ser atribuidas en su mayor parte a un hidrotermalismo, que origina una sericitización intensa, turmalinización, cloritización importante y silicificación menos destacada. La alteración meteórica es la causa de una hematización más manifiesta, en cierto modo, en el relleno filoniano.

Los dos filones de dirección N 20° E, filón 1, y N 55° E, filón 1', presentan potencias comprendidas entre 1,10 y 1,80 m, siendo ambas formaciones verticales o subverticales. El relleno filoniano está constituido por cuarzo, jaspe y la sucesión cuarzo-fosforita-apatito, que es relativamente abundante. En el filón 1' aparecen núcleos de pirita, que se han salvado de la oxidación; en muchos tramos se define una brecha de cuarzo-fosforita limonitizada; en otros, un jaspe limonítico, constituye el relleno filoniano.

El cuarzo se forma en dos venidas, y la limonita es el cemento de la brecha antes aludida; posteriormente se produce una impregnación por autunita o bien por torbernita. Se observa un crecimiento paralelo de los cristales prismáticos de apatito y los cuarzos crustiformes y microcristalinos.

Debe hablarse de una deposición hidrotermal cíclica de cuarzo-fosforita.

La mineralización uranífera está representada por torbernita, exclusiva en el filón 1 y metaautunita y torbernita en el filón 1'. De la mineralización acompañante, que ya ha sido indicada, debe destacarse por su abundancia la fosforita. La mineralización uranífera supergénica, por supuesto, es posterior a la de fosforita.

La génesis del yacimiento puede ser resumida así: minerales exavalentes de uranio, formados por la fijación del uranio transportado por soluciones de aguas superficiales procedente de la percolación de yacimientos próximos a la zona de oxidación. La fijación se efectuó por el PO, procedente de los apatitos.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico, con el cual, como base, se implantaron una serie de calicatas, cuyos resultados fueron, en los desmuestres efectuados, francamente buenos. Con ello se decidió ejecutar labores mineras para la investigación del yacimiento al nivel —20 y posteriormente al nivel —40, que se mostró ya prácticamente estéril.

##### EL SABIO. ALBURQUERQUE (BADAJOZ)

La formación filoniana aquí existente encaja en granitos de tipo adamellítico; en realidad es una granodiorita, que se presentan con facies porfiroide, de grano grueso turmalinífero y con predominio de la biotita sobre la mica

blanca. La alteración que afecta a estos granitos es intensa en la banda de acción filoniana, y se refiere a caolinizaciones, hematizaciones, sericitización, silicificación, muscovitización, etc., que da lugar a que en profundidad se extraigan lodos con los sondeos de testigo efectuados, pudiéndose hablar, incluso, de una arenización de estos granitos a consecuencia de la alteración indicada. La causa de esta alteración hay que buscarla en la meteorización y fenómenos hidrotermales, que actúan con facilidad sobre la roca, una vez que ésta ha sufrido una cataclasis intensa debida a la tectonización.

El filón es de tipo cuarcifero esencialmente, incluyendo núcleos de jaspe, con cuarzo microcristalino, etc., y a veces adopta una morfología que recuerda un stockwerk reducido.

Acompañan a estos cuarzos fundamentalmente sulfuros, representados por piritas, marcasitas y algo de melnicovita, que se muestran alterados. Dichos sulfuros están presentes en la mineralización uranífera, que consta principalmente de autunitas y, en menor cantidad, torbernititas.

La disposición del filón, con rumbo N 27° E, es vertical o subvertical; su potencia oscila entre 1,3 a 3 m; la corrida investigada es de unos 150 m, y la profundidad investigada alcanza a los 80 metros.

La formación filoniana descrita pertenece a un sistema existente en la plataforma paleozoica de Albuquerque, que corresponde a una penillanura, de finales del Paleógeno, bien conservada y limitada por relieves silúricos cuarcíticos, que alcanza la altitud media de 450 m, y está constituida por los granitos reseñados, cuya facies porfiroide de borde está muy desarrollada, adquiriendo los fenocristales gran tamaño en el contacto con el Paleozoico, Cámbrico, al cual metamorfiza, dando origen a una franja de cornubianitas y pizarras mosqueadas bien ostensible. La anchura de esta franja metamórfica puede alcanzar los 350 metros.

Los granitos son de edad hercínica o posthercínica, sucesivos con fenómenos de distensión bien manifiestos.

La mineralización uranífera, como se ha indicado, es de tipo secundario, probablemente por la gran alteración existente, estando la autunita presente tanto dentro del cuarzo filoniano, en planos de fractura, como en los laterales del filón, donde la hematización en el granito de caja es intensa. Esta oxidación profundiza hasta límites no bien conocidos, del orden de 15-25 m, si bien dentro del nivel de oxidación pueden existir núcleos que se han salvado de ella por la protección que ejerce la ganga silíceo.

Se supone que el uranio exavalente ha sido transportado en forma de uranilo por soluciones de aguas superficiales procedentes de la lixiviación del granito, facilitada por la alteración de éstos y su tectonización, o bien de yacimientos próximos en la zona de oxidación.

La investigación realizada consistió en el levantamiento de un plano radiométrico, sobre el cual se implantaron una serie de calicatas que, desmustradas por el sistema de rozas, dieron leyes y potencias de interés, y un pocito llevado hasta el nivel -10 permitió conocer la evolución a esta profundidad. Una campaña de sondeos al nivel -40 y -80 definió la esterilidad del nivel más profundo y permitió una estimación de las reservas aquí existentes.

#### FUENTE DE LA HIGUERA

El campo granítico de Albalá da origen a una penillanura, en la que queda integrada un Paleozoico, encajante

de los granitos, que corresponde al Cámbrico fundamentalmente.

Los granitos representativos del área se refieren a tipos rocosos en cierto modo variados: granitos porfiroides de dos micas, en realidad granodioritas, y no porfiroides, también con dos micas, todos de grano grueso; granitos de grano medio en forma de diques o apófisis, que, en realidad, deben referirse a cuarzdioritas. La roca se muestra, en general, con estructura holocristalina, textura cataclástica, y a veces la biotita se muestra dominante, estando con frecuencia sometida a un proceso de muscovitización. Otras formaciones satélites de estos granitos están constituidos por diques de rocas básicas alteradas, porfiritas andesíticas, pórfidos graníticos cuarcíferos y filones de cuarzo.

Los granitos encajan en formaciones datadas como cámbricas y silúricas; los contactos, en general, son de tipo concordante.

Los materiales de borde los integran rocas metamórficas de distintas facies, que comprenden cornubianitas de tipos diversos, cordieríticas, feldespáticas, tipos neísicos y, con más desarrollo, pizarras mosqueadas y otras sericiticas.

La anchura de esta banda de metamorfismo es variable, llegando a alcanzar en algunos parajes unos 400 metros.

La tectónica del área se refiere a la existencia de al menos tres sistemas de fracturas, alguno de los cuales ha funcionado más de una vez, rejuegos, e incluso como fallas. Es más importante destacar la presencia de un sistema de filones cuarcíferos, con el cual está muy relacionado el que constituye el yacimiento uranífero de Fuente de la Higuera.

Dentro del perímetro de la reserva deben destacarse tanto la formación filoniana como los caracteres de las rocas encajantes. Estas son granitos porfiroides de grano grueso, con dos micas, muscovitizados, con procesos de alteración importantes, tanto por meteorización como por fenómenos hidrotermales.

Estas alteraciones se refieren tanto a una caolinización intensa de los feldespatos favorecida por cataclasis previa, o incluso una milonitización, como a una sericitización de las plagioclasas, cloritización de las biotitas, jasperización, hematización y apatización. Algunas de estas alteraciones alcanzan cierta profundidad.

El relleno filoniano está constituido por cuarzo fundamentalmente, con vetas de jaspe, que a veces aparece en forma de núcleos juntamente con fosforitas, también en forma de venillas y limonitas, cuya presencia es un carácter común a la mayor parte de los filones del área de Albalá.

La estructura del filón es zonada, y su rumbo es N 28° E, con buzamiento de unos 82° al suroeste; la corrida conocida alcanza unos 250 m, y su potencia media se puede estimar en 1,4 m. Tectónicamente se define, y la investigación geofísica realizada lo confirma, una fractura, que incide sobre esta formación filoniana con ángulo agudo.

La mineralización uranífera está representada por gummitas y autunitas, más predominantemente estas últimas. Las primeras aparecen ligadas al jaspe en forma de núcleos y la autunita impregnando planos de fractura en la masa cuarzosa; la torbernitita es muy escasa, y sólo accidentalmente se encuentran algunos cristales aislados.

Dada la gran alteración existente y la profundidad que ésta alcanza, los sulfuros, si existen, están totalmente oxidados, de donde se deduce el dominio de la zona de oxida-

ción en el nivel investigado. Esto ha sido confirmado en parte porque el nivel hidrostático está relativamente bajo, pero, además, es preciso tener en cuenta la serie de oscilaciones que este nivel ha debido sufrir, lo cual explica, unido a la tectonización existente, el gran desarrollo del nivel de oxidación.

La hipótesis genética más plausible podría ser establecida así: granitos hercínicos, subsecuentes con fenómenos de distensión; fracturas y filones encajando en éstos. Penillanura de finales del Paleógeno. En el Mioceno inferior movimientos epigénicos dieron origen a rejuegos de los accidentes tectónicos anteriores, y posteriormente, en el Mioceno superior, se produce un arrasamiento de la zona. La mineralización se ha debido formar en condiciones de baja presión y temperatura inferior a 100° por removilización del uranio disperso en el granito encajante, su transporte en fase acuosa, en forma de complejos aniónicos carbonatados de uranilo y su deposición en zonas de reducción en estructuras tectónicas.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico, sobre el cual se implantaron una serie de calicatas, que fueron cuidadosamente estudiadas y desmuestreadas. Con estos datos como base se procedió a efectuar una campaña de sondeos, que definieron el interés de estas mineralizaciones, y un pocillo de investigación sirvió para estudiar la evolución de la mineralización en profundidad.

#### CARRETERO

Este yacimiento está situado entre Candeleda y Madrigal de la Vera, en la plataforma tectónica del borde sur de Gredos. Dicha plataforma forma parte de un sistema escalonado y delimitado de bloques tectónicos, que dan origen a la fosa, no muy profunda, de Naval Moral de la Mata, rellena por sedimentos terciarios.

Petrográficamente se encuentra en el dominio del cristalino de Gredos, en el que son diferenciables varios tipos rocosos, que serían desde granitos típicamente intrusivos hasta materiales metamórficos, neises, micacitas, pasando por otros granitos orientados, etc.

Las rocas encajantes son granitos de tipo porfiroide con dos micas, al cual, localmente, se superpone a manera de casquete un tipo orientado de carácter residual.

Estos materiales están afectados de una alteración esencialmente meteórica, y habría que citar, en este sentido, los procesos de caolinización, hematización y cloritización.

La formación mineralizada puede definirse como una brecha granítica, localizada en una fractura bien definida, en la cual existen núcleos cuarcíferos filonianos y otros de rocas básicas, también dispuestos discontinuamente a manera de lentejones.

Su orientación es noreste; su potencia llega a ser de 10 m en algunos puntos la corrida conocida de 180 m, y el buzamiento subvertical. Otras estructuras de tipo brechoide, laterales o convergentes con la anterior, considerada como principal, se definen con mayor o menor potencia, existiendo incluso dentro del área que se estudia filones cuarcíferos con hematizaciones laterales e impregnaciones uraníferas de torbernita.

La estructura a que se hizo mención primeramente adopta una disposición zonada, ya que lateralmente al dique de roca básica aparece la brecha granítica con unos bordes más o menos hematizados.

La mineralización uranífera, formada por fosfuranilita y, predominantemente, por autunita, impregna esta brecha granítica. Se desconocen otros minerales acompañantes,

aparte de la limonita, porque la investigación realizada no ha pasado de la fase de calicatas. La prospección geofísica realizada define, paradójicamente, un eje resistente según la traza de la brecha mineralizada.

La génesis del yacimiento como las de otros de su grupo, hay que relacionarla con una lixiviación natural del granito, que origina soluciones mediante las cuales es transportado el uranio y depositado a favor de condiciones estructurales, entre las que debe incluirse la presencia de la roca básica, más otros factores, como puede ser la presencia de sulfuros en profundidad, etc.

La investigación realizada se ha limitado, hasta el momento, al levantamiento de un plano radiométrico que, utilizado como base, sirvió para implantar una serie de calicatas que, convenientemente estudiadas y desmuestreadas, aportaron datos y valores de interés. La ley media de estas calicatas, con potencia media de 3,50 m, es de 0,25 por 100. Por último, la prospección geofísica realizada determina un eje principal resistente y otros accidentes menos destacados.

#### LA JONTANILLA

Este yacimiento se encuentra situado a 4 km al noreste de Parrillas (Toledo), en una plataforma granítica limitada que corresponde a un bloque tectónico definido por fracturas.

La geología comarcal queda definida por la formación cristalina con granito de grano grueso con dos micas, con diferenciaciones locales de tipos rocosos de grano medio o fino. Sobrepuertos a estos materiales o albergados en surcos tectónicos quedan enclaves de mayor o menor amplitud, residuales, de rocas metamórficas, gneises, micacitas, pizarras mosqueadas, etc. Tectónicamente son estructuras de fractura que se traducen en bloques movidos por levantamiento o basculación.

Las rocas encajantes del yacimiento se definen como granitos de grano grueso, esencialmente biotíticos, con alteración meteórica de cierta intensidad, que se traduce en caolinizaciones y, más destacadamente, hematizaciones. Esta alteración aparece más clara siguiendo la banda en la que encaja la formación mineralizada, que se define como una brecha granítica con morfología filoniana y ramificaciones laterales de cierta amplitud.

Esta brecha contiene escasa cantidad de cuarzo, que aparece en forma de venillas de jaspe o cuarzo calcedónico, siendo más destacables las hematizaciones. El filón aparece vertical prácticamente, su potencia llega a alcanzar 6 m y la corrida conocida es de 350 m, injertándose esta estructura en un accidente tectónico de mayor categoría, que se dispone oblicuamente con relación a aquélla.

La mineralización uranífera está representada por autunita y torbernita, que impregnan la brecha granítica indicada y que superficialmente sólo se acompaña por limonita; sin embargo, es presumible, con alto grado de certeza, la presencia de, al menos, núcleos de piritas en profundidad que quedan sin oxidar.

La génesis de este yacimiento puede y debe ser referida a un proceso análogo al indicado para otros del grupo en el que encaja.

La investigación realizada hasta el momento se limita al levantamiento de un plano radiométrico que ha servido como pauta para la implantación de una serie de calicatas, las cuales han definido, cortándola, la estructura descrita, además de facilitar, por los desmuestres realizados, datos referentes a la ley media en superficie.



Se agrupan en este tipo un conjunto de yacimientos e índices radiactivos que son típicos de áreas graníticas, entre las que destaca la de Casillas, Fuenteguinaldo y Alberguería, repitiéndose el tipo en algunas formaciones aisladas de Fuentes de Oñoro, Aldea del Obispo y Cabeza de Framontano.

Fundamentalmente constituyen impregnaciones en granitos triturados y con fuerte alteración, así como enriquecimientos de diaclasas y relleno de fracturas arcillosas. Aun cuando en las brechas aparecen formaciones de cuarzo de segregación, su desarrollo es mucho menor que en el tipo Los Propios, quedando reducido a vénulas y lenticulos de escasa potencia que aparecen discontinuamente a lo largo de las fracturas principales.

Los efectos tectónicos, que han dado lugar a las estructuras mineralizadas, ofrecen también algunos caracteres peculiares; están relacionados con fallas próximas de gran envergadura, constituyendo un complejo entramado fisural en los labios de las mismas; de ahí que los rumbos de las fracturas mineralizadas dentro de un mismo distrito sean muy diversos, estando en realidad formados por enjambres de fracturas sobre unidades tectónicas que han conservado el carácter de bloques, pero presentando en el interior una intensa cizalladura.

Los minerales uraníferos característicos son fosfatos del tipo torbernita y autunita, muy abundantes; escasos óxidos negros y posible pecblenda de neoformación. Los fosfatos forman impregnaciones, a veces ricas, en las masas de granito triturado con alteración caolínica y clorítica, así como en forma incrustante, especialmente la torbernita y algunas vénulas en materiales arcillosos de la brecha, con dominio de autunita.

No se ha encontrado pecblenda típica, pero algunas delgadas películas sobre diaclasas abiertas de niveles inferiores presentan caracteres de pecblenda de neoformación. Los óxidos negros y esta neopeclenda parecen tener su origen en la movilización y descenso de materiales superficiales con fuerte impregnación; éstos, a su vez, podrían sufrir diversos procesos de lixiviación y desplazamiento, dando lugar a recristalizaciones de las mismas especies.

Como mena asociada se encuentran pirritas, particularmente abundantes en algunas brechas, pero más generalizadas en forma incrustante sobre superficies de diaclasas y fracturas abiertas; algunas veces se advierte la presencia de cubitos pirritosos en el mismo granito cataclástico, con procesos posteriores de recristalización; en todo caso, es evidente que el desarrollo del ámbito de dispersión de pirritas es mucho mayor que el de uranio. La posible influencia de los productos de alteración de las pirritas en la deposición uranífera parecen evidentes en superficie, pero a escala mucho menor que en los filones tipo Los Propios; por ello hay que admitir la deposición anterior de la pirrita, aunque en parte se movilizara, dando lugar a marcasita y melnicovita.

La ganga está representada por cuarzo y especialmente por brechas cuarzo-feldespáticas, cuya alteración caolínica da lugar a arcilla y sílice de tipo calcedonia; en algún punto se observan láminas delgadas de tipo jaseroide, tanto en los tramos más uraníferos como en otros independientes de ellos; también se han observado pequeñas manchas de tapizado fluorínico en forma de trazas.

Las áreas graníticas del tipo de las que aloja el yacimiento de Casillas son muy frecuentes en todo el zócalo granítico que aflora dentro del sector, tanto en la provincia de Salamanca como en la de Zamora. Está constituido por

un granito porfídico con irregular abundancia, disposición y tamaño de los fenocristales feldespáticos el complejo estructural de la matriz de estos granitos varía desde el grano medio al grueso y pasa de un granito monzonítico de dos micas a una granodiorita. Lo fundamental es la presencia en estas áreas de costras someras de un granito granulítico que llega a ser granulita, de escasa potencia, desarrollo horizontal y con un contacto bastante definido con el granito general de la base; es éste el que propiamente aloja los enriquecimientos uraníferos y presenta gran semejanza con otras diferenciaciones del mismo granito porfídico en la proximidad del contacto con las pizarras, pareciendo ambos debidos más a procesos cataclásticos de distensión y en relación con las áreas de cornubianitas que a procesos petrogenéticos en fases sinorogénicas. El desarrollo original de estos granitos cataclásticos y de grano fino no puede observarse hoy por los efectos de la erosión en las penillanuras; pero estableciendo analogías con las formaciones petrográficamente semejantes conservadas en las inmediaciones de las aureolas del llamado metamorfismo de contacto, puede inducirse que su origen va ligado a tensiones que actuaron sobre granitos rígidos y muy posteriores a los plegamientos hercínios.

Aparte de las alteraciones generales propias de todas las rocas graníticas de la zona, tales como la caolinización, poco profunda, salvo en ámbitos de fallas, e intensa baueritización, sericitización y cloritización, destacan claras formaciones de alteración propilítica.

Dentro de la forma de brechas arcillosas con lenticulos de cuarzo de segregación, de algunas impregnaciones irregulares de ocre y limonita en superficie y de los citados fosfatos de uranio, cabe admitir diversas morfologías en cuanto al desarrollo; generalmente se trata de filones típicos con acúmulo en los extremos, que dan una forma lenticular a los que son de corta longitud. En algunos se advierten varios esfuerzos tectónicos que se han superpuesto y modificado, originando complicaciones con fracturas de cizalla, fisuras en pluma y zonas de stockwerk en los espacios comprendidos entre filones contiguos.

Siendo estas estructuras del cortejo fisural, de acompañamiento a fallas típicamente alpinas, los procesos de enriquecimiento que han debido de prolongarse a lo largo de todo el terciario y modificarse después por la evolución de los niveles freáticos ante el encajamiento de la red hidrográfica cuaternaria deben de pertenecer a la cronología de estos empujes.

El origen de los yacimientos de este tipo no puede ser fundamentalmente distinto de la mayor parte de los descritos con anterioridad, aun cuando puedan admitirse en detalle mecanismos particulares. Especialmente debe de haber en ellos una analogía con los procesos de enriquecimiento de yacimientos en pizarras, según se desprende del hecho de que los enjambres y complejos se hallan emplazados en bordes de cubetas lacustres que fueron colmatadas y cubiertas por los materiales detríticos del Terciario, así como también en relación con grandes estructuras de drenajes representadas por las grandes fallas de estas zonas.

El granito ácido superficial puede suponerse con propiedades adecuadas de tipo selectivo para determinar la deposición uranífera; pero cabe pensar también que en él hay algo más que simples factores físico-químicos de roca encajante, pues su intensa alteración bauerítica y liberación de uranio puede haber facilitado y constituido la fuente misma de dicho elemento, según procesos idénticos a los supuestos por M. Gefroy; precisamente las manchas de estos granitos que hoy se conservan después de la penillanuriza-



ción postríasica tienen forma de relleno de cubetas, lo cual facilita la circulación hacia zonas centrales de estas manchas de las aguas superficiales, facilitadas no sólo por la tectonización general, sino también por una mayor porosidad de este tipo de granito; ciertamente es muy notorio su empobrecimiento en uranio disperso con respecto al granito porfídico subyacente, lo cual puede incluso advertirse por un patente descenso del fondo radiactivo.

Igual que en las pizarras, no puede excluirse aquí la existencia de fenómenos hidrotermales que pudieron ser concomitantes con la iniciación de los depósitos uraníferos, pero no es posible establecer una relación rígida de dependencia, pues también aquí el mecanismo se ve que es típicamente por circulación lateral y descendente.

#### YACIMIENTO MINA CASILLAS

Casillas de Flores (Salamanca); paraje Turriñuelos; filón n.º 59 (satélite); hoja 550; coordenadas geográficas 40° 23' 45" N; 3° 4' 30" O.

*Mena uranífera:* Torbernita, Autunita, Oxidos negros. Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo. Brecha cuarzo-feldespática. Jaspe.

*Alteración supergénica:* Torbernita. Autunita. Arcilla. Calcedonia.

*Sucesión:* ¿Piritas-pecblenda? Fosfatos.

*Zonado:* Falso zonado unilateral (no representativo).

*Leyes:* Lote de calicatas U<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,4 por 100.

*Roca encajante:* Granito de dos micas, grano fino a medio de poca potencia, pasando en profundidad al granito porfídico general de dos micas.

*Alteración supergénica:* Meteórica poco profunda: Caolinitización hidrotermal intensa: Propilitización; cloritización; baueritización; sericitización.

*Forma:* Longitud filón, 150 m. Longitud mineralizada, 100 m irregularmente. Dirección, N 70° E.

*Nivel:* Precipitación superficial y supergénica; intratolítico; penillanura, 800 m. Nivel hidrostático, 10-15 metros.

*Estructura:* Brechas arcillosas más o menos abiertas, con impregnaciones irregulares de fosfatos. Oxidos negros en diaclasas rellenas de arcilla.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Casillas de Flores.

*Yacimientos afines:* Los Baños y Las Cuestas.

*Hipótesis genética:* La movilización de uranio disperso parece quedar limitada a los granitos superiores de tipo granulítico, pues aunque las fracturas penetran en el inferior porfídico no aparecen mineralizados o lo están por lavado desde la superficie. El agente hídrico es el responsable del transporte, y la deposición dentro de las brechas parece compleja, debiendo atribuirse, parte a potencial químico y parte a absorción por productos arcilloso-silíceos y procesos de reducción ligados a la deposición de piritas.

#### YACIMIENTOS LOS PROPIOS Y SAN FELICES

Con esta denominación se considera un conjunto de mineralizaciones e índices uraníferos, muy abundantes dentro de las áreas graníticas de esta zona, sin interés económico

y cuyo carácter más destacado y común a toda la colección es localizarse en brechas o bandas cataclásticas, en general de poca potencia, y en las que el enriquecimiento uranífero ha de ser atribuido a una simple deposición a partir del uranio contenido en las aguas superficiales y que circula por estos espacios relajados y permeables. En el caso más frecuente, estas bandas porosas son contiguas y laterales a grandes filones de cuarzo de génesis anterior a la deposición y cuyas diferencias mecánicas con la roca encajante han determinado las reaperturas de los mismos y sus salidas por esfuerzos tectónicos tardíos.

La torbernita representa la especie mineralógica uranífera más característica, siendo muy rara la autunita, que aparece solamente en pequeñas bolsadas, particularmente enriquecidas. En la mayoría de los casos la mineralización no existe como tal o es submicroscópica, presentándose el depósito uranífero en las mismas vetas limoníticas, ocres de hierro y distintos óxidos e hidróxidos ferruginosos, compactos o pulverulentos, así como en las arcillas limoníticas y estructuras brechoides.

La pecblenda no ha sido encontrada, ni parece probable su existencia, aun cuando no puede excluirse el que en algún punto o zona especialmente favorable la precipitación separada de los complejos de hierro y uranio haya dado lugar a formas gelatinosas del tipo de neopeclenda; en todo caso su conservación sería muy difícil en estos niveles de fuerte oxidación tan próximos a la superficie y muy relajados. Los mismos fosfatos han debido de estar sometidos a ciclos de disolución y redeposición, con el consiguiente desplazamiento, como más adelante se indicará.

Todas las observaciones llevan a admitir que tanto los fosfatos como las impregnaciones citadas representan formas de mineralización primaria, aunque actualmente sea difícil determinar este carácter; por esta razón, en la ficha correspondiente se sitúan, tanto en el apartado de mena uranífera como en el de alteración supergénica, queriendo con ello indicar que, tal como hoy aparecen, puede igualmente tratarse de cristalizaciones originales como del resultado de múltiples removilizaciones a partir de aquéllas. En todo caso, las formaciones alvcolares, donde la torbernita forma tapizados incrustantes de la superficie interna de cavidades limonítico-silíceas, debe representar, si no mineralización original, al menos más antigua y conservada por la envoltura hematítica y silíceas, que le ha preservado de posterior disolución. Las concentraciones de tipo eflorescencias, muy ligadas a la superficie del terreno y situadas normalmente entre el suelo vegetal y la roca alterada, son, con toda seguridad, producto muy reciente de movilizaciones y recristalización.

En la zona de oxidación, única en que se presentan los enriquecimientos uraníferos de este tipo en esta región, sus minerales van acompañados constantemente de ciertos tipos de hematites y productos limoníticos con los que aparecen especialmente relacionados, de forma que puede preverse un aumento de radiactividad al observar la peculiar hematización local. Estos óxidos e hidróxidos de hierro proceden en su mayor parte de piritas, por alteración de las mismas, encontrándose en forma de nódulos y masas irregulares incluidas en los diques cuarzosos o en diaclasas de la roca encajante. Su presencia ha sido constante en todos los casos que se han podido comprobar mediante labores a cierta profundidad, ya que en superficie la tectonización ha hecho asequebles las piritas a la circulación acuosa en régimen oxidante, pasando a dar entonces los productos limoníticos antes mencionados, salvo en algún caso muy particular en que la piritita ha quedado conservada por su inclusión dentro

del cuarzo; en general, esta alteración supone el mismo proceso que ha originado las monteras de hierro que sirven de indicador en el campo para localización de los índices radiactivos de este tipo.

La cataclasis del granito de los hastiales ha dado lugar a bandas de brechificación, que han constituido espacios abiertos a la circulación y vías que han facilitado la alteración de los materiales triturados, dando lugar a feldespatos, arcillas y sílice coloidal, que junto con los materiales hematíticos de estos ámbitos aparecen relacionados con la deposición uranífera; de ahí que se incluya como ganga a tales brechas graníticas.

En estas mineralizaciones no tiene gran interés significativo la sucesión de los depósitos, por cuanto, sobre ser muy simple, corresponde a procesos independientes, sin más conexión que la coincidencia espacial, y únicamente «a posteriori» se presentan interacciones entre los coloides silíceo-arcillosos y ferruginosos y el uranio disuelto.

Esta sucesión puede, esquemáticamente, considerarse de la forma siguiente:

- 1) Cuarzo-piritas en brechas filonianas de granito.
- 2) Brecha granítica acompañante-piritas-uranio disuelto.
- 3) Hematites, arcilla-sílice coloidal-uranio precipitado o absorbido - torbernitita - complejos silíceo-hematíticos-uraníferos.

En cada uno de los estadios los episodios pueden ser simultáneos, pero no requieren mayores precisiones ni comprobaciones metalográficas, salvo la posibilidad de precisar la fina estructura de los complejos con sílice limonítica y uranio, que, por otra parte, se forman en yacimientos uraníferos de cualquier tipo dentro de las zonas más superficiales y parecen presentar dificultades para su tratamiento industrial.

No existe una verdadera zonación en ningún caso; a lo sumo puede presentarse una cierta distribución lateral, que da lugar a bandeados, pero que no se conservan a lo largo de la formación, estando más ligados a las condiciones mecánicas del material encajante que a un fenómeno de difusión y redeposición diferencial. En algunos casos la brecha lateral desaparece y la roca encajante está en contacto inmediato con el dique cuarzosos, más o menos brechado, y presentando impregnaciones fisurales de los materiales removilizados.

La roca encajante está constituida por granitos, predominando el de dos micas, de grano grueso o medio, porfiróide o equigranular; a veces son verdaderas granodioritas, como sucede en la mayor parte de los filones de este tipo en la provincia de Zamora. Es frecuente el observar la superposición en sentido vertical de dos tipos de granito distintos, siendo el superior de tipo granulítico y grano medio o fino, de espesor muy reducido, que se apoya sobre el granito monzonítico porfiróide o granito general. Los filones uraníferos atraviesan estos dos tipos de granitos, pero los enriquecimientos uraníferos quedan prácticamente limitados al granito superior, más ácido. En algunos casos, el granito granulítico parece deber su origen a zonas de distensión y cataclasis en ámbitos limitados de las plataformas superficiales más que a un fenómeno de diferenciación original. Con frecuencia se ve que estos granitos presentan abundantes formas de cataclasis, particularmente visibles al microscopio por las formas de cuarzo con extinción ondulante y en mosaico. Parte de la muscovita procede de una biotita inestable baueritizada y parte también del feldespato potásico; en algunos campos microscópicos pueden observarse complejos de granos de ortosa perfitica o de plagioclasas que

parecen proceder de rotura y dislocaciones de grandes fenoblastos, razón que permite suponer que las formas corticales del granito superior puedan derivarse del granito base general porfídico a través de efectos mecánicos, hoy no bien conocidos; esta diferenciación, cualquiera que fuera su origen, sería siempre anterior a la formación de los diques cuarzosos y, por supuesto, de las deposiciones uraníferas.

Los tipos de alteración de la roca encajante de estas formaciones mineralizadas no son fundamentalmente distintos a los del resto de yacimientos radiactivos en granito ni de otras fracturas no mineralizadas. Suelen ser bastante notorios, sin embargo, los anillos de alteración, pero sin una perfecta diferenciación de campos, por superposición de los mismos; es dominante la caolinización, intensa la baueritización, normales la sericitización y cloritización y típica, como marcadora, la hematización.

Las estructuras mineralizadas corresponden, en general, a zonas de brechificación inmediatas a diques de cuarzo de gran potencia, reactivados en acciones tectónicas posteriores dentro de los ámbitos de las salbandas. Esto origina bandas en forma de brechas adosadas al dique que le sirve de guía, a una cierta distancia, o lo sumo de dos o tres metros; estas bandas a veces tienen un desarrollo paralelo al del dique, aunque con tendencia a un rápido acunamiento en vertical, pero otras tienden a converger a profundidades también muy limitadas. En algunas ocasiones forman lentejones o masas irregulares laterales al dique, que pudiendo repetirse a lo largo del mismo tienen formas arrosariadas; otras están constituidas por fracturas de desarrollo oblicuo al dique de cuarzo, pudiendo atravesarlo y dar lugar a masas con afloramiento más o menos circular o elipsoidal y con desarrollo vertical en forma de embudo, sin dar lugar, en ninguno de los casos que se conocen, a formaciones en que pueda presumirse forma columnar.

En las inmediaciones de las salbandas son frecuentes las formas alveolares limoníticas con tapizado y, a veces, relleno de torbernitita; son extraordinariamente irregulares y es en ellas en donde pueden obtenerse muestras singulares con las mejores cristalizaciones; deben de corresponder a una zona de fracturación original y más abierta y que fue lentamente impermeabilizándose a medida que se producían los depósitos y rellenos de materiales resultado de la alteración, especialmente los complejos silíceo-limonítico. Las impregnaciones en zonas laterales y más alejadas de los diques de cuarzo presentan mayor complejidad y, normalmente, van ligadas a vetas arcillosas e incluso a diaclasas abiertas, que recuerdan el que se ha designado como tipo Barruecopardo.

Quedando la zona mineralizada con minerales radiactivos limitada a una parte muy superficial, aun dentro de lo que ha de considerarse como nivel de oxidación, toda pretensión de buscar zonamiento vertical es inútil, y, considerando el conjunto, sólo cabe admitir como característicos el nivel de piritas en la zona de cementación, con ausencia de uranio, y su correspondiente montera de hierro en el nivel de oxidación con las impregnaciones uraníferas ya mencionadas.

Aunque los diques de cuarzo y las posibles mineralizaciones metálicas, especialmente de sulfuros, que ellos pueden encerrar, son anteriores a los depósitos uraníferos, no cabe duda que han desempeñado un papel fundamental, condicionando algunos factores que han sido decisivos postebuirse fundamentalmente en dos:

- 1) Discontinuidad mecánica de materiales por la existencia del dique, con la consiguiente reapertura de espacios laterales, facilitando la alteración de las salbandas y la aparición de espacios permeables a la circulación acuosa.

2) Proceso de oxidación y limonitización de las piritas, proporcionando coloides de hierro, que han facilitado parte de la retención del uranio circulante. El proceso podemos diferenciarlo en distintas fases:

Formación del dique de cuarzo con inclusiones y depósitos de pirita.

Reapertura por esfuerzos tectónicos tardíos.

Aparición de zonas permeables con circulación acuosa superficial.

Movilización y disolución del uranio disperso en el granito; oxidación de piritas con formación de coloides de hierro; alteración de los materiales de brecha, especialmente feldespatos.

Deposición conjunta de complejos limoníticos y ocreos con uranio; caolinización y sericitización con retención de uranio por materiales arcillosos; cristalización de fosfatos.

Procesos de removilización y redeposición por modificaciones del régimen de circulación acuosa.

### YACIMIENTO LOS PROPIOS

Bañobárez (Salamanca): Paraje Los Propios; filón n.º 4; hoja 500; coordenadas geográficas 40º 47' 45" N; 2º 56' 50" O.

*Mena uranífera:* Torbernita, autunita, complejos limoníticos con sílice y U invisible.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Brecha cuarzo-feldespática.

*Alteración supergénica:* Torbernita (parcialmente); limonitas (100 por 100 en superficie); arcilla; sílice coloidal.

*Sucesión:* Piritas. Limonitas-fosfato U.

*Zonado:* Falso zonado unilateral (no representativo).

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,1 por 100. Lotes de calicatas.

*Roca encajante:* Granito de dos micas muy muscovítico en proximidades del filón. Grano medio-grueso.

*Alteración supergénica:* Caolinización dominante; sericitización normal; cloritización normal; baueritización intensa; hematización.

*Forma:* Longitud del dique, 3.000 m; longitud mineralizada, 150 m, irregularmente; dirección, N 30º E.

*Nivel:* Precipitación superficial; intrabatólítica; penillanura, 700 m; nivel hidrostático, 30-40 metros.

*Estructura:* Brecha lateral; bolsadas en el dique; fracturas oblicuas. Parcialmente en brecha limonítico-silíceo dentro del mismo dique.

*Edad:* Alpina.

*Tipos:* Los Propios.

*Yacimientos afines:* Zarza de Pumareda, Saucelle y Guadramiro.

*Génesis:* Tipos Los Propios.

### YACIMIENTO SAN FELICES

San Felices de los Gallegos (Salamanca): Paraje La Horca; filón n.º 16 hoja 475; coordenadas geográficas 40º 50' 20" N; 3º 1' O.

*Mena uranífera:* Complejos limoníticos con sílice y U invisible.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo. Brecha cuarzo-feldespática.

*Alteración supergénica:* Limonitas (100 por 100 en superficie); arcilla; sílice coloidal.

*Sucesión:* Piritas. Limonitas-fosfato U.

*Zonado:* Falso zonado unilateral (no representativo).

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,1 por 100.

*Roca encajante:* Granito de dos micas muy muscovítico en proximidades del filón. Grano medio-grueso.

*Alteración supergénica:* Caolinización dominante, sericitización normal; cloritización normal; baueritización intensa, hematización.

*Forma:* Longitud dique, 2.500 m; longitud mineralizada, 200 m, irregularmente. Dirección, N 25º E.

*Nivel:* Precipitación superficial; intrabatólítica; penillanura, 700 m. Nivel hidrostático, 30-40 metros.

*Estructura:* Brecha lateral; bolsadas en el dique; fracturas oblicuas. Parcialmente en brecha limonítico-silíceo dentro del mismo dique.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Los Propios.

*Yacimientos afines:* Los Propios, Zarza de Pumareda, Saucelle y Guadramiro.

*Hipótesis genética:* Las brechas corresponden a movimientos alpinos tardíos, que fueron condicionados por los diques de cuarzo preexistentes. La circulación acuosa por las fracturas permeables fue el mecanismo de transporte de U disperso en el granito tectonizado circundante. Los procesos de absorción por los coloides sílico-limoníticos fueron los agentes principales de precipitación del U.

### YACIMIENTO DEL PARAJE CANCHO DEL QUESO,

#### VILLAR DEL PEDROSO (CÁCERES)

El yacimiento que se describe está situado, dentro de la provincia de Cáceres, en el término municipal de Villar del Pedroso, dentro del manchón granítico constituido por tipos rocosos de grano grueso, biotíticos, pero en proceso de muscovitización y con alteraciones de cierta intensidad, que forma parte del conjunto cristalino que se extiende, discontinuamente en superficie, hacia el Puesto del Arzobispo y sur y sureste de Navalmodal de la Mata.

Un accidente tectónico de categoría media y corrida 4-6 kilómetros atraviesa estos granitos, dando origen a una fractura muy clara, en la cual se albergan discontinuamente tramos filonianos cuarcíferos-jasperoides, brechas graníticas y brechas de jaspé muy hematizadas, que contienen impregnaciones de minerales uraníferos, fundamentalmente autunita y torbernita. El accidente tectónico mencionado, cuya orientación es meridiana, no es sencillo, sino que se ve cortado por fallas que lo desplazan o bien existen otras ramas secundarias y convergentes con él, en las que también se encuentran mineralizaciones de uranio.

Las oxidaciones y alteraciones observadas, tanto en las brechas graníticas como en los tramos filonianos, son a veces intensas, alteraciones que persisten en profundidad, como se ha demostrado por los sondeos de wagon-drill ejecutados. El nivel hidrostático, sin embargo, queda relativamente superficial, a 6-8 metros.

Al levantamiento de un plano radiométrico siguió la prospección geofísica que confirmó los rasgos estructurales previstos; posteriormente una campaña de calicatas cortó los principales tramos filonianos, poniendo de manifiesto

las alteraciones y mineralizaciones indicadas, y, por último, una serie de sondeos muy incompleta, con wagon-drill, indicaba que la mineralización tenía continuidad hasta el nivel 15, que fue el alcanzado por estos sondeos.

A la mineralización uranífera citada acompaña limonita, algunos sulfuros, jaspe muy abundante y cuarzo microcristalino, siendo la potencia media de la formación mineralizada de 2-3 m, y la longitud conocida, con anomalías, de 2.700 m. El buzamiento es subvertical, pero con variaciones importantes, especialmente en la confluencia de las ramas laterales con la estructura principal.

Los demuestres efectuados dieron leyes que hacen aconsejable que, en su día, la investigación iniciada se continúe.

#### NAVARREDONDA

La mineralización uranífera se encuentra sobre una estructura reabierto con intensa milonitización y brechificación local de dirección N 40° y buzamiento vertical. Es una estructura compleja encajada sobre un granito adamelítico y granodioritas, que al aproximarse a la zona milonitizada adquieren un carácter cataclástico. Son granitos con plagioclasas zoneadas de dos micas, pero con inferior proporción de muscovita. Presenta cristales idiomorfos de apatito, que, en general, se encuentran incluidos en biotita.

La zona milonitizada presenta rocas de fricción con estructura pizarrosa, dando lugar a esquistos miloníticos formados por cuarzo cataclástico, muscovita, sericita y algún resto granítico totalmente alterado e impregnado por óxidos de hierro, que, a su vez, rellenan las fisuras de la roca encajante.

La mineralización uranífera está constituida exclusivamente por fosfatos del tipo autunita y torbernita, siendo mucho más abundante esta última, que forma pequeños cristales de sección cuadrada, en agregados foliáceos, y siempre asociadas, en este caso, a óxidos de hierro.

Acompaña, a la mineralización uranífera, pirita, que aumenta su proporción en las labores más profundas efectuadas. La goethita es muy abundante en superficie y también se encuentra marcasita.

El fondo radiactivo local es de 20-25 microroentgen/hora, mientras que en la zona mineralizada, que se presenta en una longitud de unos 150 m y potencia de uno a seis metros, es de 200 en la superficie. Esta zona se presenta en el flanco norte de un filón de cuarzo, pero no ligado estrictamente a él, sino a una zona fuertemente milonitizada que lo acompaña.

#### FIGUERAS (DARNIUS)

La zona está situada al norte de la ciudad de Figueras (Gerona) y ocupa gran parte de las hojas topográficas a escala 1:50.000 números 319 y 220.

Las manifestaciones radiactivas están ligadas a un macizo granítico de unos 200 km<sup>2</sup> de superficie, cuyo borde norte coincide aproximadamente con la frontera hispano-francesa.

El granito entra en contacto con pizarras y esquistos paleozoicos mediante una aureola de metamorfismo, bien definida, formada por corneanas y esquistos moteados. Asimismo existen por la zona numerosos retazos de materiales mesozoicos formados por areniscas, margas y calizas.

El macizo granítico se encuentra atravesado por una densa red de fracturas, que contribuyen a crear zonas de alteración muy intensas, que, como es lógico, se hacen más acusadas en las variedades de grano grueso.

Las principales manifestaciones radiactivas localizadas

se encuentran al sur de Darnius y en el borde de la formación granítica, estando ligadas normalmente a grandes diques de cuarzo formados por las condiciones mecánicas especiales producidas en las líneas de fracturas. En general se trata de cuarzo costriforme en segregaciones masivas, que contribuyó a la brechificación de las zonas de fractura. Los diques llegan a alcanzar los tres metros de potencia; su dirección es, generalmente, este-oeste, con buzamiento hacia el norte.

La radiactividad varía mucho de unos diques a otros, pero siempre es muy elevada, encontrándose numerosos puntos por encima de los 15.000 c/s. en el aparato SPP-2.

Como roca encajante de todos estos filones aparece un granito adamelítico generalmente alterado, observándose frecuentes procesos de sericitización, cloritización y silicificación.

En superficie aparece como mineral radiactivo la torbernita, acompañada de óxidos de hierro, de cobre, cuarzo, jaspe y productos arcillosos.

La génesis del yacimiento comienza con una lixiviación de los elementos radiactivos dispersos en los granitos adamelíticos y continúa con una concentración en las brechas de cuarzo de la zona.

Se han realizado trabajos de prospección detallada, estudios geológicos de índole general y algunas calicatas con sus respectivos análisis.

#### YACIMIENTO BRECHA INCÓGNITA (fig. 2.2.5).

##### *Situación y marco geológico*

Está situado a unos 600 m al sur de la carretera local de Lugo a Friol a la altura del km 16,5. Se encuentra en la penillanura lucense, de una altitud media de 500 m, de relieve suave, recorrida en su parte oriental por el río Miño y atravesada de este a oeste por los ríos Parga, Ladra (en su recorrido final), Narla, Mera y Ferreira.

Dicho yacimiento está ubicado en el batolito granítico situado al oeste de Lugo, estando limitado por norte, sur y este por esquistos precambrianos y por su parte oeste por esquistos y cuarcitas del Ordoviciense medio.

##### *Rocas encajantes*

Se encuentra en un batolito granítico de dos micas, turmalina y granate. Es un granito de grano medio, siendo frecuente encontrar en él filones pegmatíticos de poca potencia, todos ellos, al parecer, de segregación diferencial. Se ha observado en dicho granito la influencia de un dinamometamorfismo posterior, que ha dado origen a un granito orientado muy cerca de un verdadero gneis.

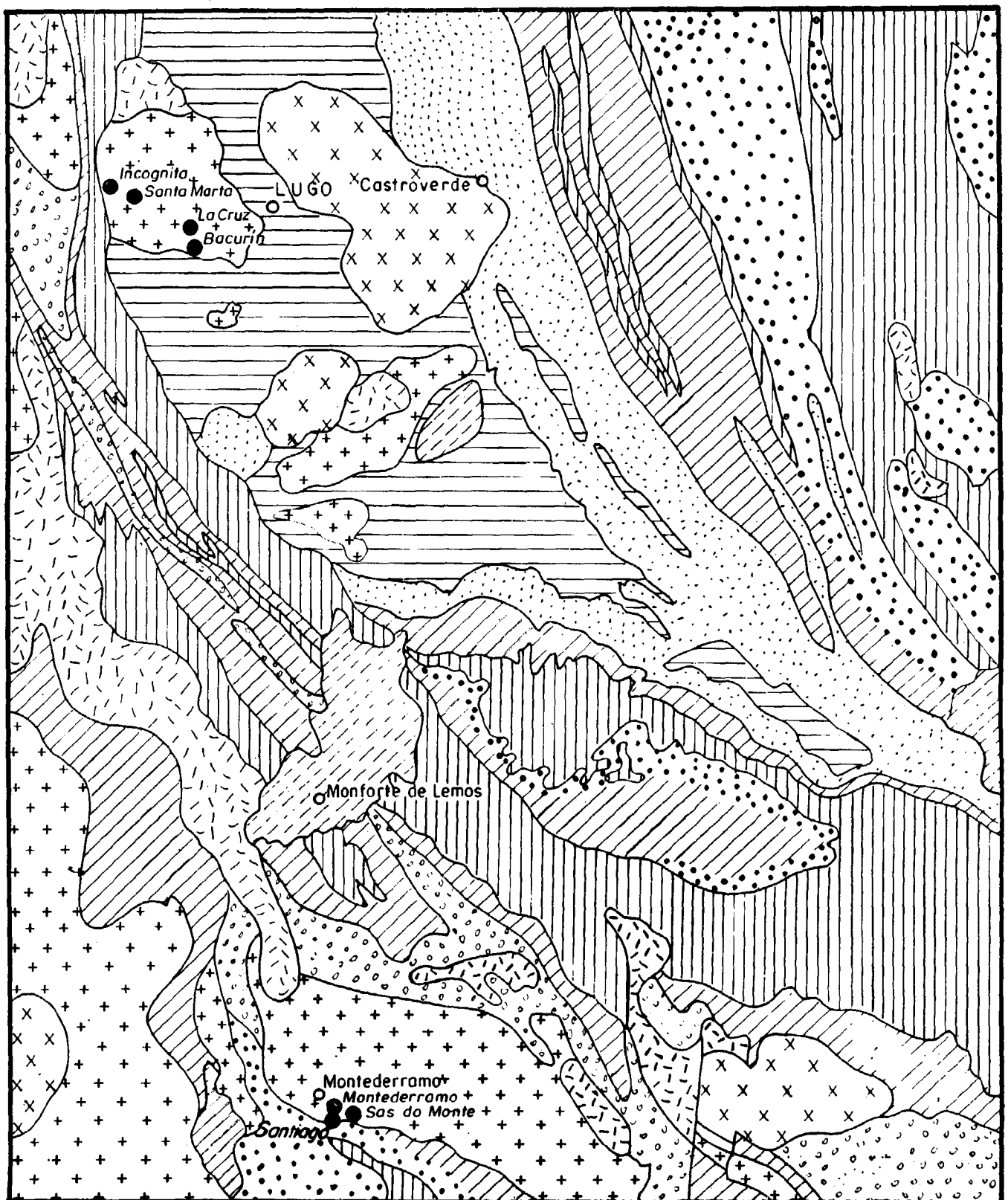
En el granito están muy alterados todos sus constituyentes, encontrándose zonas caolinizadas, cloritizadas, sericitizadas, limonitizadas, etc.; en las investigaciones mineras realizadas se puede observar que aunque en el interior el granito es compacto, al sacarlo se desmorona fácilmente.

Las manifestaciones uraníferas están ligadas a fracturas más o menos reabierto rellenas por el mismo material granítico, dando lugar a brechas o, en grado menor de tectonización, a un granito cataclástico, en cuyo interior se encuentran los cristales de autunita y torbernita en forma de impregnación.

La estructura mineralizada tiene una longitud de 700 m, con una potencia media de 1,60 m de dirección N 80° E y buzamiento subvertical.

Todos los minerales uraníferos son secundarios del tipo fosfatos de uranio (autunita y torbernita), los cuales están

ZONA URANIFERA LUGO-ORENSE



- |  |                                                                                                 |  |                                       |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------|
|  | Granito de biotita y megacristales, textura no orientada.                                       |  | Granito calco-alcálico de biotita     |
|  | Granito de dos micas, textura no orientada                                                      |  | Formaciones post jurásico             |
|  | Series de Narcea / Olla de Sapo { Precámbrico                                                   |  | Ordoviciense medio asilúrico incluido |
|  |                                                                                                 |  | Cámbrico inferior                     |
|  | Facies pelíticas / Facies cuarcíticas { Cámbrico medio hasta las cuarcitas armóricas incluidas. |  |                                       |

Figura 2.2.5

incluidos en la ganga, que tienen todos los constituyentes del granito, o sea, cuarzo, feldespato, micas, y, además, en este caso, turmalina y granate. Aunque es poco frecuente, pueden observarse a veces piritas y mispíquel.

El proceso generador en un ámbito granítico y la forma de presentarse las manifestaciones uraníferas en esta zona hacen pensar en la hipótesis de que la mineralización ha sido originada por la precipitación de las disoluciones uraníferas al encontrar factores físico-químicos favorables, pudiendo clasificarlo como epigenético «per descensum».

En cuanto a investigación se refiere, la primera manifestación radiométrica de la zona se obtuvo en la prospección general de la provincia, realizada a una malla de unos 400 m; a la vista de estos primeros resultados se realizó una prospección detallada a una malla de 15 a 25 m, la cual dio una idea sobre el desarrollo de la zona anómala, quedando delimitada y estudiada en superficie por una campaña de calicatas.

Posteriormente se realizó una prospección geofísica eléctrica por el procedimiento de resistividades, método Schlumberger, que confirmó y amplió la zona probablemente mineralizada, indicando la pauta a seguir en investigaciones posteriores.

Se han realizado 431 sondeos inclinados con wagon-drill, con un total de 10.932 m y 32 sondeos inclinados con recuperación de testigo con un total de 2.511 m.

Las labores mineras realizadas hasta la fecha han sido de un pocito a un nivel -20, con un cruce hasta cortar la mineralización y galerías a ambos lados con un total de 114 metros.

#### YACIMIENTO BACURÍN (GALICIA)

Se halla situado a 1.500 m de la desviación que parte del km 10 de la carretera local de Lugo a Villamayor de Negral, hacia la parroquia de Bacurín.

En lo que se refiere al marco geológico y rocas encajantes puede verse el yacimiento antes descrito.

Las manifestaciones uraníferas están ligadas a fracturas más o menos reabiertas rellenas por el mismo material granítico, dando lugar a brechas o, en un grado menor de tectonización, a un granito cataclástico, en cuyo interior se encuentran los cristales de autunita y torbernita en forma de impregnación.

La estructura mineralizada tiene una longitud de 400 m, con una potencia media de 1 m de dirección N 35° E y de buzamiento 75° norte.

La mineralogía, metalogenética y génesis de este yacimiento puede estudiarse en el antes descrito, Brecha Incógnita.

En cuanto a investigación, la primera manifestación radiométrica de la zona se obtuvo en la prospección general de la provincia, realizada a una malla de unos 400 m. A la vista de estos primeros resultados se efectuó una prospección detallada a una malla de 15 a 25 m, y a continuación el levantamiento de un plano radiométrico, quedando delimitada y estudiada en superficie por una campaña de calicatas.

Posteriormente se realizó una prospección geofísica eléctrica por el procedimiento de resistividades, método de Schlumberger.

Se han realizado 76 sondeos inclinados con wagon-drill, con un total de 1.186 m, y 28 sondeos inclinados con recuperación de testigo, con un total de 2.014 metros.

#### SANTA MARTA (GALICIA)

Se encuentra a unos 2 km de la desviación que parte del km 13,1 de la carretera local Lugo a Friol hacia la parroquia de Santa Marta.

Para estudiar el marco geológico y rocas encajantes puede verse lo dicho anteriormente para el yacimiento Brecha Incógnita.

Las manifestaciones uraníferas están ligadas a fracturas rellenas por el propio material granítico alterado, en cuyo interior se encuentran los cristales de autunita y torbernita, en forma de impregnación.

La estructura mineralizada tiene una longitud de 600 m, con una potencia media de 1 m, dirección N 30° O y buzamiento subvertical.

Las mismas observaciones se hicieron en el caso de Brecha Incógnita, y se pueden hacer en este caso en lo referente a mineralogía, metalogenética y génesis del yacimiento.

La primera manifestación radiométrica de la zona se obtuvo en la prospección general de la provincia, realizada a mallas de unos 400 m; a la vista de estos primeros resultados se efectuó una prospección detallada a una malla más cerrada de 15 a 25 m, y a continuación el levantamiento de un plano radiométrico.

Posteriormente se realizó una prospección geofísica eléctrica, procedimiento de resistividades, utilizando el método de Schlumberger, que confirmó y amplió la zona probablemente mineralizada.

Se han realizado 176 sondeos inclinados con wagon-drill, con un total de 8.638 metros.

#### INDICIO LA CRUZ

Se sitúa a unos 200 m al norte del punto kilométrico número 6 de la carretera local de Lugo a Villamayor de Negral.

Como en los casos anteriores, para conocer su marco geológico, rocas encajantes y sus alteraciones, mineralogía y génesis-metalogenética, acúdase al yacimiento tipo Brecha Incógnita.

La estructura está mineralizada en una longitud de unos 150 m, tiene una potencia media de 1 m, buzamiento subvertical y dirección N 60° E.

Además de hacer un plano radiométrico, calicatas y geofísica, se ha investigado este indicio mediante 23 sondeos inclinados wagon-drill (693 m en total) y 4 sondeos con recuperación de testigo (240 m en total).

#### OTROS INDICIOS DE LA ZONA DE LUGO

En el fichero realizado para el PNEM se han incluido, además, los indicios:

LU-72-18: Cotá.

LU-72-31: Monte Chao.

LU-72-51.

LU-72-118.

Todos de análogas características geológicas a los que se acaban de exponer: Brecha Incógnita, Bacurín, Santa Marta y La Cruz, por lo que no se considera interesante una descripción específica.

#### YACIMIENTO DE MONTEDERRAMO (ORENSE)

Se halla situado en el extremo sur de la sierra del Burgo, en el km 10 de la carretera local Leboeiro-Montederramo-Paredes, y a una altitud aproximada de 1.000 metros.

La zona forma parte de un batolito de granito de dos micas. Las fracturas más acusadas sobre el terreno siguen la dirección aproximada N 30° E, y junto con la dirección conjugada S 60° E forman un sistema de fracturación. Existe también un sistema de fracturas más antiguas y débilmente marcadas, formado por las direcciones conjugadas N 60° E y N 30° O.

La tectónica de la zona es de fosas y pilares, determinados por los accidentes tectónicos más importantes que siguen la dirección N 30° E. Naturalmente la topografía, por cierto muy accidentada, está condicionada por la tectónica de la zona, y de ahí que también los principales accidentes topográficos de la zona, tales como la sierra del Burgo, tengan una dirección aproximada N 30° E.

Se trata de un batolito de granito que en general tiene dos micas, aunque es frecuente la ausencia de biotita por haberse desferrificado. El grano es en general medio, siendo frecuente encontrar filones pegmatíticos de poca potencia, todos ellos al parecer de segregación diferencial.

Es muy frecuente la existencia de zonas de descomposición del granito, que se encuentran fuertemente alteradas. Las dos alteraciones principales son la hematización y la caolinización. Existe además cierta cloritización, sericitización y silicificación.

La mineralización uranífera está ligada a las zonas de alteración, y sobre todo a la red de fracturación, cuyas fracturas, más o menos reabiertas, están rellenas del propio material granítico, dando lugar a brechas y, en un grado menor de tectonización, a un granito cataclástico.

Hay cuatro filones con una corrida media de 600 m, potencia de 1 m, buzamiento subvertical y dirección nordeste.

Los minerales de uranio son secundarios del tipo fosfato, generalmente autunita, existiendo también sabugalita y, raramente, torbernita. Se presentan impregnando las brechas graníticas y el granito cataclástico y, a veces, van acompañados por pirita y mispíquel.

La gran cantidad y dispersión de los indicios radiactivos existentes en la zona pone en evidencia la gran movilización del uranio en la región, y la gran influencia que tienen las aguas en esta movilización.

Respecto al origen de este uranio, todo parece apuntar hacia el granito regional, que posee un alto contenido del mismo.

Las aguas de la región, que son del tipo ácido, favorecen la disolución y el transporte del uranio de la roca regional, y cuando se producen condiciones fisicoquímicas favorables se produce la precipitación de este uranio.

El primer indicio de la existencia de un posible yacimiento la dio la prospección regional efectuada a malla de 300 m; posteriormente se efectuó la prospección detallada a malla de 15 a 20 m, que definió de una manera más concreta la zona mineralizada.

Sobre ella se efectuaron 413.035 m<sup>2</sup> de plano radiométrico a malla de 5 x 1 m<sup>2</sup>, una campaña de calicatas y una prospección geofísica eléctrica por el procedimiento de resistividades, método Schlumberger, todo lo cual definió muy concretamente el desarrollo del yacimiento.

Sobre dicho yacimiento se han realizado 627 sondeos de wagon-drill, inclinados 60°, con una perforación total de 16.526 metros.

#### SANTIAGO (MONTEDERRAMO)

Se halla situada en el paraje de Vilariño dos Huces, de la parroquia de Santiago de la Medorra, del término municipal de Montederramo.

Paralelamente al recubrimiento plioceno-cuaternario se extiende una franja de terreno cuyo fondo radiométrico oscila entre 16 y 20  $\mu$ R/h, y a partir de ésta lo hace entre 21 y 25  $\mu$ R/h; es aquí donde se ha encontrado la anomalía de Santiago.

Comprende cuatro tramos mineralizados en superficie con un total de unos 900 m, sobre una longitud de unos 1.650 m en dirección N-E.

Hasta el presente se han efectuado 12 calicatas de una profundidad media de 1,70 m, situadas sobre los tres primeros tramos mineralizados en superficie, y que han dado los siguientes resultados:

En seis de las calicatas la radiometría es igual o superior a 7.000 choques en el aparato SPP-2, en una potencia que oscila de 0,30 a 1,20 m, y por la experiencia que se tiene de la zona las leyes serán superiores al 1 por 100.

Es de destacar que la radiometría y potencia crece con la profundidad, sobre todo a partir de 1,20 metros.

La roca de caja es un granito con más moscovita que biotita, a veces exclusivamente muscovítico; su grano es de tamaño medio a fino y, en ocasiones, únicamente fino.

La estructura viene definida por dos características de la roca de caja: unas veces se aprecian claramente en el granito los fenómenos de cataclasis, tales como un diaclasado más intenso y apretado, brechificación más o menos intensa, recristalizaciones sobre todo del cuarzo, etc., todo ello acompañado de hematización intensa, y sericitización y cloritización en los planos de diaclasado.

Otras veces la característica predominante es la caolinización de los feldespatos, lo que hace que el granito sea deleznable, con hematización más o menos intensa.

Cuando la estructura se manifiesta de tipo brechificado la potencia varía de 0,50 a 1,20 m, y cuando es de tipo alteración generalmente en la calicata sólo aparece uno de los hastiales (techo o muro), sobre el que se encuentra la mineralización, de manera que se desconoce la potencia de la zona alterada.

La mineralización uranífera es de autunita que en el caso de brechificación se encuentra en ésta y además impregna la roca de caja, mientras que en el de alteración va ligada a uno de los hastiales en una potencia de 0,5 a 1,30 m dentro de la zona alterada.

En general no se aprecia mineralización asociada, salvo en tres calicatas en las que la estructura es brechificada, y en las que se presenta antimonita, observándose en ocasiones cómo la autunita cruza sobre la antimonita.

#### YACIMIENTO SAS DO MONTE (ORENSE)

Se halla situado en la ladera occidental de la sierra del Burgo, en el extremo de la pista de Montederramo a Sas do Monte, y a una altitud aproximada de 1.000 metros.

El marco geológico y la roca encajante son similares a lo explicado en el yacimiento anteriormente descrito, Montederramo.

La mineralización uranífera está ligada a las zonas de alteración, y sobre todo a la red de fracturación, cuyas fracturas, más o menos reabiertas, están rellenas del propio material granítico, dando lugar a brechas, y en un grado menor de tectonización a un granito cataclástico.

Hay un filón con una corrida media de 600 m, potencia de 1 m, buzamiento subvertical y dirección N-E.

Para el estudio de la mineralogía y metalogenética-génesis de este yacimiento véase Montederramo.

La primera indicación de la existencia de un posible yacimiento la dio la prospección regional efectuada a malla



de 300 m. Posteriormente se efectuó la prospección detallada a malla de 15 a 20 m, la cual definió de una manera más concreta la zona mineralizada.

Sobre ella se efectuaron 39.725 m<sup>2</sup> de plano radiométrico de malla de 5 × 1 m<sup>2</sup>, que han definido el desarrollo superficial del yacimiento.

Esta investigación ha puesto de manifiesto la presencia en superficie de una mineralización continua, desconociéndose por el momento su desarrollo en profundidad.

#### MINAS CANO, POZOS 1-10, 3, 6 Y 9. CARDEÑA (CÓRDOBA)

Al este de Cardena (a unos 6 km), en la zona Cano, existen varios yacimientos muy próximos, encajados en una amplia banda de adamellita biotítica porfiroide, con una anchura de 1 km aproximadamente, de dirección N 30° E, más triturada y alterada que el resto del granito.

Esta banda está limitada: al este, por un filón de cuarzo blanco, en el que se situaba el pozo 3; y al oeste, por una porfirita andesítica alterada, sobre la que se distribuía la mineralización del pozo 6. En puntos intermedios de la banda de granito alterado se localizaron los pozos 1-10 y 9, además de los 11 y 12, ya descritos anteriormente, por su mayor abundancia en óxidos negros de uranio que permite clasificarlos en el grupo cuya mina tipo es la de Los Ratonés.

Las investigaciones realizadas en Cano 3 revelaron que no sólo el filón de cuarzo blanco estaba mineralizado en autunita, sino una zona de granito fracturado y alterado, de unos 2 m de potencia; al este del mismo, es decir, a techo del cuarzo, que buza con unos 80° al este. El granito está atravesado por vetas de jaspe limonítico, una última venida de cuarzo ahumado zonado y, el conjunto, impregnado de fosfatos de uranio, fundamentalmente autunita. En profundidad, esta mineralización alcanzó los 60 metros.

En el nivel -80 se empezaron a encontrar restos de óxidos negros de uranio, en pequeña cantidad, tapizando diaclasas de un granito más sano, con direcciones oblicuas al cuarzo y brecha principales. Es dudosa, por lo tanto, la clasificación del pozo 3 en el grupo pecblenda, sulfuros de hierro o en el de minerales hexavalentes de uranio, y como siempre que se pretende establecer una clasificación sistemática, la naturaleza nos ofrece casos de transición; sin embargo, parece más lógico encajarlo en el último subgrupo, dado el fenómeno general de minerales secundarios en el cuarzo y brecha granítica principales.

Queda completo el cuadro del pozo 3 señalando que, junto a la autunita, se presenta torbernita, aunque en mucha menor cantidad, y que esta mineralización uranífera viene acompañada por sulfuros de hierro, o sus productos de oxidación, resultado de la intensa alteración supergénica.

Los casos del pozo 1 y pozo 10 constituyen particularidades del 3. La mineralización estaba formada por autunita y algunos núcleos de saleíta, alojada en una fractura de la adamellita biotítica porfiroide, sin apenas ganga, si se exceptúan esporádicas vetillas de jaspe limonítico.

Cano 9 consiste sencillamente en un dique de microgranito, de dirección E-O y unos 30 m de potencia, cortado y desplazado por una fractura, de dirección casi N-S y rellena por una porfirita andesítica alterada. Un fino y apretado diaclasado del dique en las proximidades de la fractura (en una zona de influencia de hasta 30 m) está tapizado por autunita, con suficiente intensidad para hacer económicamente explotable la masa entera del microgranito; la mineralización disminuye al irse alejando de la fractura principal, por quedar sana la roca encajante, a falta de tectoni-

zación. También en ese caso, como en los anteriores, la mineralización va acompañada de piritita y óxidos de Fe, y, al igual que en los ejemplos pozos 1-10-11 y 12, falta ganga acompañante en forma de cuarzos y sólo se presentan los productos de alteración del propio granito.

Finalmente, en el pozo 6 de Cano se trata de una roca básica (porfirita andesítica), de dirección N 30° E, cizallada casi por su plano medio, con alteración de su porción más al este, con brechificación y cementación por cuarzo blanco y jaspe limonítico. El plano medio fue el que dio mineralización en uranio más elevada, y aparecen en él filoncillos de fluorina que raramente sobrepasan el centímetro de potencia; son vetillas de agregados informes, compactos o pulverulentos, en bandas alternantes con cuarzo jaseroideo muy teñido por hidróxidos de hierro. La fluorina es de color violeta y nunca se ha visto la variedad negra, antozonita. Junto con ella y el cuarzo aparece una película negra, deleznable y altamente radiactiva asimilable a los «óxidos negros», pero que muy bien hubiera podido ser pecblenda, coracita o coffinita antes de oxidarse. Por lo demás, la mena realmente productiva era la autunita que impregnaba de preferencia la porción este de la roca básica, aunque no faltase tapizando también la apretada red de fisuras de la parte oeste y aun el granito encajante.

El cobre no apareció en Cano 6, sino como mero accidente en una pequeña zona al sur del pozo Maestro, en una longitud de unos 20 metros.

## 2.2.4 ENCAJADOS EN ROCAS METAMORFICAS

### 2.2.4.1 Zona 2.<sup>a</sup> Monesterio

Al sur de Badajoz, en una amplia plataforma granítico-metamórfica, que queda bien identificada por sus características morfológicas y estructurales, se localiza el yacimiento denominado Cabra Alta, al norte de Calera de León y cerca de Monesterio.

Las rocas encajantes están representadas por un ortocnisis cataclástico rico en biotita y clorita; por otra parte, existen neíses biotíticos que parecen corresponder al Cámbrico inferior y más probablemente al Infracámbrico. La formación está atravesada por diques de rocas básicas que a veces se entrecruzan, dando la apariencia de apófisis más o menos desarrolladas; y, en conjunto, aparece penetrada por un plutón probablemente sinorogénico-subsecuente no muy bien representado. Por último, dicha formación corresponde al nivel acrotolítico.

Las rocas en las que arma el yacimiento están afectadas por una alteración supergénica extensa, siendo la cloritización el fenómeno más destacado. El yacimiento en sí lo constituye un filón en escalera de orientación N 84° O y buzamiento subvertical que se aloja en una fractura en cizalla. La estructura puede quedar definida por nódulos de pecblenda en un filón-brecha con una zonación en horizontal que puede ser tipificada así de este a oeste: 1, zona de brecha grafitosa; 2, zona de brecha cálcica; 3, zona de brecha propilítica con mineralización uranífera.

Esta mineralización está presente en forma de pecblenda, y como acompañantes se encuentran: niquelina, esmalina, cloantita, safflorita, ramelsbergita, millerita, piritita, marcasita y calcopirita-calcosina. La ganga se compone de cuarzo, calcita, jaspe, calcita-siderita-dolomita y grafito. Resultado de la alteración supergénica se encuentran: eritrina, annabergita y covellina.

La sucesión paragenética podría quedar establecida así: pecblenda, niquelina, sulfoarseniuros de Ni y Co, sulfuros de Fe y Cu, millerita y marcasita.



Es difícil poder establecer la edad de esta mineralización, pero quizá debiera situarse a finales del Hercínico o ya durante el Triás inferior.

Se trata, pues, de una paragénesis de tipo mesotermal, lo que hace suponer que su origen esté en los granitos subyacentes; pero la interpretación no es fácil, y este yacimiento pudiera ser considerado como de contacto de tipo Burguillos, pero removilizado profundamente por la intensa tectonización que le afectó.

#### 2.2.4.2 Zona de Lalín

Esta zona se encuentra dentro de la localidad de Quintela, municipio de Lalín, y ofrece una cierta complejidad, tanto litológica y estratigráfica como tectónica. El recubrimiento eluvional, por alteración profunda *in situ*, oculta la roca los afloramientos, que por esta razón son escasos y dispersos, permiten suponer una alternancia repetida de micacitas más o menos feldespáticas (a veces auténticos neises), con rocas básicas esquistosas, generalmente anfíbolitas, pero también serpentinas. A unos 3 kilómetros al oeste de dicha zona predominan las rocas básicas, mientras que hacia el este éstas van desapareciendo y el terreno queda constituido primero por micacitas y luego por un neis biotítico intensamente replegado. La zona radiactiva se encuentra, pues, en el tránsito entre ambos extremos litológicos, tránsito que se manifiesta por la alternancia repetida de ambos tipos de rocas. Las anomalías radiométricas corresponden a una capa de anfíbolita, muy alterada, con potencia variable (posiblemente con digitaciones y estrangulamientos, *boudinage*), plegada en una S muy alargada, cuyo tramo central, rectilíneo, va al noreste, y los extremos, uno al noroeste y el otro al sureste. El buzamiento, también variable, oscila entre los 45° al noreste a los 65° al noreste, es decir, que la capa de anfíbolita está complicadamente alabeada.

Cabe añadir, como dato tectónico-estructural, que la dirección general de las capas es NNO-SSE, pero con numerosas inflexiones.

No se han reconocido mineralizaciones visibles, aunque la radiometría fue alta, y sobre todo los análisis químicos y radiométricos dieron valores elevados de  $U_3O_8$  (0,5 a 1,8 por 100).

Ha sido investigada este área con prospección detallada levantando un plano radiométrico de 5 ha; se realizaron 10 calicatas y 24 sondeos de wagon-drill, en los que se efectuaron los radiosondeos correspondientes, y de todo ello parece deducirse que el enriquecimiento uranífero queda restringido a una zona de alteración superficial, cosa frecuente en diques y formaciones de carácter básico.

### 2.2.5 ENCAJADOS EN ROCAS PIZARROSAS

#### 2.2.5.1 Tipo Ciudad Rodrigo

La zona de Ciudad Rodrigo es parte del contrafuerte de la cubeta sedimentaria de la cuenca del Duero hacia el oeste, y está formada esencialmente por terrenos paleozoicos plegados en los movimientos hercinianos, con la consiguiente intrusión de rocas graníticas. La evolución ha sido tan profunda que solamente una visión global de la mitad occidental de la península permite descubrir las alineaciones típicas de dichos plegamientos, pues la erosión y los movimientos posteriores han hecho desaparecer en su casi totalidad todo vestigio de la orientación herciniana, que es visible únicamente por las cuarcitas silúricas con la típica dirección noroeste-sureste (figs. 2.2-6, 7, 8 y 9).

El sedimentario está también representado por el relleno de la fosa Salamanca-Ciudad Rodrigo.

Dentro de este ámbito se distinguen tres unidades geológicas mayores, cuyas características les diferencian entre sí, tanto morfológicamente como desde el punto de vista tectónico y petrográfico, y en cada una de las cuales pueden distinguirse, a su vez, otras unidades menores, según sus caracteres estructurales o petrográficos.

La primera unidad está constituida por las plataformas graníticas con restos de metasedimentos y sedimentos terciarios y localizada al norte de la faja sedimentaria; la segunda unidad la constituye la franja sedimentaria misma, con los sedimentos terciarios que colmatan la fosa tectónica con dirección noreste-suroeste desde Salamanca a Ciudad Rodrigo, penetrando en Portugal al sur de Fuentes de Oñoro; y la tercera unidad la forman las pizarras paleozoicas, con afloramientos graníticos, situada al sur de la fosa sedimentaria, constituyendo un "hors" que da lugar a las sierras de Gata y Francia, límite sur de la región, y que empalma con las formaciones de Gre-dos por la sierra de Béjar.

La morfología actual de esta región está fuertemente condicionada por el carácter estructural, de modo que se ha de admitir la importancia de los movimientos hercínicos tardíos y de los alpinos, como fundamento de las características fisiográficas de la zona, ya que los procesos erosivos no han llegado a enmascarar las unidades estructurales surgidas por dichos empujes. Como base hay que considerar la penillanura antigua, posiblemente triásica, que empalmaba esta zona con la Meseta Central, y de la que pueden suponerse derivadas, por una tectónica rígida, como un complejo mosaico de plataformas estructurales, una fosa y una serie de "hors" que constituyen el cambio de vertiente y límite entre las cuencas de los ríos Duero y Tajo.

Los granitos de esta zona presentan caracteres diferenciales que permiten considerar distintos tipos atribuibles, en principio, a diversas fases de granitización y diferentes edades de emplazamiento. Los granitos más antiguos están representados por formas de grano medio a grueso de dos micas, o granitos muscovíticos y granulitas, que a veces presentan una clara orientación y estructura neísica con típica disyunción tabular; muchas veces representan un tránsito a migmatitas y neises. Otros granitos, posteriores a los citados, son los granitos homogéneos de dos micas y grano medio a grueso, presentando a veces cuarzo automorfo y forma de granitos granulíticos. Finalmente, los granitos más ampliamente representados y de emplazamiento posterior son los porfídicos, con fenocristales de ortosa y plagioclasas, típicamente biotíticos, pero con formación de muscovita en zonas tectonizadas; estos granitos pasan a ser verdaderos granitos monzoníticos, granodioritas y dioritas.

Son abundantes en estos granitos los diques de cuarzo, algunos de considerable longitud y potencia, frecuentemente agrupados en enjambres, como sucede en una franja occidental de la región, en donde se aprecia, además, una gran constancia en la dirección. Son escasos los diques aplíticos y pegmatíticos; en cambio, existen pequeñas áreas con abundantes diques y vetas de lamprófidos, tal sucede en Casillas de Flores y Aldea del Obispo.

Las pizarras han sido hace tiempo atribuidas al Cámbrico, determinación que parece correcta a la vista de las relaciones geométricas entre ellas y las cuarcitas ordovicenses, al menos se ha de admitir para las mismas una edad preordovicense; pero existen distintos niveles que afloran en algunos puntos y que podrían considerarse co-

ZONA URANIFERA CIUDAD RODRIGO

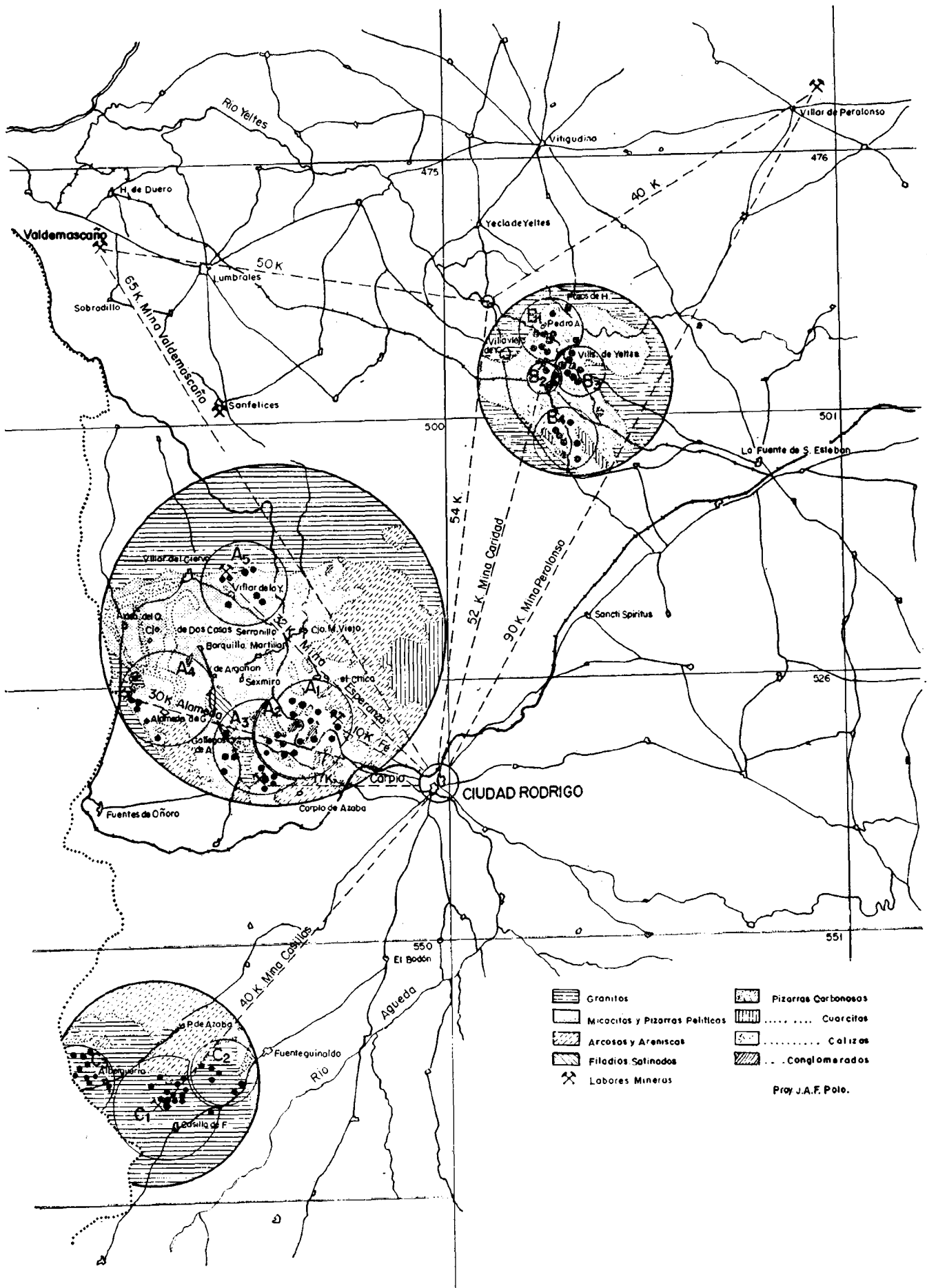


Figura 2.2-6

AMPLIACIÓN CIUDAD RÓDRIGO-PARCIAL A

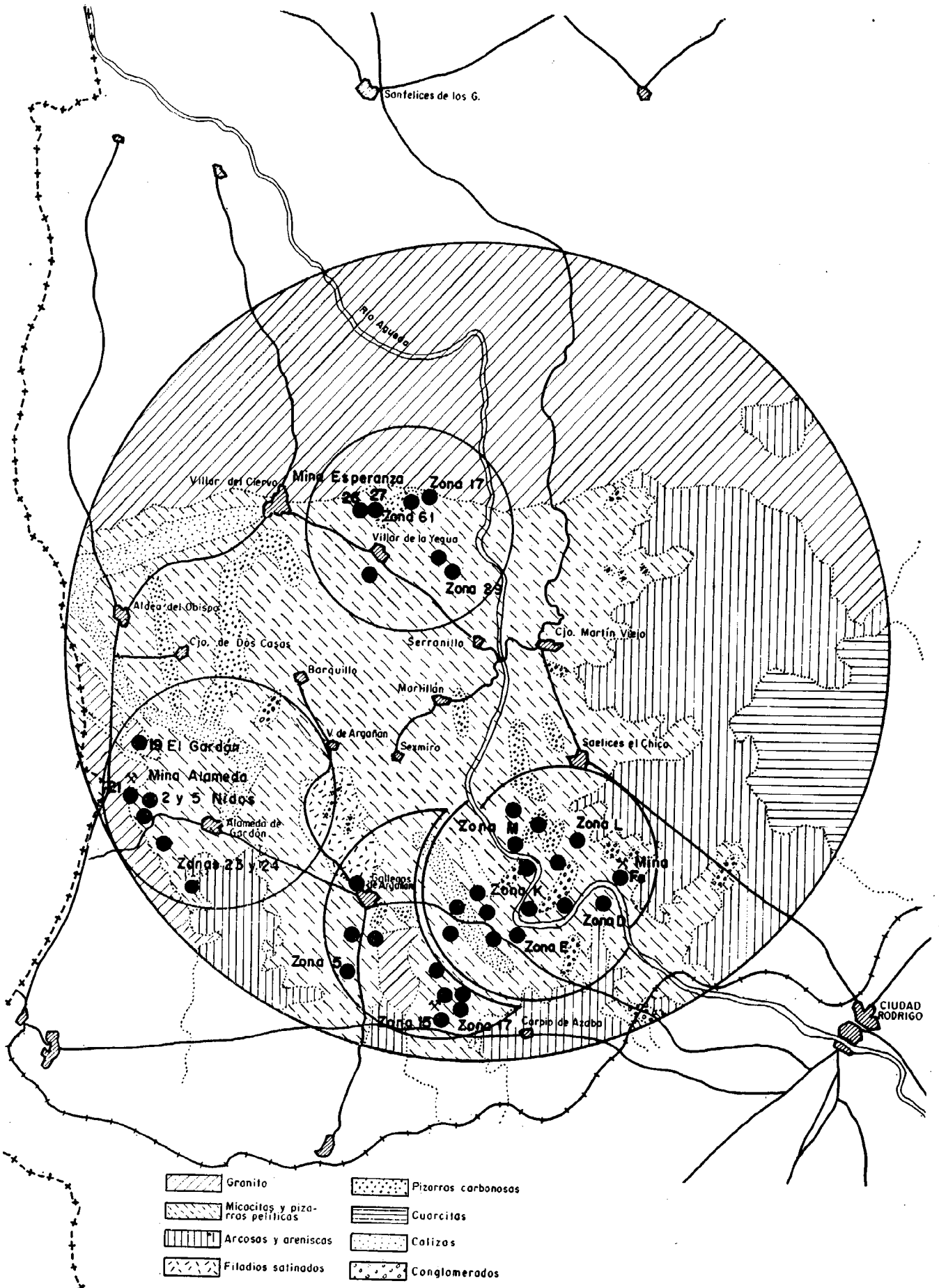


Figura 2.2-7

AMPLIACION CIUDAD RODRIGO-PARCIAL B

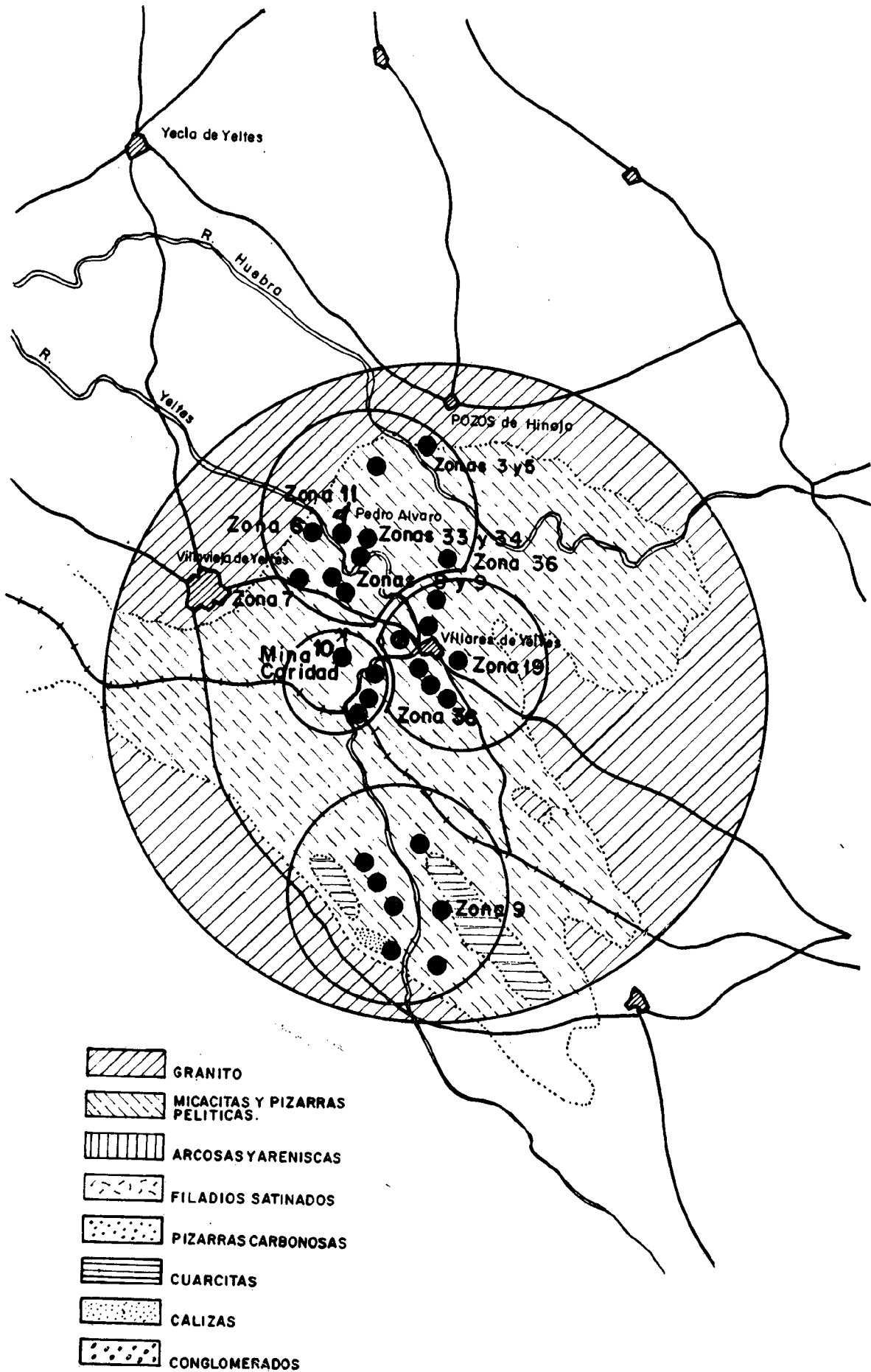


Figura 2.2-8

AMPLIACION CIUDAD RODRIGO-PARCIAL C

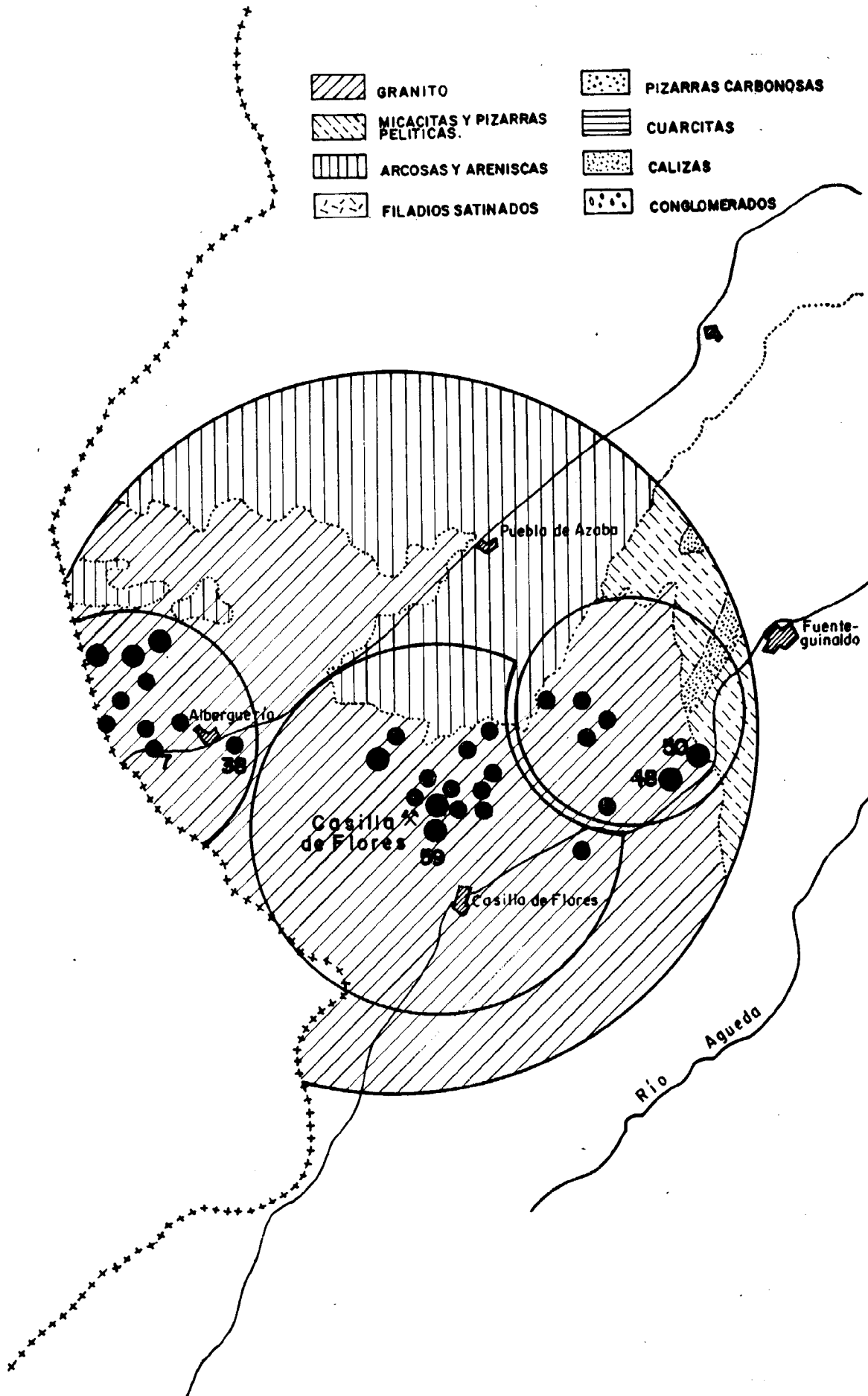


Figura 2.2-9

mo Precámbricos; tal es el caso de algunos esquistos muscovíticos y conglomerados cuarzosos fuertemente metamorfizados, en Villavieja de Yeltes, y micacitas, en Barquilla, Castillejo, San Martín Viejo, Saelices y Gallegos.

Por su naturaleza petrográfica, estas pizarras representan sedimentos pelíticos y ampelitas, que en las proximidades del contacto con el granito han sido afectadas por el correspondiente metamorfismo, dando lugar a micacitas, pizarras mosqueadas y cornubianitas. Intercaladas con las primeras existen lechos más cuarzosos y lentejones calcáreos, que en el ámbito metamórfico pasan a ser cuarcitas y rocas marmorizadas, respectivamente; estas últimas llegan a convertirse en rocas de tipo "skarn". Son abundantes también en las zonas de contacto, especialmente en la zona de Villar de Peralonso, Vitigudino y Villavieja, pegmatitas difusas y niveles de migmatitas; mucho más frecuentes son las penetraciones en forma de vetas y diques ramificados de microgranito migmatítico; aparecen también nódulos y formaciones turmalíferas.

El Silúrico está representado por potentes bancos de cuarcitas con intercalaciones de pizarras arcillosas, y algunos niveles de ampelitas grafitosas, posiblemente del Gotlandiense. En la Peña de Francia son típicas y abundantes las crucianas. Estas formaciones silúricas presentan los estratos sumamente trastornados, pasando de disposición vertical, o casi, a amplios sinclinales, entre los que son típicos los que forman la cumbre de la Peña de Francia o los que van desde San Giraldo hasta el Salto del Gitano y hacia el norte empalman con los macizos de la misma edad, continuándose con el Paleozoico de los Montes de León.

Los sedimentos terciarios están representados por algunos episodios de facies continental, aunque no muy desarrollados y de escasa potencia. El inferior está formado por depósitos eocenos; fundamentalmente están constituidos por conglomerados compactos, en que los cantos rodados son escasos y corresponden a metasedimentos cámbricos y cuarcitas, y el cemento pasa de ser arcilloso a arenoso e incluso arcósico; normalmente consistentes, e impermeables cuando están poco fisurados, se presentan también algunos niveles predominantemente arenosos y permeables, que suelen ser acuíferos y de interés en la hidrología subterránea. El Mioceno y Plioceno aparecen fosilizando una topografía suave del Paleógeno, lo cual hace pensar que posiblemente desaparecieran los sedimentos depositados durante el Oligoceno, lo que no sería extraño pensando en el escaso desarrollo de este sedimentario. El Mioceno está formado por productos arcósicos y aparece como manchas residuales en algunas colinas testigo, lo mismo que sucede con el Plioceno, que unas veces se presenta en forma de arenas sueltas de naturaleza arcósica, difícilmente separable del Mioceno, mientras que otras está constituido por las típicas rañas conglomeráticas de cantos rodados cuarcíticos, procedentes del Silúrico, y un cemento arcilloso y suelto. Estos sedimentos terciarios rellenan fundamentalmente la fosa tectónica de Salamanca-Ciudad Rodrigo, siendo bastante concreto y lineal su contacto con el borde sur de la fosa, mientras que en el norte presenta un contorno irregular, con algunas penetraciones debidas a foseas, apoyándose indistintamente sobre granito o pizarra, y en pequeñas manchas residuales y aisladas más hacia el norte.

La tectónica de esta zona ha sido expuesta en líneas generales, y los efectos fundamentales son las tres unidades citadas, dentro de cada una de las cuales, como ya se dijo, aparecen unidades menores estructurales que suponen una tectónica rígida de bloques, definidos especial-

mente por fracturas noreste-suroeste, que siguen la dirección del eje de la fosa y de las sierras, y otras fracturas noroeste-sureste, dando frecuentemente formas más o menos romboidales, fáciles de distinguir cuando dichas fracturas límites sirven de cauce a las corrientes fluviales actuales. Son muy numerosos los planos de fracturas de menos importancia y de diversas leyes, algunos con desarrollo incurvado, y las correspondientes fracturas radiales de distensión. La fosa es típicamente disimétrica y la forma del contorno del sedimentario permite apreciar una prolongación de la unidad norte que desciende suavemente y en mosaico desde niveles de 900 hasta 600-700 m en el borde norte de la franja sedimentaria, mientras que al sur, tras pequeñas plataformas de "pedemonte", se asciende con rápida pendiente a la línea de cumbres. Esto hace pensar que, normalmente, el sedimentario tiene una potencia mayor en la proximidad de su borde sur, mientras que al norte se acuña hasta desaparecer o quedar reducido a manchas aisladas.

Por lo expuesto, las direcciones de circulación durante el Terciario tuvieron una clara componente hacia el sur, dirigiéndose a la fosa, pero al quedar colmatada ésta a fines del Terciario, comenzaron a enlazar con las corrientes fluviales que con componente sur-norte descendían de la sierra y atravesando la superficie sedimentaria penetraban en las zonas fracturales más visibles hasta constituir la actual red hidrográfica del Duero.

La mineralogía de la región, aparte los yacimientos uraníferos, es bastante típica, formando parte de la provincia metalogénica wolframífera-estannífera, con algunos diques cuarzo-auríferos. Entre los yacimientos de wolframio destacan los de Barruecopardo, de gran riqueza y explotados hoy en día; los minerales típicos son la scheelita y wolframita. Prácticamente, los yacimientos wolframíferos se extienden por toda la zona, especialmente en la región oeste, hasta empalmar con la zona wolframífera de Cáceres; pero la mayoría de ellos no tienen interés económico actual y han sido abandonados.

Los yacimientos de estaño son también abundantes y puede haber alguno de interés sin embargo, se han explotado casi exclusivamente aluviones, en forma rudimentaria; actualmente el sedimentario es objeto de una sistemática investigación por empresas particulares para valorar la riqueza estannífera. En los aluviones con casiterita es frecuente la wolframita, cristales de titanita y algo de circón y rutilo, así como algunas diminutas pajuelas de oro, que fueron objeto de beneficio, a partir de aluviones, en épocas anteriores, pero hoy ofrecen muy poco interés.

Existe algún yacimiento de ambligonita, como el de Barquilla, que se explota juntamente con la litionita.

Especialmente en la zona Norte y Central existen algunos yacimientos de manganeso que en algún caso han sido objeto de explotación, pero que globalmente no pueden considerarse como importantes.

De igual forma que en el apartado anterior se dieron las notas más sobresalientes del ámbito geológico y su evolución, en el sector de Salamanca resulta necesario dar algunas especificaciones sobre los yacimientos uraníferos mismos, tanto en lo que se refiere al tipo de mineralización como al desarrollo morfológico de los cuerpos mineralizados.

El mineral primario característico de estos yacimientos es la peblenda, de forma que, aun en aquellas manifestaciones en las que por la oxidación ha desaparecido dicha especie como tal, se puede inducir fácilmente su presencia anterior. Los productos de alteración supergé-

nica dan lugar a series perfectamente ligadas a la pecblenda, sin que esto elimine la posibilidad de que en algún caso se hayan depositado directamente en zonas superficiales especies uraníferas del tipo de fosfatos que no provengan de alteración de aquel mineral.

Con carácter general aparece en estas mineralizaciones pirita, bien en forma de nódulos y masas irregulares dentro del cuarzo de segregación, o de láminas incrustantes en planos de esquistosidad y fisuras, e incluso de cubitos aislados de dimensiones inferiores al milímetro. Con frecuencia esta pirita aparece íntimamente asociada con la pecblenda de deposición sucesiva, pero otras es independiente, y así aparecen finas vénulas o lentículos de pecblenda sin la presencia de dicho sulfuro.

Son también frecuentes, aunque porcentualmente muy escasas, calcopirita y galena, existiendo yacimientos en los que hasta ahora no han sido encontrados ni vestigios de los mismos. Las formas de pirita amorfa de tipo melnicovita son fáciles de confundir macroscópicamente, por sus irisaciones, con la calcopirita; también ha sido determinada la presencia de magnetita.

El cuarzo es ganga constante de estos yacimientos, aun cuando espacialmente no esté en contacto directo con el enriquecimiento uranífero mismo, pero sí como producto de segregación en las brechas que van ligadas a tales depósitos. Más escasos, aunque más significativos y con una relación más íntima, aparecen jaspes y calcedonias; otros minerales de ganga encontrados son barita, calcita y fluorita.

El jaspe es hematítico con coloraciones rojo sangre o pardas y constituye láminas de tapizado extraordinariamente finas y delicadas; la fluorita pulverulenta es frecuentemente de tipo incrustante.

La circulación acuosa, que ha sufrido notorias modificaciones con el tiempo, ha determinado ordinariamente un amplio y profundo proceso de alteración supergénica; si se tiene en cuenta la limitada potencia en vertical del ámbito mineralizado, se comprende que estos procesos hayan alcanzado a veces hasta las raíces basales de las estructuras mineralizadas. Sin embargo, se puede encontrar pecblenda sin alterar a escasos decímetros de la superficie, mientras que en niveles profundos puede haber desaparecido para originar sales producto de su alteración, o incluso sufrir una total lixiviación por las condiciones oxidantes. En el caso de conservación, normalmente ésta es debida a la protección de los materiales que rodeaban la pecblenda, impidiendo la circulación de las aguas, o simplemente el haber quedado aislada por encima del nivel freático. No obstante, en el caso de tratarse de lentículos de pecblenda de cierto tamaño, lo más frecuente es observar una alteración en su corteza dando capas concéntricas que van desde coracita, gummita, uranotilo hasta fosfatos. Es más frecuente encontrar vénulas correspondientes a una pecblenda pre-existente totalmente alterada hasta gummita y uranotilo.

Los minerales secundarios, resultado de la alteración supergénica, encontrados hasta la fecha son: óxidos negros, coracita, gummita naranja-amarilla, uranotilo  $\alpha$ , uranotilo  $\beta$ , iantinita, autunita, torbernita, fosfuranulita, renardita, salecita, sabugalita y uranopilita.

De las alteraciones supergénicas correspondientes a los minerales de mena asociada, la más característica es la limonitización de las piritas, que llega a constituir un cierto indicio en superficie al teñir las diaclasas y fisuras de los esquistos. Esta limonita impregna los productos de alteración de las brechas alteradas en arcilla, prestán-

doles coloraciones que van desde los colores amarillentos a los rojos sangre y pardo-rojizos.

Dada la simplicidad de la mena asociada a la pecblenda, el problema de sucesión es relativamente sencillo y quedaría representado por la serie sulfuros-pecblenda-limonita-fosfatos y otros. La pirita parece efectivamente anterior a la pecblenda; esto resulta evidente cuando le sirve de base a la deposición, pero existiendo repeticiones rítmicas hay que admitir ciclos sucesivos pirita-pecblenda.

Por lo que se refiere a la limonita y los fosfatos, el orden es cualesquiera y no tiene significación alguna; en ocasiones, la limonita es en un punto anterior a la torbernita, y en otro lugar inmediato sucede a la inversa y hasta existen formas de autunita y torbernita con un barniz limonítico.

Las rocas encajantes de la mineralización pueden ser cualesquiera de las especies citadas anteriormente, si bien el carácter litológico es mucho más trascendental que el estratigráfico, y, así, las rocas más frecuentemente ligadas a los depósitos son las micacitas, pizarras mosqueadas y cornubianitas.

Entre los diversos tipos de alteración se citan a continuación los que pueden ser más significativos y con una conexión más estrecha a los mecanismos mineralizantes.

Cloritización y sericitización: normalmente son dos procesos ligados entre sí y particularmente intensos en rocas de naturaleza rígida, como son las cornubianitas, y en las proximidades de grandes fracturas, muchas de las cuales no están mineralizadas directamente. En ocasiones se observa en el contacto pizarras-granito fuerte cloritización de las micas y sericitización de las plagioclasas, tanto de las pizarras mismas como de los granitos inmediatos a ellas, pudiéndose interpretar el origen de esta transformación como zonas de tensión con cataclasis y mayor movilización de agua, sin que sea necesario atribuir a la misma un carácter termal.

Jasperización y caolinización: procesos de caolinización intensa son abundantes y generales, especialmente en las brechas y zonas brechificadas, y si, con carácter más amplio, se considera la arcillización, se puede decir que son constantes. Este proceso de alteración parece haber sido favorecido por los deslizamientos con formación de milonitas que, a su vez, han facilitado el proceso de jasperización íntimamente ligado con ella en el tiempo y han proporcionado la sílice coloidal que formó el jaspe y las formas calcedoniosas. Tienen una importancia especial en la deposición uranífera, ya que aparecen ligadas con la misma en el espacio y en el tiempo, y al observar procesos de deposición sucesiva de jaspe y pecblenda, con reemplazamientos típicos, se ha de admitir que se trata de fenómenos simultáneos y continuados durante un cierto espacio de tiempo.

Hematización: esencialmente parece corresponder a la alteración supergénica de las piritas en los niveles de oxidación a favor de los efectos mecánicos de relajamiento de las rocas. En parte se deposita en láminas muy finas en forma de hematites sobre las diaclasas y pequeñas fisuras, y en parte tiñe la sílice coloidal, dando los jaspes pardos y rojizos y también las arcillas de las mismas brechas en cuyas cavidades se encuentran distintos ocres.

Es un hecho natural observable, que todos los yacimientos en pizarras, de esta zona, tienen ciertas notas comunes que los agrupan, así como caracteres diferenciales propios de conjuntos menores, que permiten su separación y clasificación.

Dicha clasificación conducirá a una sistemática diferente según los factores distintivos que se tengan en cuen-

ta, así como la jerarquización de los mismos. Hace tiempo se han aceptado dos criterios de acuerdo con el marco natural y que se consideran como más sencillos y significativos: uno tiene como base fundamental la relación entre yacimientos y efectos tectónicos; en el otro se acentúa el desarrollo espacial y morfología global.

Del criterio tectónico se obtienen los tres grupos siguientes:

Yacimientos, unitarios o múltiples, localizados entre dos fallas próximas.

Yacimientos situados en la misma falla con especial enriquecimiento de uno o ambos labios de la misma, en contacto con ella.

Yacimientos localizados en las zonas de intersección de dos o más fracturas o fallas importantes.

En el primer tipo aparecen yacimientos, generalmente múltiples y de forma más o menos lenticular, con disposición oblicua e imbricada en el espacio limitado por las dos fallas y con una cierta repetición rítmica de espaciado más o menos regular.

En el segundo tipo se incluyen yacimientos que pueden ser de considerable importancia, como es el caso de la mina Esperanza, en los que la mineralización se localiza especialmente en las salbandas relajadas y en la falla que le sirve de guía.

En el tipo tercero se encuentran yacimientos, ordinariamente los más importantes, constituidos por masas irregulares, que están ligados a zonas de brechificación y relajamiento a favor de redes de fracturas de segundo y tercer orden a partir de las fallas; es el caso de la mina Fe.

Según el criterio morfológico en sentido estricto, se han establecido los tipos siguientes:

- a) Anisótropos o filonianos.
- b) Isótropos.
- c) Mixtos.
- d) Bandas.

Los yacimientos del tipo a) corresponden a mineralizaciones perfectamente definidas según estructuras brechificadas equivalentes a verdaderos filones, y presentan, como aquéllos, formas lenticulares, terminando los extremos de su afloramiento en superficie según aguzamientos o stockwerk; espacialmente tienen la típica forma en quilla de barco, salvo ramificaciones terminales, que hacen que en profundidad adquieran formas reticulares complejas. Normalmente son de reducido tonelaje y su investigación puede efectuarse por los medios normales de exploración de un filón, bien con labores mineras o sondeos, siempre teniendo en cuenta las escasas posibilidades de profundizar que tienen dichos yacimientos.

Los yacimientos de tipo b) son extraordinariamente irregulares en forma y tamaño y, por consiguiente, en tonelaje, abarcando desde pequeños enriquecimientos sin interés económico a yacimientos del mayor tonelaje entre todos los conocidos. Están constituidos por una red de vetas anastomosadas originadas por brechificación, entre cuyos espacios aparecen impregnaciones que hacen explotable todo el conjunto, salvo las áreas periféricas o profundas, que pueden presentar ramificaciones poco densas y de escasa potencia; la investigación típica, y única recomendable, es la de wagon-drill. A pesar de la irregularidad de los contornos y la falta de correspondencia entre la figura del afloramiento en superficie y a distintos niveles, las mineralizaciones de este tipo pueden, a

grandes rasgos, presentarse con formas de globo, elipsoidales o en mantos.

Se llaman yacimientos mixtos a aquellos que ofrecen las características de los grupos anteriores, de forma que en un cierto tramo tienen caracteres de yacimiento anisótropo, mientras que en otra porción, central o terminal, la conjunción con otras fracturas oblicuas origina un desarrollo semejante a los yacimientos del grupo b).

El grupo d), o yacimientos en bandas, está constituido por aquellos que considerados en una porción limitada corresponderían al grupo b), pero cuyo desarrollo y extensión en una dirección es muy notoria, sin que dicha dirección de alargamiento corresponda a alguna orientación más frecuente de las fracturas mineralizadas del conjunto.

En los cuerpos mineralizados hay que distinguir las estructuras propiamente dichas, una zona de fracturación íntimamente ligada a ellas y un espacio lateral de relajamiento. Las dos primeras son las que interesan, por ser las que alojan ordinariamente la mineralización primaria, mientras que las zonas de distensión condicionan solamente removilizaciones de aquéllas y deposición de mineral secundario. Esta distinción, sin embargo, no hace referencia al aspecto económico, por cuanto los espacios laterales pueden contener la mayor parte del material explotable, mientras que los primeros, por sí solos, no tendrían muchas veces valor económico.

En las estructuras más potentes, la deposición uranífera no ha rellenado totalmente el espacio brechificado, pero en fracturas de muy escasos centímetros, y especialmente en las finas vetas de escasamente un milímetro, el mineral uranífero, junto con la pirita acompañante y la ganga calcedoniosa, puede ocupar todo el espacio abierto. A veces, la deposición ha tenido lugar sobre planos de esquistosidad, pero no exclusivamente, pues también aparece en finas vénulas transversales a tales planos, tanto si se trata de diaclasas como de grietas serpenteadas e irregulares.

En las brechas de cierta potencia, el mineral uranífero parece haberse dispuesto de tres formas esencialmente:

Tapizando las paredes y la superficie externa de piezas fragmentarias de la roca alojadas en el interior de la brecha.

Espacios abiertos con desarrollo más o menos lenticular o globoso en el interior de la brecha y en situación generalmente central a la misma.

Retículos de fisuras en el relleno arcilloso de la brecha.

En este caso no encierra una gran dificultad el encuadramiento de los yacimientos en metasedimentos del distrito de Ciudad Rodrigo, en un tipo genético concreto después del acopio ingente de datos y observaciones de campo y mina.

Siguiendo el esquema simplificado de Amstutz ("Sedimentology and orogenesis", 1964), se estaría tomando al tiempo como base ante las posibilidades *sin* y *epi*, y considerando el espacio frente a los tipos *endo* y *exo*, cuya combinación dos a dos da los cuatro grupos genéticos esenciales.

A continuación se trata de presentar en síntesis el razonamiento que lleva a interpretar estos yacimientos como originados por mecanismos de *tipo exo-epi*.

Ciertamente que la tarea del geólogo no concluye aquí, ya que puede tener más trascendencia el definir no sólo el proceso en sí, sino la dirección y sentido del mecanismo mineralizante. Esto tiene una evidente repercusión, como se ha indicado, en la morfología de los cuerpos mineralizados, cuyo carácter económico va estrechamente



ligado tanto a la extensión en horizontal, como al desarrollo vertical de los mismos, ya que la explotación industrial puede realizarse a cielo abierto con costos verdaderamente competitivos.

Los yacimientos se hallan localizados sobre plataformas estructurales, que representan bloques hundidos a partir de penillanuras más antiguas. Estos restos de plataformas aparecen hoy profundamente modificados por erosiones, especialmente cuaternarias y pliocenas. Tales unidades estuvieron recubiertas por sedimentos continentales, que colmataron fosas inmediatas a ellas.

En los bloques que contienen complejos mineralizados aparecen restos de los sedimentos terciarios antes aludidos, y sus niveles freáticos antiguos eran muy particulares, estando en relación con la circulación de agua a través de las fosas tectónicas principales.

Las pizarras se presentan en manchas residuales por la acción erosiva en la penillanurización del Mesozoico y Terciario.

En conjunto, los yacimientos presentan forma de cubetas que condicionan también la circulación de aguas superficiales y formaciones de régimen lacustre.

Las manchas de pizarras con mineralizaciones presentan con gran frecuencia caracteres de aureola de metamorfismo de contacto.

Es evidente, por lo dicho, que las mineralizaciones se hallan en la proximidad horizontal y vertical del granito que constituye el zócalo de los metasedimentos.

Los yacimientos se hallan en zonas o franjas de amplia e intensa fracturación tectónica, frecuentemente entre dos o más fracturas de reajuste de bloques.

Aparece evidente la relación de manifestaciones radiactivas con determinadas fracturas o combinación de éstas, sin una ley muy concreta y tal como se especificó en el apartado de Morfología de Yacimientos.

La naturaleza rígida de rocas cornubianíticas de la aureola parece tener una relación indirecta con las mineralizaciones al facilitar la tectonificación fisural; igual papel pueden desempeñar algunos lechos de cuarcitas.

El límite inferior estructural de las formaciones está representado por fracturas subhorizontales.

La tectónica parece haber influido especialmente al originar por trituración o relajamiento zonas permeables, además de condicionar la circulación de las aguas, determinando diversas modificaciones de nivel hidroestático.

La mineralización se ha depositado en brechas y zonas de brechificación, fracturas, planos de esquistosidad y rotura, diaclasado, etc. Aparece ligada a deposiciones piritosas localizadas en las mismas condiciones expuestas en el apartado anterior, siendo constante la presencia de masas cuarzosas irregulares originadas por segregación en fracturas, en la proximidad y a veces en contacto mismo, con las mineralizaciones uraníferas.

Pueden advertirse procesos de recemplazamiento y metasomatismo de bajo grado.

En relación directa con los depósitos uraníferos aparecen jaspe y calcedonia, teniendo especial importancia los coloides arcillosos y silíceos y los complejos ferruginosos.

Los reajustes tectónicos, al modificar los niveles freáticos y la circulación acuífera, han determinado fuertes movilizaciones y la aparición de impregnaciones secundarias tardías en forma incrustante. Asimismo los procesos de lixiviación han determinado, junto con los desplazamientos del uranio, un fuerte desequilibrio radiométrico-ley de distinto signo.

La observación sintética de campo y el estudio de las

condiciones geológicas generales conducen a un proceso en régimen superficial, continental y supergénico; la consideración de los caracteres de detalle y micrografía lleva a definirlo como tipo epitermal. Por otra parte, la fracturación conjunta, con las precisiones que ya fueron dadas en su lugar, de ámbitos pizarrosos por los empujes alpinos, originó indudables fenómenos de hidrotermalismo de régimen bastante superficial y del que hoy todavía quedan muestras activas y patentes en la región; la misma presencia de fluorina, aunque muchas veces en forma de trazas, hacen más evidentes estos procesos.

La conclusión concreta es que el proceso de enriquecimiento uranífero, considerado como mecanismo, tiene que ser fundamentalmente supergénico y, por tanto, con un sentido descendente: la fuente uranífera está representada suficientemente por el uranio disperso en el granito circundante, movilizado por alteración del mismo y puesto en circulación especialmente desde los productos detríticos resultantes, a favor de condiciones de continentalidad representadas por cuencas lacustres, más bien que ligadas a determinadas plataformas de erosión. Las redes de drenaje del zócalo pizarroso se convierten en "trampas" en los ámbitos brechificados.

El termalismo es un hecho real, pero secundario y simplemente concomitante, no siendo en este sentido en el que puede hacerse una referencia de las mineralizaciones al tipo epitermal; precisamente el término epitermal es, dentro de la sistemática del hidrotermalismo, el que encierra mayor imprecisión respecto a la localización y carácter de las fuentes originales y a las condiciones físicas determinantes, pero responde a unos postulados que se aceptan mientras no se llegue a conclusiones fehacientes que permitan modificar los criterios que la sustentan, y ello exigirá la elaboración de toda una nueva sistemática. La actual tiene una terminología propia y a cada designación corresponde un conjunto de caracteres peculiares y definidores. En este sentido es totalmente correcta la nomenclatura utilizada por Arribas, sobre todo con las restricciones y salvedades que hace en sus trabajos sobre el mecanismo general.

## YACIMIENTO ZONA 23

Alameda de Gardón (Salamanca); paraje Las Piconas; Zona 23; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 38' N, 3° 4' 25" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo, jaspe, turmalina.

*Alteración supergénica:* Gummita, uranotilo, autunita, torbernita, fosfuranilita. Limonita. Arcilla.

*Sucesión:* Piritas, pecblenda-piritas, fosfatos.

*Zonado:* Muy local, alrededor pecblenda.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,2 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto; corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas; pizarras pelíticas-cuarcitas; digitaciones de microgranito; muy próxima al contacto con granito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa; arcillización; hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático, —5 m; plataforma, 700 m; formación peribatolítica.

*Estructura:* Relleno de brechas y fracturas reticulares; impregnación planos de esquistosidad y de rotura; impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona 24, Cinco Nidos, Zona 2 y Zona 22 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 24

Alameda de Gardón (Salamanca); paraje El Membrillero; Zona 24; hoja 525; coordenadas geográficas: 40° 38' 40" N, 3° 5' 20" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo, jaspe, turmalina.

*Alteración supergénica:* Gummitas, uranotilos, autunita, torbernita, fosfuranilita. Limonitas. Arcilla.

*Sucesión:* Pirita, pecblenda-pirita, fosfatos.

*Zonado:* Muy local alrededor de pecblenda.

*Leyes:* Valores máximos en calicatas hasta 1 por 100. Media cal., 0,15 por 100.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre sistemas de fracturas entrecruzadas, irregulares, repetidas a lo largo de una alineación tectónica.

*Nivel:* Hidrostático, —5 m; plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona 23, Zona 2, Cinco Nidos y Zona 22 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA K

Gallegos de Argañán (Salamanca); paraje Mate Conejos; Zona K; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 36' 50" N, 2° 58' 50" O.

*Mena uranífera:* Torbernita.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas.

*Zonado:* No significativo.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,1 por 100. Muestras en superficie.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático, —10, —20 m. Plataforma, 600 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona H, Zona G, Zona I y Zona L de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA M

Saelices (Salamanca); paraje Tierras de Nuestra Señora; Zona M; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 39' N, 2° 57' 50" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, autunita, torbernita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No significativo.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,1 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas. En zonas abundancia materia carbonosa.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* mineralización sobre fracturas entrecruzadas irregulares sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 600 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona H, Zona G, Zona L y Zona I de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA E

Gallegos de Argañán (Salamanca); paraje Marialba; Zona E; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 37' 20" N, 2° 58' O.

*Mena uranífera:* Pecblenda (?).

*Mena asociada:* Pirita.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita, Limonita.  
*Sucesión:* Pirita, fosfatos.  
*Zonado:* No existe.  
*Leyes:* Valores máximos en calicatas, 0,2 por 100. Media calicatas, 0,1 por 100.  
*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.  
*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.  
*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.  
*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 700 m rebajada. Formación peribatolítica.  
*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.  
*Edad:* Alpina.  
*Tipo:* Pizarras Salamanca.  
*Yacimientos afines:* Zonas 10, 11, 13 y 14 de la hoja 525.  
*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA D

Carpio de Azaba (Salamanca); paraje El Pizarral; Zona D; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 37' 45" N, 2° 56' O.  
*Mena uranifera:* Pecblenda.  
*Mena asociada:* Pirita.  
*Ganga:* Cuarzo, jaspe.  
*Alteración supergénica:* Gummita, uranotilo, autunita, torbernitita. Limonita. Arcilla.  
*Sucesión:* Pirita, pecblenda-pirita, fosfatos.  
*Zonado:* Muy local en lentículos residuales: Pecblenda-gummita-uranotilo-fosfatos y otros. No significativo.  
*Leyes:* Valores máximos en calicatas hasta 10 por 100. Media calicata 2 por 100.  
*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.  
*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.  
*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.  
*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 600 m. Formación peribatolítica.  
*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.  
*Edad:* Alpina.  
*Tipo:* Pizarras Salamanca.  
*Yacimientos afines:* Zona 12, Zona I, Zona G, Zona E de La hoja 525.  
*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 36

Villares de Yeltes (Salamanca); paraje Casablanca; Zona 36; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 54' 10" N, 2° 44' O.  
*Mena uranifera:* Pecblenda.  
*Mena asociada:* Piritas.  
*Ganga:* Cuarzo.  
*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas.  
*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.  
*Zonado:* No existe.  
*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,2 por 100. Lote de calicatas.  
*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.  
*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.  
*Forma:* Mineralización sobre falla principal y fracturas arrosariadas subparalelas.  
*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.  
*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.  
*Edad:* Alpina.  
*Tipo:* Pizarras Salamanca.  
*Yacimientos afines:* Zonas 33, 34, 37 de la hoja 476.  
*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONAS 33 Y 34

Villares de Yeltes (Salamanca); paraje Pedro Alvaro; Zona 33; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 53' 15" N, 2° 44' 25" O.  
*Mena uranifera:* Pecblenda.  
*Mena asociada:* Piritas.  
*Ganga:* Cuarzo.  
*Alteración supergénica:* Autunita, torbernitita. Limonitas.  
*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.  
*Zonado:* No existe.  
*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,15 por 100. Lote de calicatas.  
*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.  
*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.  
*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.  
*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.  
*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.  
*Edad:* Alpina.  
*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 16, 19, 33, 36, 37, 3 y 5 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 29

Villar de la Yegua (Salamanca); paraje El Torbiscal; Zona 29; hoja 500; coordenadas geográficas 40° 43' 10" N, 2° 59' 40" O.

*Mena uranifera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas, magnetita.

*Ganga:* Cuarzo, turmalina.

*Alteración supergénica:* Autunita, torbernitita. Limonitas, manganeso.

*Sucesión:* Piritas-pecblenda, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,15 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 17, 18, 23 y 60 de la hoja 500.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 6

Villavieja de Yeltes (Salamanca); paraje La Cotorra; Zona 6; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 53' 10" N, 2° 45' 10" O.

*Mena uranifera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,2 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 16, 3, 5 y 19 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 19

Villares de Yeltes (Salamanca); paraje Las Eras; Zona 19; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 52' N, 2° 43' 20" O.

*Mena uranifera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Autunita, torbernitita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,15 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 36, 16, 3 y 5 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 17

Carpio de Azaba y Gállegos de Argañán (Salamanca); paraje El Tomillar; Zona 17; hoja 525; coordenadas geográficas 40° 36' 40" N, 2° 59' O.

*Mena uranifera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, autunita, torbernitita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,2 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 600 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona D, Zona 12, Zona E de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 15

Carpio de Azaba (Salamanca); paraje Aldehuela; Zona 15; hoja 525; coordenadas geográficas 40° 35' 20" N, 2° 8' 40" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo, brecha: arcillosa.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No significativo.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,01 por 100. Es notorio un fuerte desequilibrio negativo, que permite considerar a este yacimiento como prácticamente lixiviado.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre sistemas de fracturas entrecruzadas irregulares; repetidas a lo largo de una alineación tectónica.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 600 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* -

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 9

Retortillo (Salamanca); paraje El Sierro; Zona 9; hoja 501; coordenadas geográficas 40° 48' 30" N, 2° 45' O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona 1, hoja 501. Zonas 36, 16 de la Hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 8-9

Villavieja de Yeltes (Salamanca); paraje La Mesa; Zona 8-9; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 52' 30" N, 2° 44' 30" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Gummita, uranotilo, autunita, torbernitita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, pecblenda, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 0,12 por 100.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 7, 10, 11 y 4 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 7

Villavieja de Yeltes (Salamanca); paraje Rodillos de la Huerta; Zona 7; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 52' 40" N, 2° 45' 20" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, autunita, torbernita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, pecblenda, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$  0,12 por 100. Ley media.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre sistemas de fracturas entrecruzadas, irregulares, repetidas a lo largo de una alineación tectónica.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 8, 9, 10 y 11 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO MINA ALAMEDA

Alameda de Gardón (Salamanca); paraje Las Viñas; Zona 21; hoja 525; coordenadas geográficas 40° 39' 30" N, 3° 5' 40" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Pirita.

*Ganga:* Cuarzo, jaspe.

*Alteración supergénica:* Oxidos negros, autunita, torbernita, fosfuranilita, sabugalita. Limonita. Arcilla.

*Sucesión:* Pirita, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$  0,12 por 100. Resistente a lixiviación natural.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre falla principal y fracturas arrosariadas subparalelas.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 700 m rebajada. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Estructura filoniana con masas irregulares laterales. Impregnación planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Cinco Nidos, El Gardón, Zona 23, Zona 24 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO MINA CARIDAD

Villavieja de Yeltes (Salamanca); paraje Arrabalejos; Zona 10; hoja 476; coordenadas geográficas 40° 51' 40" N, 2° 45' O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Pirita, melnicovita. Fluorina.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Gummitas, uranotilo, autunita torbernita, fosfuranilita, renardita, saleita, uranopilita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$  0,15 por 100.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 4, 7, 8 y 9 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO CINCO NIDOS

Alameda de Gardón (Salamanca); paraje La Puente; Zona 2; hoja 525; coordenadas geográficas 40° 39' 10" N, 3° 5' 30" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, autunita, torbernita, sabugalita. Limonita. Arcilla.

*Sucesión:* Piritas-pecblenda, limonita, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No significativo.

*Leyes:* Ley media 0,12 por 100.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: Arcillización. Hidrotermal intensa: Cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares.

Impregnación de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* El Gardón, Zonas 23, 22 y 24 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO EL GARDON

Alameda de Gardón (Salamanca); paraje El Gardón; Zona 19; Hoja 500; coordenadas geográficas, 40° 40' 40" N, 3° 5' 40" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda (?).

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernita, autunita, limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,15 por 100. Muestras en superficie.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Mina Alameda, Cinco Nidos, Zonas 23 y 24 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO MINA ESPERANZA

Villar de la Yegua (Salamanca); paraje Fuente de la Jarra; Zona 26-27; Hoja 500; coordenadas geográficas, 40° 44' N, 3° 1' 25" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas, piromorfita-arsenio, galena, magnetita.

*Ganga:* Cuarzo, jaspe, calcita, grafito, fluorina.

*Alteración supergénica:* Gummitas, uranotilo  $\alpha$ , uranotilo  $\beta$ , autunita, torbernita, fosfuranilita, renardita, saleita, iantinita, uranopilita. Limonita, cerusita.

*Sucesión:* Piritas-galena, fluorita-pecblenda, fosfatos, cerusita, limonita.

*Zonado:* Muy local en lenticulos residuales: pecblenda-gummita-uranotilos-fosfatos y otros. (No significativo.)

*Leyes:* Ley media U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,12 por 100. No resistente a lixiviación natural.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito. En algunas zonas, abundancia de materia carbonosa.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre falla principal y fracturas arrosariadas subparalelas.

*Nivel:* Hidrostático, —15, —20 m. Plataforma, 700 m rebajada. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Fractura principal en relación con fallas conteniendo lenticulos de cuarzo de segregación. Mineralización uranífera en las fracturas acompañantes: brechas, impregnaciones, etc.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona Fe, Zona 61 y Zona 59 de la hoja 500.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA FE

Saelices el Chico (Salamanca); paraje Capilla del Río; Zona F; Hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 38' 15" N, 2° 55' 55" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Pirita, melnicovita, calcopirita, galena.

*Ganga:* Cuarzo, jaspe, barita, calcita, fluorina.

*Alteración supergénica:* Gummita, uranotilo  $\alpha$ , uranotilo  $\beta$ , autunita, torbernita, fosfuranilita, renardita, saleita, iantinita, uranopilita. Limonita.

*Sucesión:* Pirita-galena, pecblenda, fosfatos, marcasita.

*Zonado:* Muy local en lenticulos residuales: pecblenda-gummita-uranotilos-fosfatos y otros. (No significativo.)

*Leyes:* Valores máximos en calicatas hasta 10 por 100. Media calicatas, 0,3 por 100. Media muestras sistemáticas en canteras y material explotado, 0,12 por 100. Resistente a lixiviación natural.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas. Digitaciones de microgranito.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas y arborescentes en relación con la falla principal.

*Nivel:* Hidrostático, —5 m. Plataforma, 700 m rebajada. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas Villar de la Yegua, Gallegos, Alameda y Villavieja, con un total de 145 manifestaciones.

*Hipótesis genética:* A pesar de diferencias locales, generalmente poco acusadas, la investigación ha demostrado la existencia de un solo mecanismo genético en es-

tas mineralizaciones uraníferas en pizarras. Este presenta características que permiten atribuirles a un proceso genético que en síntesis no es sino una deposición, a baja temperatura y escasa profundidad, del uranio disperso en el granito, especialmente a través de los materiales sedimentarios producto de la descomposición de aquél, movilizado en áreas tectonizadas dentro de unidades en régimen lacustre, transportado por aguas de circulación lenta y fijado en brechas, milonitas y fracturas arcillosas. Por sus características micrográficas y consideraciones en un campo reducido corresponderían a las deposiciones hasta ahora atribuidas a procesos genéticos epitermales.

### YACIMIENTO ZONA 3

Pozos de Hinojo (Salamanca); paraje Cuarto del Puente; Zona 3; hoja 476; coordenadas geográficas, 40° 54' 10" N, 2° 43' 30" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,15 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcíticas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 700 m. Fracción peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 36, 5, 6 y 19 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

### YACIMIENTO ZONA 4

Villares de Yeltes (Salamanca); paraje La Majada de los Bueyes; Zona 4; hoja 476; coordenadas geográficas, 40° 52' 35" N, 2° 43' 10" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, autunita, torbernitita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas-pecblenda, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,15 por 100. Lote calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto.

Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcíticas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 6, 7, 8 y 9 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

### YACIMIENTO ZONA 11

Villares de Yeltes (Salamanca); paraje Pedro Alvaro; Zona 11; hoja 476; coordenadas geográficas, 40° 53' 30" N, 3° 45' O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Uranotilo, torbernitita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, silicatos, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:* U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 0,3 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, —5, —10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 4, 8 y 9 de la hoja 476.

*Génesis:* Tipo Fe.

### YACIMIENTO ZONA 17

Villar de la Yegua (Salamanca); paraje La Naveta; Zona 17; Hoja 500; coordenadas geográficas, 40° 44' 10" N, 3° 0' 40" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Pirita, magnetita.

*Ganga:* Cuarzo, turmalina.

*Alteración supergénica:* Torbernitita, autunita. Limonitas, manganeso.



*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$ , 0,15 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre fracturas entrecruzadas, irregulares, sin dirección dominante.

*Nivel:* Hidrostático, -5, -10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 18, 23, 29 y 60 de la hoja 500.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 5

Gallegos de Argañán (Salamanca); paraje Carretera de Espeja; Zona 5; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 36' 10" N, 3° 3' 10" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$ , 0,2 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre sistemas de fracturas entrecruzadas irregulares, repetidas a lo largo de una alineación tectónica.

*Nivel:* Hidrostático, -5, -10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 10, 11, 13 y 16 de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA L

Saelices (Salamanca); paraje Mangada del Sahoz; Zona L; hoja 525; coordenadas geográficas, 40° 38' 40" N, 2° 56' 50" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernita, autunita.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No significativo.

*Leyes:*  $U_3O_8$ , 0,1 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre falla principal y fracturas arrosariadas subparalelas.

*Nivel:* Hidrostático, -5, -10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zona G, Zona K, Zona I y Zona H de la hoja 525.

*Génesis:* Tipo Fe.

#### YACIMIENTO ZONA 61

Villar de la Yegua (Salamanca); paraje La Naveta; Zona 61; hoja 500; coordenadas geográficas, 40° 44' 20" N, 2° 0' 50" O.

*Mena uranífera:* Pecblenda.

*Mena asociada:* Piritas.

*Ganga:* Cuarzo.

*Alteración supergénica:* Torbernita, autunita. Limonitas.

*Sucesión:* Piritas, limonitas, fosfatos.

*Zonado:* No existe.

*Leyes:*  $U_3O_8$ , 0,3 por 100. Lote de calicatas.

*Roca encajante:* Aureola de metamorfismo de contacto. Corneanas-pizarras mosqueadas-micacitas. Pizarras pelíticas-cuarcitas.

*Alteración supergénica:* Alteración meteórica muy escasa: arcillización. Hidrotermal intensa: cloritización, sericitización.

*Forma:* Mineralización sobre sistemas de fracturas entrecruzadas, irregulares, repartidas a lo largo de una alineación tectónica.

*Nivel:* Hidrostático, -5, -10 m. Plataforma, 700 m. Formación peribatolítica.

*Estructura:* Rellenos de brechas y fracturas reticulares. Impregnación en planos de esquistosidad y de rotura. Impregnaciones dispersas.

*Edad:* Alpina.

*Tipo:* Pizarras Salamanca.

*Yacimientos afines:* Zonas 17, 18, 23 y 60 de la hoja 500.

*Génesis:* Tipo Fe.

La situación de este yacimiento corresponde al escalón más meridional del borde sur de Gredos o, más exactamente, al pie de dicho escalón, donde el bloque tectónico se pone en contacto bruscamente con el relleno sedimentario del Valle del Tiétar (cuenca de Navalmoral de la Mata).

Estos bloques o escalones tectónicos, que constituyen el borde meridional de Gredos, petrográficamente quedan constituidos por una serie que de mayor a menor profundidad es la siguiente:

Granitos porfirioides o no porfirioides de grano grueso con dos micas claramente intrusivos.

Granitos de grano medio, a veces orientados, o néisicos.

Micacitas, cornubianitas, pizarras mosqueadas o restos de enclaves metamórficos.

Morfológicamente domina la presencia de 2-3 plataformas con límites unas veces bien diferenciados, y otras enmascarados por rejuegos de bloques posteriores o arrastamientos diferenciales.

La serie litológica donde se ubica el yacimiento constituye un enclave somero sobrepuesto al granito de borde, en el cual también se encuentran anomalías de algún interés. Consta de pizarras mosqueadas que pueden ser arcillosas, ampelíticas, intercalaciones de episodios de cuarcitas, etc.; el mosqueamiento da origen a andalucitas y cordieritas. Tales materiales se disponen vertical o subverticalmente y están afectados por brechificaciones de mayor o menor intensidad, pero claramente observables en superficie y en las calicatas abiertas. Como es normal, este complejo esquistoso está atravesado por diques de granitos de formas muy irregulares.

Las alteraciones que afectan a estos materiales se refieren a caolinización y hematización fundamentalmente, y no parece que profundice mucho porque a niveles ya relativamente profundos —20, —30, disminuye mucho este fenómeno.

La mineralización uranífera adopta la forma de "niveles" litológicos, dando origen a bandas mineralizadas con otras intermedias estériles, alcanzando aquéllos más de 20 m de potencia. Los niveles litológicos están definidos principalmente por una brechificación mayor, por la naturaleza litológica y, probablemente, por la alteración. Dicha mineralización uranífera está constituida por autunita dominante o exclusiva y pequeñas cantidades de óxidos negros que impregnan los niveles litológicos aludidos. En superficie, la limonita acompaña a esta mineralización, y en profundidad se ve la presencia de sulfuros y piritas, de los que al menos hay dos generaciones.

El proceso genético sería análogo o idéntico al del tipo pizarras de Ciudad Rodrigo, por lo cual no se expone aquí.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico, con los datos del cual se procedió a implantar una serie de calicatas que definieron la forma de la mineralización. Posteriormente se procedió a ejecutar una campaña de sondeos que pusieron de manifiesto que esta mineralización no alcanza más de los 15 m de profundidad.

#### CECLAVÍN-ACEHUCHE

Las concesiones están situadas en el borde norte, ya en la zona de exomorfismo, del gran manchón granítico-diorítico, con dos micas de tipo porfirioide y grano grueso,

del noroeste de Cáceres, entre las localidades de Ceclavín y Acehuche (Cáceres). Se presentan en una serie metamórfica de contacto, metamorfismo que se ha realizado sobre sedimentos de tipo pelítico fundamentalmente, observándose, pues, pizarras mosqueadas y cornubianitas, aquéllas alteradas con frecuencia.

Estructuralmente es interesante observar el estado de fisuración y brechificación de las pizarras: fisuras y brechas, además de planos de esquistosidad, en los que se aloja la mineralización. Ello es consecuencia de la tectónica, esencialmente de fracturas directrices de distensión y de cizalla, con relajamientos más o menos amplios, secundarios y laterales de bloques, que alcanzan bastante desarrollo en esta zona. Es conveniente anotar que en algunos de los yacimientos existe un nivel de corneanas límite en profundidad de las mineralizaciones, aunque esta profundidad es, en muchos casos, grande. Tal carácter puede ser considerado, por otra parte, como favorable por diferentes condiciones mecánicas que pudieran condicionar la deposición de mineralizaciones.

Algunos de los yacimientos poseen mayor desarrollo superficial que profundo (Viesgo, etc.), 300 m de largo por 150 de ancho, lo cual aumentaría las posibles reservas existentes, en relación con otros de morfología filoniana con mayor continuidad en profundidad, aunque no demasiado grande (la Española, Duero, etc.), pero, en algún caso, de gran corrida, más de 500 m. En todo caso, las analogías entre estos yacimientos y los de Ciudad Rodrigo y Cáceres son evidentes, no ya sólo en sus caracteres estructurales, sino incluso en sus tipos litológicos y mineralógicos.

La mineralización encontrada hasta el momento es de minerales secundarios, autunita, uranotilo, fosfuranilita, etcétera. Las leyes obtenidas, tanto en algún intento de explotación (Viesgo), como en las calicatas abiertas, parece que son muy aceptables, del orden de 0,06 a 0,3 por 100, si bien existen dudas en cuanto a la representatividad de los desmuestres realizados y los análisis químicos correspondientes.

Además de ser supergénica, la mineralización existente está modificada superficialmente por aguas circulantes, lo cual podría tener como consecuencia que áreas estériles en superficie estuvieran impregnadas infrayacentemente.

La génesis de tales mineralizaciones guarda muchas relaciones con las de Ciudad Rodrigo y Cáceres, y en todo caso parece que responden a condiciones supergénicas por deposición del uranio procedente de los granitos próximos en un medio tectonizado con condiciones receptoras.

Se describen a continuación las investigaciones efectuadas en cada uno de los yacimientos de la zona:

#### Viesgo 1.º y 2.º Grupo de anomalías

Existen una serie de calicatas que han definido, en superficie, con mayor o menor precisión, la extensión y dirección dominante de las estructuras mineralizadas; se efectuó un intento de explotación por medio de una excavación de forma irregular de unos 5 m de profundidad, con una pequeña galería de 4 a 5 m de larga, y posteriormente se realizó una primera campaña de sondeos de wagon-drill para tratar de definir un nivel a —20 m.

#### Sevillana Segunda

Existen 12 calicatas más un pocito de 30 m, de sección rectangular y doble compartimento, extracción y escala para personal, además de una galería al nivel —27 de 12 m; otra galería al nivel —8 y dos cerrojos de 8 m cada

uno a este nivel, además de electrificación en las instalaciones.

#### *Madriñena*

8 calicatas.

#### *Española*

Se han abierto 9 calicatas.

#### *El Pradillo*

Se han abierto 11 calicatas, con resultados, al parecer, muy buenos.

#### *San Albin*

Existen 14 calicatas.

#### *Ampliación a Duero*

Se efectuaron 11 calicatas.

#### *La Barca*

Los trabajos efectuados son 26 calicatas, con resultados buenos.

#### *Duero*

Las labores realizadas comprenden un número no conocido de calicatas, las cuales aportaron buenos resultados.

#### *Valdemorena*

Se desconocen los trabajos de investigación efectuados.

Disto mucho de haberse realizado una valoración de los yacimientos existentes en el área de Ceclavín-Acehuche, porque los correspondientes trabajos de investigación han alcanzado poco desarrollo en todos los casos.

En algunos de estos yacimientos se observa una gran extensión de la radiometría de superficie, que, por otra parte, no tiene necesariamente que corresponder a la dimensión del área mineralizada en profundidad, pudiéndose dar el caso contrario: de que áreas estériles en superficie estén impregnadas subyacentemente. En otros se deduce claramente que domina una dirección según la cual aparecen las anomalías radiométricas, pero estas direcciones tienen gran longitud (Duero), pudiéndose homologar a yacimientos de morfología filoniana, de los cuales también se desconoce la profundidad.

Por comparación de estas mineralizaciones uraníferas con otras conocidas que tienen condiciones análogas en cuanto a:

- estado de tectonización y condiciones estructurales,
- nivel morfológico y de erosión,
- mineralizaciones y radiometría de superficie,
- especies mineralógicas aparecidas,
- extensión en profundidad de los yacimientos conocidos, con valores que no sobrepasan los 20 m,

se puede deducir que las posibilidades de algunos de estos yacimientos son equiparables, proporcionalmente, a los de otras áreas (Ciudad Rodrigo), pudiendo esperarse que en ellos las reservas existentes sean de cierta consideración (Viesgo, Duero), conservando un cierto margen de prudencia.

Es más difícil intentar precisar las posibles leyes, y

en definitiva el uranio metal existente, porque extrapolar los resultados conocidos de los desmuestres en calicatas a los trabajos en profundidad es muy expuesto.

Las leyes conocidas, tanto por calicatas como en el intento de explotación en Viesgo, son aceptables; en todo caso, parece que estas leyes, con las reservas consiguientes, se mantienen en el dominio del 1 por 1.000 o valores próximos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las escasas labores de investigación realizadas y los datos que se poseen de la radiometría de aquellas áreas, con extensión muy considerable en algunos casos, leyes obtenidas, caracteres estructurales, mineralización existente, profundidad desconocida, pero quizá equiparable a la de otras zonas, etc., etc., existen fundamentos sólidos para pensar que el potencial uranífero es de interés, aunque difícil de concretar en cifras.

#### SAN VALENTÍN Y RASO DE LOS MACHOS

Se caracterizan por la presencia casi exclusiva de pecblenda esferulítica, con algunas gummitas y muy pocos productos secundarios de dispersión por alteración de aquella, encajada en brechas de poca potencia (40 cm en los nódulos de mayores dimensiones), dentro de los esquistos quiastolíticos originados por el metamorfismo de contacto del emplazamiento el batolito de Los Pedroches en las pizarras del Carbonífero inferior.

Las direcciones más frecuentes de las brechas o filoncillos uraníferos son norte-sur a noreste-suroeste; pero, en detalle y tanto en dirección como en profundidad, se presentan continuamente oscilaciones de rumbo y buzamiento de unos 20 a 30° con relación a los valores medios del conjunto de formación. Esta gran irregularidad proviene de la poca aptitud a una fracturación neta de la pizarra, aun en los casos en que están muy metamorfizadas. Cuando la esquistosidad es perpendicular a la brecha se presentan corridas más netas y regulares de hasta 30 m de los filoncillos, pero cuando la esquistosidad es oblicua al filón, éste avanza haciendo zigzag, pues hay trayectos en que tiende a ponerse perpendicular.

No son raras tampoco las digitaciones de vetillas mineralizadas que se introducen a favor de sistemas de diaclasas de la pizarra, y aun en los trozos más rectos y regulares lo normal es encontrar lentejones de pecblenda de un metro de diámetro y grosor máximo en el centro de unos 20 cm, cada 10 ó 15 m de recorrido de galería en dirección; la misma irregularidad se encuentra en profundidad.

En el resto de la brecha persiste, si bien una brecha estéril de la pizarra quiastolítica encajante cementada por jaspes limoníticos, o simplemente arcillas provenientes de la trituración de la pizarra.

En ocasiones es difícil seguir el tronco principal, pues las digitaciones tienen las mismas potencias y características que éste, sobre todo cuando ambos se presentan estériles, pues si ambos están mineralizados, siempre la veta principal lo está con más abundancia y características más definidas; no se ha dado el caso de que, al seguir la brecha, se digitase una veta mineralizada cuando la principal fuese estéril.

Los esquistos quiastolíticos presentan sericitización y cloritización como alteración general. La veta uranífera origina arcillización y silicificación, y finalmente la metoerización, que apenas alcanza a los 2 m de profundidad, origina arcillas y sericita.

La arcillización y silicificación concomitante con la ve-

nida uranífera tiene muy poco alcance, apenas unos centímetros alrededor de la brecha. Es de observar que las asociaciones paragenéticas minerales son constantes dentro de cada yacimiento, pero varían mucho de unos indicios a otros; así, en San Valentín hay pirita, calcopirita, blenda y galena; en el Raso de los Machos no se ha encontrado más que la pecblenda con pirita, pero siempre la pecblenda es la última. En el primer caso la sucesión es: pirita y marcasita con jaspe limonítico; rotura y vena de calcopirita-blenda con límites tranquilos, sin posibilidad de establecer posterioridad o anterioridad de una respecto a otra; galena posterior a ambas, y, finalmente, nueva vena de jaspe con pecblenda esferulítica típica.

Las alteraciones minerales supergénicas se limitan casi a la superficie, hasta unos 50 cm solamente, pues a partir de aquí se encuentra ya la pecblenda sin alterar. Hay muy poca dispersión de productos secundarios, y la aureola de impregnación alcanza en superficie como máximo un metro a cada lado del filón, y en profundidad apenas unos 10 cm. Los productos secundarios encontrados son gummitas, torbernita y muy poca autunita.

No se encuentran minerales de alteración de plomo, cinc o cobre, lo que no excluye que existan; pero su escasez, ya que sólo son observables al microscopio, dificulta su hallazgo. Si se encuentra, en cambio, todo el cortejo de óxidos de Fe de alteración de la pirita-marcasita.

Todos estos yacimientos se encuentran íntimamente ligados en proximidad al granito, de manera que no se ha encontrado ningún indicio a más de 500 m en distancia horizontal del contacto. Abundan las anomalías mucho más en el borde norte del batolito que en el borde sur, sin que haya ninguna diferencia en cuanto a petrografía de granito y pizarra metamórfica de uno a otro sitio, variando, en cambio, la morfología del terreno. Mientras que el borde sur es muy escarpado y accidentado por la activa erosión de los ríos y afluentes del Guadalquivir, que caen rápida y directamente a él, el borde norte, más alejado de aquél y erosionado también por sus afluentes, pero con mucho más recorrido y amplio rodeo del extremo Este del batolito, presenta zonas más tranquilas e incluso cubetas de pizarra en los entrantes y salientes del batolito granítico.

En la deposición de los yacimientos en pizarras han coadyuvado factores físicos y químicos. Por una parte, las fracturas francas que se abrieron en época Alpina en el granito y por donde circularon las soluciones mineralizadoras, se pierden y digitan al pasar a la pizarra, por su menor "competencia", y el estrangulamiento producido pudo determinar una circulación más lenta que favoreció la precipitación. Además, la presencia de sulfuros anteriores (pirita, calcopirita, blenda y galena) pudo contribuir, en su papel de reductores, a la fijación de la pecblenda.

En todos los casos ha de tenerse en cuenta que las formaciones, en realidad, son de pecblenda fundamentalmente, siempre con presencia de pirita, pirita-calcopirita e incluso pirita-calcopirita-blenda-galena, pero en cantidades muy pequeñas con relación a aquélla, de manera que casi pueden considerarse como minerales accidentales.

#### 2.2.5.2 Grupo de yacimientos tipo La Serena

EL LOBO, MARÍA LOZANO Y EL PEDREGAL

Los yacimientos uraníferos que se estudian constituyen un tipo diferenciado de los que se localizan en metasedimentos de borde de todo el oeste peninsular. Una serie de índices jalonan más densamente el borde sur de los granitos de La Serena, índices que se encuentran tanto en

la formación plutónica como en el metamórfico en que encajan estos granitos.

Los yacimientos están enclavados, geográficamente, en la gran comarca natural de La Serena.

Se localizan en el borde sur del gran macizo granítico de La Serena, de alineación general noroeste-sureste, que constituye un tramo importante del eje hercínico antes indicado concordante con toda la estructura del suroeste peninsular.

Considerada morfológicamente la comarca de La Serena, queda definida por el gran desarrollo que tiene la penillanura, fraguada sobre materiales paleozoicos: rocas granitoideas, pizarras y cuarcitas. En ella destacan relieves residuales silúricos cuarcitosos, orientados de noroeste a sureste, por erosión diferencial, que constituyen testigos de los ciclos erosivos que modelaron el país.

La penillanura se ha rejuvenecido morfológicamente por el encajamiento de la red fluvial, siendo éste más evidente (río Zújar) cuando discurre sobre materiales pizarrosos, y pudiendo ser debido a un levantamiento general del país.

Superpuestos al Paleozoico de la comarca aparecen, aunque muy discontinuamente, materiales sedimentarios eminentemente detríticos, que se pueden clasificar en tres tipos: niveles residuales de rañas; derrubios cuaternarios, más o menos evolucionados, de escaso espesor, que recubren especialmente áreas periféricas a los relieves cuarcitosos, y masas de aluviones de poco desarrollo en algunos cauces de arroyos. Más al norte queda el amplio valle del Guadiana, en el que se albergan sedimentos terciarios, que dan origen a una llanura bien definida, por la que discurre el río con cauce poco evolucionado.

Los materiales integrantes de las formaciones existentes son:

Los granitos, granodioritas y pórfidos, con sus diferenciaciones locales.

Las series paleozoicas, de las cuales están ampliamente representadas las del Cámbrico y Silúrico y sólo esporádicamente las del Devónico, que no estudiarán por quedar más alejadas de los yacimientos.

Los materiales detríticos datables como terciarios, pliocenos y cuaternarios, que por su pequeño desarrollo sólo se mencionan de pasada.

Las rocas granitoideas que forman esta alineación se caracterizan por sus tendencias porfiroides, desde las más ácidas, granitos, a las básicas, pórfidos dioríticos de Zalamea y Malpartida de la Serena. De estas facies porfiroides se estudia concretamente la del macizo que aparece más desarrollada en los bordes: granito de La Haba, borde norte hacia Magacela; borde sur junto al yacimiento, etc. En el centro de este macizo domina más un granito de grano medio poco porfiroide.

La evolución hacia tipos granodioríticos es muy clara hacia Quintana de la Serena.

En el granito encaja un conjunto de filones esencialmente cuarcíferos y de orientación noreste; su potencia oscila desde 0,2 a 3 m; las alteraciones laterales, con productos limoníticos, son frecuentes, y las venillas de cuarzo, abundantes.

El Cámbrico lo integran materiales grauwáquicos y series detríticas con pelitas intercaladas.

El Silúrico está constituido por las clásicas series cuarcítico-pizarroso-areniscosas, tan características del Ordoviciense.

La serie pizarrosa la componen: pizarras micáceas, pizarras arcóscicas, pizarras grafitosas, términos arcillosos, areniscas y niveles de cuarcitas intercalados en estas pi-

zarras de 0,3 a 5 m de potencia. Otras veces son episodios de cuarcitas de dos o más centímetros de espesor, que alternan con las pizarras, dando origen a unas facies flysch muy características. Sin embargo, hay que hacer constar que correspondiendo en conjunto esta serie a materiales detríticos y siendo las cuarcitas niveles representativos de oscilación de un litoral próximo, su potencia y continuidad varían mucho en su corrida. Las coloraciones de las pizarras son variadas, en general de tono oscuro, estando estos colores relacionados con el grado de alteración de la roca y con la cantidad de productos grafitosos que llevan; a veces contienen materias carbonosas en lechos de poco espesor.

Estos materiales pizarrosos marginales a los granitos se ven afectados por un metamorfismo de contacto muy uniforme en una banda de límites irregulares. La serie metamórfica está constituida por cornubianitas, de muy poco desarrollo en los parajes de las minas, algo más desarrollada hacia el oeste, y en profundidad, cornubianitas cálcicas. Las pizarras mosqueadas presentan una anchura en superficie de 100 a 400 m, y las pizarras sericiticas se sitúan más externamente a los granitos.

El metamorfismo técnico, de grado medio, ha operado sobre secuencias pelítico-arenoso-carbonosas, o en algún caso (paraje María Lozano de Vargas) sobre secuencias pelítico-calcareas o calcáreas (Magacela), dando origen, entre otros, a los tipos siguientes:

Pizarras mosqueadas andalucíticas.

Pizarras mosqueadas cordieríticas.

Pizarras mosqueadas sericiticas.

La composición mineralógica de estas pizarras varía en función del resultado de la composición de la secuencia afectada por el metamorfismo. Como minerales esenciales se encuentran: sericita, andalucita y muscovita, en unos casos, o los anteriores y biotitas, muchas veces desferriadas, otras con cuarzos o con tremolita, denotando la presencia de carbonato cálcico en las series metamorfizadas. Como minerales accesorios aparecen: esfena, turmalina, circón, materia organógena, clorita, rutilo y otras veces minerales opacos, pirita, etc. La andalucita se muestra en porfiroblastos, y la matriz de la roca se compone de biotita y cuarzo grafitoide. La andalucita, que se estudiará especialmente, responde algunas veces a la variedad quiaistolita, que aparece en forma de porfiroblastos que llevan inclusiones de micas y grafito en agregados pulverulentos, y que a veces se muestra sericitizada.

Para este estudio tiene más interés resaltar el hecho de que con gran frecuencia aparece la andalucita con abundancia de inclusiones de materia carbonosa, la sericita es también muy abundante y en algunas muestras de profundidad se han encontrado nódulos de fosforita con inclusiones carbonosas. En otros casos, es apatito.

La textura de estas rocas es granolepidoblástica, y la estructura, pizarrosa o esquistosa, dominando a veces el cuarzo de origen detrítico.

Las cuarcitas intercaladas en las series pizarrosas se muestran como ortocuarcitas, con el 90 por 100 de cuarzo y biotita, circón, esfena, sericita, ilmenita, cloritas y apatito como minerales accesorios. La textura es granoblástica y la estructura microgranuda compacta.

Son frecuentes en estas series de contacto venillas de cuarzo o nódulos de cuarzo hidrotermal, que engloban apatitos y sulfuros. En las fisuras de la roca aparecen otras veces, especialmente en profundidad y más abundante hacia el oeste (paraje María Lozano de Vargas), calcitas y piritas e incluso también clorita fisural.

Se puede ya decir que al metamorfismo de contacto sigue un proceso de cataclasis seguido, a su vez, de la deposición de pirita en fisuras, y a continuación otra de sílice en filoncillos; y finalmente, en el orden que se expone, se deposita calcita en las fisuras.

Todos los materiales descritos presentan un proceso de alteración en masa, relativamente profunda y con cierta continuidad, alteración que debe ser atribuida tanto al hidrotermalismo como a la meteorización. A ella se debe la aparición de limonitas, tanto indígena como transportada, que colorea más profusamente algunos niveles litológicos, y la caolinización, que tiene como consecuencia la aparición de arcillas en proporción relativamente grande.

Además de hematización y caolinización, parece advertirse en profundidad un proceso de silicificación y más superficialmente una sericitización. La cloritización de las biotitas puede indicar un proceso de cloritización que aparece claro en los metasedimentos alterados.

Las formaciones detríticas que recubren estas series pizarrosas se clasifican en tres tipos: niveles residuales de rañas y derrubios cuaternarios, unas veces como aureolas de aquéllas y otras como materiales procedentes de la destrucción de niveles de cuarcitas. Aluviones de poco desarrollo completan el cuadro de los materiales detríticos.

Los rasgos estructurales más destacados están ligados a la presencia de las masas graníticas existentes que han condicionado la tectónica regional y su evolución. La edad de estos granitos, probablemente hercínica o posthercínica, contribuye a aclarar lo indicado.

La banda granítica más septentrional se muestra concordante con las formaciones paleozoicas encajantes, a las que metamorfiza. Sigue la dirección de los ejes variscos, ocupando posiciones que pudieran corresponder a zonas, dentro de la formación paleozoica, en una banda de profundidad, como en parte queda demostrado por el carácter porfiroide dominante. Los granitos de Quintana, en cambio, no siempre son concordantes, borde norte, con los metasedimentos.

La simetría de las formaciones silúrico-devónicas al norte y al sur de la banda granítica es evidente, existiendo en la parte meridional, aunque con menos desarrollo —calizas de La Guarda— los materiales devónicos correspondientes a los de Magacela. La serie pizarrosa se adapta bien al granito, con inflexiones longitudinales y con buzamientos y vergencias, de acuerdo con la presencia del macizo cristalino.

La estructura, en conjunto, del Paleozoico, responde a series plegadas intensamente en régimen apretado.

Los buzamientos y las vergencias responden a un anticlinorio de gran estilo, 4,5 kilómetros de radio total, que fue barrido por la erosión, constituyendo en algún momento el techo del granito.

La tectónica de fractura está desarrollada, tanto en el campo granítico como en el metasedimentario, con caracteres diferenciales. En efecto, sobre el mapa geológico, se advierten claramente cuatro sistemas de fracturas, que en conjunto muestran más densidad en los granitos, por su carácter más rígido, que en el Paleozoico encajante. Algunas de estas fracturas en los bordes están a caballo sobre las dos formaciones, siendo más frecuentes, en este aspecto, las del sistema N-NO y N-NE; una de ellas, siguiendo el arroyo Vinagre, atraviesa uno de los yacimientos que se estudian.

El sistema filoniano encajado en el granito lleva dirección NE, o a lo más, N-NE, que es, en conjunto, el sistema de diaclasas más desarrollado, N 20-25° E. El de Shear corresponde aquí a la dirección O-NO.

Así, pues, esta morfología es, en general, alargada en superficie, siguiendo casi siempre el contacto del granito y el rumbo de la formación metamórfica. En profundidad debe aceptarse con los datos que después se aportan, que la forma sigue la estructura tectónica general; responde, pues, el yacimiento a un tipo con morfología estratiforme. Por estos rasgos morfológicos y otros caracteres que se describen, se diferencia de otros yacimientos en metasedimentos existentes, tanto en la zona de Salamanca como en Portugal. Teniendo en cuenta el interés que para la prospección y metalogenia tiene el concepto "tipo de yacimiento", se propone para éste la denominación "tipo La Serena", por la comarca donde se ubica.

La serie litológica del yacimiento, que, en parte, ha sido descrita anteriormente, consta esencialmente de términos pizarroso-areniscosos con intercalaciones de episodios de cuarcitas o paquetes mejor definidos que tienen mucho interés para este estudio. Las pizarras pueden ser de tipo grafitoso, carbonoso, pizarras limoníticas o pizarras arcillosas. Y las areniscas son de tipo arcósico o términos de tránsito hacia cuarcitas. Las coloraciones varían desde tonos muy oscuros, negros, a rojo oscuros, aquél por la materia carbonosa y grafitosa que las impregna, ésta por la mayor o menor cantidad y tipo de limonita que llevan.

La composición del conjunto litológico de los paquetes mineralizados es: andalucita, materia carbonosa, o grafitosa, goethita, cuarzo, sericita, muscovita, biotita, turmalina, magnetita, carbonatos, pirita, calcopirita, bornita y covellina, además de minerales de la arcilla, que son del grupo de la montmorillonita. Los pigmentos limoníticos y la limonita son indígenas en gran proporción y, en parte, transportados como era de esperar, ya que en algunos niveles de cuarcitas la pirita, más o menos oxidada, es abundante. La goethita es, con la limonita, el principal mineral de hierro.

Un carácter de gran importancia para este estudio lo constituye el que exista una alteración en masa que contribuye, en cierto modo, a una homogeneización de la mineralización dentro de ciertos ámbitos, cuya alteración origina una pigmentación limonítica de tonos diversos de algunos niveles litológicos, tonos que van desde el pardo oscuro al ocre claro, y que originan que a simple vista puedan ser distinguidas, con cierta experiencia, cuáles son las bandas mineralizadas y las estériles dentro del frente de trabajo.

El medio litológico que se describe muestra un cierto grado de oxidación, en general grande, lo cual se pone de manifiesto porque una buena parte de los óxidos de hierro aparecen en forma de limonita indígena, como precedente de la oxidación de los sulfuros preexistentes que se han formado en más de una generación, ya que existen unas muy frescas, que apenas tienen relaciones con los minerales de uranio, al lado de otras muy oxidadas.

Se han determinado los valores del potencial redox (Eh), que son + 420 milivoltios. El pH de estas formaciones es de 4,2, como corresponde a un medio ácido por la presencia de sulfuros, que al alternarse producen reacciones bien conocidas.

La porosidad de las rocas es el 16,29 por 100 del volumen de la misma, lo cual se debe tanto a su constitución como a la alteración y fisuración de las mismas. Deberán tenerse en cuenta estos datos al estudiar la génesis posible y la repartición de la mineralización, pero ya se puede adelantar que el ámbito reductor producido por la materia orgánica condicionó selectivamente la deposición del uranio, así como episodios con microestructuras más abiertas que facilitan el desarrollo de acciones

supergénicas formándose y depositándose fosfatos de uranio y óxidos de hierro. Pero, sin duda, en la deposición del uranio han jugado un gran papel tanto los lechos carbonosos anteriormente indicados como los geles limoníticos y arcillosos.

El contacto granito-metamórfico está recubierto en todo el borde de la gran corrida donde se encuentran los yacimientos que se estudian, debido bien a los niveles residuales de rañas o derrubios, o bien, localmente (en el yacimiento de "Mesas de Poyato"), a los aluviones del Arroyo Vinagre, y también a otras pequeñas formaciones aluvionares de arroyos como el de los Pilonos, del Madroñal, etc.

Todo el conjunto presenta un buzamiento medio de 50-55° al sur, ya que el rumbo de estas capas es aproximadamente E-O. La serie se ve atravesada por diques de granito alterado de grano medio o fino, o bien pegmatitas de menos desarrollo; tales diques son de forma irregular, pero a veces toman el aspecto de sills, teniendo relaciones estrechas con la repartición de la mineralización.

Esta la constituyen esencialmente: pecblenda, coffinita, basetita, fosfuranilita, autunita y torbernititas, acompañadas de los sulfuros: pirita, marcasita, melnicovita, calcopirita, calcosina y covellina. A estos minerales hay que añadir: ilmenita, magnetita dispersa en la roca en profundidad, apatito en nódulos de cuarzo hidrotermal, nódulos de fosforita con inclusiones carbonosas encontrados en los testigos de sondeos al nivel -63, y limonitas indígenas y transportadas y malaquita.

La pecblenda se ha depositado en microfracturas, que de una manera general son subnormales a las estructuras pizarrosas, simultáneamente con los sulfuros de hierro. Las basetitas se han determinado por rayos X.

Parece que la fosfuranilita y la autunita se concentran más en las pizarras sericíticas, además de estar absorbidas, tanto fosfuranilita como autunita, en los productos limoníticos y lechos carbonosos, dando origen o no a mineralizaciones discretas de uranio. Esta adsorción es, a veces, tan selectiva que mientras los lechos carbonosos se ven cargados de mineralización, otros laterales detríticos apenas si la contienen.

La coffinita aparece muchas veces, además de acompañando a la pecblenda, en reemplazamiento y fisural. La torbernitita es menos abundante, y se presenta ligada a carbonatos de cobre.

Algunas muestras de cuarcitas de los diques indicados presentan núcleos de óxidos de hierro uraníferos juntamente con pirita, productos negros de uranio y basetita.

Tiene gran influencia en la repartición de la mineralización la brechificación y cataclasis anteriormente indicadas, que dan origen a numerosas microfracturas más acusadas, según los planos de esquistosidad, pero también en otras direcciones; en ellas se han depositado con preferencia los minerales de uranio, asociados a los componentes ya indicados: óxidos de hierro, minerales de la arcilla, lechos carbonosos, etc.

Teniendo en cuenta los conocidos diagramas Eh-pH de Garrels en relación con la estabilidad de algunos minerales de uranio, se puede definir un ambiente de inestabilidad para la pecblenda, y por el contrario, de estabilidad para los minerales de uranio exvalentes, hechos que están de acuerdo con la realidad, según se verá posteriormente.

La mineralización aparece dando origen a "niveles" que tienen una posición determinada en relación con los paquetes o episodios de cuarcitas. En efecto, se comprueba que estos "niveles" —refiriéndose a niveles litológicos— aparecen más frecuentemente a muro de las cuarcitas o muy relacionados con ellas. Estas solamente aparecen im-

pregnadas de mineralización fisural por proximidad a los "niveles" mineralizados. Sin embargo, parece que en algún caso se pudiera hablar de reemplazamiento dentro de la cuarcita.

Las cosas suceden como si estas cuarcitas hubieran actuado como diques de contención para las soluciones transportadoras del uranio, aparte de que éste, para depositarse, necesite las condiciones medio físico-químico ya descritas. El hecho es a veces tan patente, que cuando existen dos niveles de cuarcitas, la mineralización se localiza, a muro del más inferior y entre los dos, pero no a techo del más superior. Incluso existiendo dos capas de cuarcitas muy próximas, si entre ellas queda una capa de pizarras, ésta se encuentra mineralizada.

El papel asumido por las cuarcitas pueden detentarlo algunos diques de granitos, como parece observarse en otros parajes de esta formación María Lozano de Vargas, en donde debajo de los diques se localiza la mineralización al faltar niveles de cuarcitas.

No quiere esto decir que tales paquetes de cuarcitas sean totalmente impermeables para las mineralizaciones, ni que más lejos a techo no se encuentren otras independientes de la presencia de capas de cuarcitas, que de hecho se encuentran, pero el hecho descrito se observa con gran continuidad y regularidad.

Estos niveles mineralizados, geoméricamente considerados, no tienen siempre forma de banda, sino que a veces se producen escapes que originan ensanchamientos locales, lo cual aumenta considerablemente la potencia local, y, por consiguiente, el tonelaje de mineral a extraer.

La potencia de tales paquetes mineralizados es de 0,5 a 4 m, pero en los escapes puede llegar a 8-10. A grandes rasgos, pues, la mineralización sigue el buzamiento y dirección de las capas, con los valores ya indicados, siendo muchas veces evidente la influencia que sobre ella ejerce alguna facies de limonita, de tal manera que, siguiendo la dirección de las capas, se ve muy bien cómo la mineralización se localiza sobre los segmentos hematizados y de colores y tonos definidos.

Los métodos utilizados en la investigación del yacimiento no difieren esencialmente de los empleados en otros en cuanto a ellos en sí, pero sí en lo que se refiere al orden en que se han sucedido. Por tratarse de un yacimiento de morfología estratiforme, con las características descritas anteriormente, que le asemejan un poco a los yacimientos en masa, se hacía preciso estudiar qué métodos de investigación serían los más adecuados.

La aplicación del método radiométrico en superficie tropieza aquí con grandes dificultades, por los recubrimientos existentes, no obstante, se ha hecho uso de él con gran amplitud.

Ante el hecho de la existencia de guías estructurales de gran utilidad, paquetes de cuarcitas, se hacía preciso buscar un método que determinara la posición de estos niveles de cuarcitas en aquellos tramos que no afloran por estar recubiertos por los derrubios o niveles de rañas. Este método podría ser la prospección geofísica, empleando el de resistividades, al tener en cuenta que las cuarcitas, al menos cuando son masivas, presentan una resistividad superior a los paquetes de pizarras entre las que están intercaladas.

El método de calicatas se empleó con éxito incluso en áreas donde la radiometría de superficie no daba valores significativos, a condición de que el recubrimiento no fuera excesivamente grande (existencia de aluviones o derrubios). Sin embargo, para definir la morfología, en principio se pensó que irían mejor los sondeos de corona im-

plantados convenientemente, espaciados semirregulares, con inclinación de acuerdo con el buzamiento de las capas, profundidades relativamente superficiales, —20, —30, y conjugación de sondeos para el reconocimiento de paquetes sucesivos en niveles en los cuales razonablemente se debe esperar mineralización, etc. Si bien estos sondeos dieron resultados muy de tener en cuenta, no explican una serie de irregularidades que se observan en la distribución de la mineralización. Tratándose de un medio alterado en masa, puede haber existido una removilización de la mineralización, dando origen a núcleos irregularmente dispuestos, aunque existan niveles con la morfología regular indicada. La solución para ello fue la de implantar una malla de sondeos wagon-drill, convenientemente conjugada con la de sondeos de corona para no repetir en puntos conocidos. Convenientemente estudiados los resultados, y aún teniendo en cuenta las dificultades de interpretación que tienen estos sondeos, más el conocimiento de la correlación radiometría-ley, ya que el análisis de los testigos no aporta datos representativos y sólo indicativos, se puede obtener una mayor información para interpretar la verdadera forma del yacimiento y la repartición de la mineralización. Datos que serán de gran utilidad a la hora de proyectar el método de explotación del yacimiento.

Con la implantación de pocillos de sección  $2 \times 1$ , y doble compartimento, verticales, para llegar con ellos a un nivel de —10, se obtiene una información complementaria y un contraste decisivo de leyes, potencias, etc. En estos pocillos se realiza desde un control radiométrico completo y sistemático, hasta una toma seriada de muestras mediante rozas en los costados y en el fondo, y del todo, a medida que se profundiza.

Para dilucidar otros problemas, y ante la forma que adopta la mineralización, se han implantado otros pozos de  $2,40 \times 1,40$  de sección libre, con compartimento de bajada y extracción y con los cuales se han realizado ya labores de más desarrollo: galerías, cruceros, recortes, etc., a niveles comprendidos entre —15 y —25 m. En algún caso, las longitudes de estas galerías, de sección  $1,80 \times 2,30$ , han llegado a más de 200 m. En estas labores, lo mismo que anteriormente, se ha efectuado un continuo control geológico y estructural, además de realizar un desmuestre sistemático. Con frecuencia se advierte aquí que la potencia mineralizada desborda la sección de la galería, y para determinar ésta se ha recurrido a dos métodos: cerrojos generalmente a muro y sondeos percutantes a muro y a techo, realizados con martillo Lyon, tipo BBC 22 W, para perforación de barrenos profundos de diámetro 36 ó 42 mm, en los cuales se efectúa el correspondiente radio-sondeo. Tales labores permiten definir, contrastar, etc., los caracteres más importantes de explotabilidad, etc.

Por los caracteres definidos con uno u otro tipo de labores, pozos con galerías o pocitos, se han tenido datos suficientes para proyectar el método de explotación mediante canteras a cielo abierto, con lo cual los costes bajan considerablemente.

Bien es verdad que esta explotación en canteras están limitadas en profundidad, especialmente por las potencias explotables, determinado en el proyecto por la relación mineral estéril. Como las mineralizaciones, según se ha dicho, llegan al nivel —35, —40, con menores potencias, se hace preciso proyectar labores de interior para la explotación de este mineral más profundo.

La cantera, con calles descendentes y un foso central para drenaje, mantiene, hasta ahora, una buena relación



de mineral a estéril, 1:1 a 1:3, y los costes con ello son bajos.

Si se intenta explicar la posible génesis de este yacimiento, ha de tenerse en cuenta una serie de datos de observación de índole muy diversa: morfológicos, estratigráficos, tectónicos, mineralógicos, fisicoquímicos, etc., aunque es evidente que se desconocen otros muchos factores, que la jerarquización no es la más real, etc.

Existe una topografía muy peculiar, consistente en la existencia de una serie de pequeñas depresiones; a ello alude el nombre de Hoya del Lobo, a lo largo de la gran corrida estudiada. Es en estas hondonadas donde, con más frecuencia, aparecen las anomalías más importantes y las mineralizaciones mejor definidas. Por otra parte, no puede olvidarse la proximidad de todos los yacimientos al borde granítico, si bien, como queda indicado, las mineralizaciones encajan en las pizarras metamórficas de este borde.

El metamorfismo ha planteado siempre a la metalogénia el problema de la situación dentro de sus dominios de yacimientos de tipos diversos, sin que se haya explicado, de manera satisfactoria, lo que aquél representa en cuanto a factor que constituye a la génesis de aquellos yacimientos. Para el uranio, las cosas se presentan de manera parecida, y siempre es preciso preguntarse por qué la mayor parte de los yacimientos en pizarras se sitúan dentro de estas aureolas. Hay un nuevo dato a la vista que pudiera contribuir a aclarar esta cuestión: entre los minerales más frecuentes en las series metamórficas se encuentra la andalucita, muy abundante en los yacimientos, que se transforma, por alteración, en agregados de muscovita, sericita y caolín, pudiéndose llegar a una total caolinización. En sus granos son muy frecuentes, como se indicó, las inclusiones carbonosas. La estauroлита, más resistente, aunque en su alteración puede pasar a clorita, abunda, como todos los minerales propios del metamorfismo, en inclusiones carbonosas.

Es indudable que esta materia carbonosa debe proceder de los mismos sedimentos transformados por el metamorfismo, y aunque se desconoce en qué proporción aparece liberada durante la alteración, por ataque o por fisuración, es un dato interesante de anotar las transformaciones que pueda haber sufrido y la proporción en que queda en los metasedimentos. No se insiste en la más que frecuente presencia de materia carbonosa en los yacimientos de uranio, pero sí se quiere poner de manifiesto esta abundancia de inclusiones en los minerales del metamorfismo y las relaciones que pueda tener con los yacimientos de uranio.

Teniendo en cuenta los tipos estructurales predominantemente porfiroides de los granitos, su alteración y tectonización indicadas, la alteración en masa de los materiales metamórficos en los que se intercalan los niveles de cuarcitas, las inclusiones frecuentes en biotitas graníticas, etc., hacen pensar que la mineralización aquí depositada es la resultante de los productos de lixiviación natural del granito, dentro del cual, como se indicó, se encuentran también índices uraníferos superficiales, depositados a favor de la presencia de filones de cuarzo cuyos hastiales impregnan. Es decir, como si el uranio hubiera sido exprimido, por lixiviación, a partir del granito.

Se han de considerar, por otra parte, los niveles residuales de rañas que quedan en las lomas, de aquí el nombre de Mesas de Poyato, siguiendo el borde de contacto, que, probablemente, han jugado algún papel en la posible conservación de la mineralización, puesto que tal formación tendría una mayor extensión en otro momento.

Existe aún un fuerte desequilibrio positivo, es decir, que la actividad radiométrica es muy inferior a la normal, teniendo en cuenta el contenido en uranio. No se ha efectuado el análisis isotópico completo, pero se puede deducir que existen dos épocas de mineralización de, aproximadamente, unos cuarenta mil años. Tampoco se ha analizado si cada una de estas dos mineralizaciones está constituida por minerales supergénicos distintos o, si por el contrario, se debe considerar un mineral reciente y otra mineralización más reciente por alteración de aquél. De todas formas, parece más verosímil creer que la mineralización es relativamente reciente y la presencia de pecblenda habría que explicarla como pecblenda de neoformación originada, pues, a favor del ambiente reductor que crea tanto la materia orgánica depositada en las pizarras, como la presencia de sulfuros, algunos de cobre, en las pizarras y cuarcitas. En líneas generales, esta pecblenda domina en niveles más profundos y hasta cabría pensar, por los testigos de sondeos, que las raíces de estos niveles mineralizados están constituidas por minerales primarios.

Para intentar una interpretación genética más completa habría que realizar tanto un análisis morfológico y morfogénico como un estudio de la evolución tectónica de la comarca durante el Terciario. Esta reconstrucción de la evolución morfológica, tanto como de la paleoclimatología y de las condiciones de sedimentación durante el Terciario, podría suministrar datos de gran interés para intentar explicar la génesis de estas mineralizaciones.

Existen, pues, dos grupos de datos que podrían tener distinta interpretación, según las ideas del metalogénista que los estudiara; de una parte, proximidad del granito, diques emitidos por él cortando las pizarras, raíces con pecblenda en profundidad, asociación mineralógica uranífera y no uranífera, sulfuros, etc., alteraciones, algunas de tipo hidrotermal, etc., lo que llevaría a pensar en un hidrotermalismo de baja temperatura, epitermal; de otra parte, la distribución de la mineralización en sí, su control estructural, su edad aproximada, la presencia de impregnaciones superficiales en los granitos, la abundancia de inclusiones en las biotitas, la posición de los índices a todo lo largo del contacto, las condiciones receptivas definidas como una gran trampa del medio mineralizado, las características de los granitos con sus fondos relativamente bajos, la morfología de este borde, etc., que llevan a pensar en esta mineralización como la resultante de una lixiviación natural del granito, como fuente del uranio, su transporte por aguas meteóricas superficiales y subterráneas, y su deposición en el medio descrito.

Las condiciones del transporte, el carácter de las soluciones, el mecanismo de la deposición, la existencia de apatito como mineral accesorio en los granitos, las condiciones del medio receptor, el estudio comparativo con otros yacimientos españoles y portugueses, con carácter análogo a los estudiados, no serán aquí objeto de más consideraciones, pero sí se apoya abiertamente la idea de formación de este yacimiento en condiciones ambientales normales, invocándose tanto el meteorismo intenso de estas formaciones como el hecho del mismo control de la mineralización expuesta.

No se deben olvidar ni las ideas de la metalogénia clásica aplicada a estas circunstancias ni las especiales condiciones geoquímicas del uranio para ser movilizado, transportado y depositado en ambientes muy parecidos al descrito y en épocas relativamente recientes.

La presencia de fosfatos, en forma de fosforita y apatito, en las series metasedimentarias, contribuye a explicar



la formación de fosfatos de uranio por precipitación de las soluciones transportadoras directamente o a partir de las alteraciones de los minerales primarios.

Es evidente que se obtendrán nuevos datos a medida que los trabajos para la investigación y explotación del yacimiento continúen, datos que podrán completar la interpretación que ahora se hace de la posible génesis o hacer cambiar puntos de vista ahora establecidos, pues aunque lo expuesto parezca tener consistencia, se intenta, en todo momento, tener el suficiente realismo, por lo que las ideas aquí expuestas podrían verse confirmadas o modificadas.

### 2.2.5.3 Yacimientos tipo Cabra Baja

#### LOS CASTILLEJOS. ALCUÉSCAR

La situación geológica del yacimiento que se va a describir corresponde al metamórfico de contacto del manchón granítico de Mérida, con el Paleozoico al norte, Paleozoico que debe ser referido a un Silúrico pizarroso-cuarcitoso concordante con los granitos con los que se pone en contacto.

Morfológicamente, el área corresponde a una penillanura, en la que destacan relieves residuales cuarcitosos muy próximos al yacimiento. El conjunto pizarroso está metamorfozado —metamorfismo de contacto— y representado por pizarras mosqueadas que corresponden tanto a ampelitas como a grauwacas o subgrauwacas, pizarras arcillosas, etc. Atravesando estas pizarras o bien en forma de "sills", se encuentran diques de rocas básicas, porfiritas andesíticas, con las cuales está muy relacionada la mineralización.

El conjunto pizarroso citado y los diques de rocas básicas, están afectados, en lo que al yacimiento se refiere, por una alteración meteórica intensa, con arcillización y sericitización que alcanza niveles relativamente profundos.

Estas pizarras y las rocas básicas se encuentran impregnadas, siendo esta impregnación en forma de niveles litológicos determinados, pero en más estrecha relación con los diques de rocas básicas.

Las discontinuidades de esta mineralización son evidentes, por lo que dentro de estos niveles litológicos hay que hablar de núcleos mineralizados. La disposición de las pizarras es vertical o subvertical, por lo cual estas mineralizaciones siguen en cierto modo esta disposición.

La mineralización uranífera comprende esencialmente autunita y uranocircita, que impregna planos de pizarrosidad y de fracturas, habiéndose encontrado torbernititas en muy escasa cantidad. A estos minerales acompañan piritas residuales y limonitas en mucha mayor cantidad con pequeñas cantidades de cuarzo en forma de venillas intercaladas en las pizarras.

Las acciones supergénicas son muy importantes, como se demuestra con la alteración existente, la cual en cierta manera se traduce en lo bajo del nivel hidrostático, por debajo de 20 m, que origina una oxidación intensa, oxidación de la cual solamente restan las piritas indicadas.

Por lo demás, el yacimiento responde, con algunas variantes, al tipo Ciudad Rodrigo y su proceso genético puede ser explicado lo mismo que aquéllos.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico sobre el cual se implantaron una serie de calicatas que fueron estudiadas y desmuestreadas. Se pasó después a efectuar sondeos de corona, pero ante la irregularidad en la disposición de la mineralización, se pensó que serían mucho más eficaces los sondeos wagon-

drill, por lo cual se llevó a cabo una campaña con malla 10×20, que definió la forma de estas mineralizaciones.

Con el fin de contrastar datos y proceder a un desmuestre más profundo que el de las calicatas, efectuar una correlación radiometría-ley y estudiar la evolución en profundidad de estas mineralizaciones se abrieron dos pocitos, con recortes para definir potencias, que proporcionaron gran cantidad de datos.

#### MANJABÁLAGO-GRAJOS

La roca encajante está constituida por esquistos muscovíticos-biotíticos de la facies esquistos verdes que forman un entrante en V en los granitos adamellíticos de grano medio y grueso situados al sur de los pueblos de San Juan del Olmo y Manjabálagos (Ávila), que se encuentran en la rama occidental de la V.

Los esquistos mineralizados están afectados por metamorfismo regional no muy intenso y sólo localmente pueden apreciarse pequeñas formaciones de neises biotíticos de andalucita.

En las proximidades del contacto hay múltiples formaciones de tipo filoniano de aplitas, pórfidos cuarcíferos, cuarzo y pegmatitas que afectan tanto al granito como a los esquistos con los que están en contacto.

Las aplitas y pegmatitas son muy irregulares, de pequeña potencia, de hasta 40 cm, y frecuentemente zonadas, apreciándose un núcleo de naturaleza aplítica y bordes pegmatíticos, que, en ocasiones, sirven de núcleos donde la mineralización uranífera es más intensa alcanzando leyes muy elevadas, superiores al 7 por 100; en otras, aún presentándose de igual forma, son totalmente estériles, pese a estar mineralizado el esquisto encajante.

La mineralización sigue un arco cuya charnela se sitúa al norte y cuyo eje tiene una dirección N 20-30°. El fondo radiactivo local es de 15-20 microröntgen/hora, que se eleva en la zona del arco hasta 100-150.

La longitud sobre la que aparecen anomalías superficiales, incluyendo las dos ramas del arco, es de unos 200 m. Este arco está deformado por la esquistosidad de la roca encajante adaptándose localmente a ella.

La mineralización uranífera está formada por minerales secundarios de uranio, fosfatos, del tipo torbernitita y autunita, siendo esta última la más abundante. Hay concentraciones locales en diaclasas, planos más finos de esquistosidad y zonas de fracturación más fina.

#### OJARANZO

El yacimiento uranífero localizado en el paraje de Ojaranzo, al norte del Villar del Pedroso, corresponde al tipo pizarras de Ciudad Rodrigo.

Está definido por un golfo que determinan las pizarras metamórficas penetrando en los granitos. El conjunto pizarroso, que se muestra con claro metamorfismo de contacto, está constituido por pizarras con intercalaciones de pudingas de cantos cuarcosos y cemento arcilloso con un nivel de calizas metamórficas de unos 20 m de potencia, que juntamente con otros niveles de pizarras arenosas, parecen representar un conglomerado de base. El yacimiento, propiamente dicho, está situado, estratigráficamente, por encima de la serie citada y consta de pizarras arcillosas, pizarras arenosas, tipos ampelíticos e incluso grauwacas.

En el paraje se delinean bien tres fracturas directrices orientadas al noreste, que compartimentan cuatro bloques de los cuales tres están mineralizados.

En dos de los bloques mineralizados contiguos se pue-

de observar que, mientras en uno de ellos la mayor parte de las brechas son subhorizontales, en el otro son sub-verticales, como si uno de los bloques estuviera a distinto nivel tectónico.

La extensión del yacimiento es grande,  $800 \times 400$  m, y dentro de ella se han puesto de manifiesto unas áreas más mineralizadas que otras.

La mineralización se aloja en brechas constituidas por trozos de pizarras cementadas por arcillas o limonita. Otras veces, la mineralización desborda estas brechas, si son subhorizontales, para impregnar, en planos de esquistosidad y de fractura, adyacentemente, las pizarras a techo y a muro. En algún caso, esta impregnación tiene carácter preferencial sobre niveles litológicos más arenosos y permeables.

La alteración que afecta a estas pizarras es debida a una cloritización, sericitización bien manifiesta y arcillización.

La mineralización uranífera está representada por autunita dominante y torbernita en menor cantidad. A los minerales uraníferos acompañan, además de abundante limonita, sulfuros representados por piritas. Esta pirita, sin embargo, es independiente de la mineralización de uranio.

La génesis del yacimiento responde a procesos análogos a los de las pizarras de Ciudad Rodrigo, por lo cual no se insiste en su exposición.

La investigación realizada comprende el levantamiento de un plano radiométrico, en el cual se procedió a marcar una serie de calicatas en número elevado, más de 100, para con los resultados obtenidos ejecutar una campaña amplia de wagon-drill, cuyos sondeos permitieron una interpretación del yacimiento delimitando en profundidad las áreas mineralizadas. Tanto para un contraste de datos como, fundamentalmente, para establecer una correlación radiométrica, se procedió a la apertura de pocitos de investigación al nivel -10-15 m, en los que se realizó un estudio de la mineralización en profundidad, del cual se obtuvieron los datos necesarios para la indicada correlación.

La prospección geofísica realizada anteriormente permitió definir los rasgos estructurales de este área. La superposición del plano radiométrico a la interpretación de la geofísica ayudó mucho a esta investigación, confirmando que sólo hay una relativa correspondencia de la radiometría de superficie con la mineralización en profundidad.

#### EL GUIJO

El yacimiento de El Guijo está localizado en el límite de las provincias de Avila y Salamanca. Su hallazgo corresponde a la extensión de los trabajos de prospección en la zona occidental de Avila, que se hicieron con el fin de definir la posibilidad de encontrar yacimientos similares en riqueza a las pizarras tipo Ciudad Rodrigo, ya que las condiciones geológicas de penillanurización, tectónica, etc., son análogas.

En efecto, por el momento, la mineralización abarca un contacto granito-pizarra y los pocos datos que se poseen inducen, dado lo reciente de su descubrimiento, a clasificarlos dentro del citado tipo Ciudad Rodrigo.

Sin embargo, el contacto granito-pizarra no es directo, sino por intermedio de neises y la mineralización no se restringe a la pizarra, sino que abarca a las tres clases de rocas.

Es, sobre todo, un rasgo distintivo el que una buena parte del yacimiento encaja en granito alterado, cosa que no sucede nunca en Ciudad Rodrigo, aunque las pizarras mineralizadas están próximas al contacto.

#### MOLINA DE ARAGÓN

Las anomalías localizadas en las proximidades de Molina de Aragón están situadas principalmente en terrenos paleozoicos y triásicos, apareciendo las primeras en el afloramiento que se encuentra al noroeste de Molina de Aragón.

El Paleozoico está fundamentalmente constituido por una alternancia de pizarras, areniscas y cuarcitas con claro dominio de las primeras presentando características muy diferentes y existiendo variedades carbonosas, arcillosas y silíceas; las cuarcitas aparecen en potentes bancos que forman los típicos crestones por su mayor resistencia a la erosión. Estructuralmente, el Paleozoico forma un gran anticlinal muy fracturado y parcialmente arrasado, cuyo eje sigue una dirección NO-SE.

Desde el punto de vista uranífero, la formación más importante, dentro del Paleozoico, está constituida por un potente manto de tobas riolíticas, que es donde, hasta el momento, han aparecido las principales anomalías radiactivas y que presentan colores claros, amarillentos o blanquecinos, aunque, a veces, por alteración, tienen fuertes tonalidades rojizas. El tamaño de los elementos de la toba es muy variable, desde cenizas muy finas a auténticos conglomerados con cantos de diversa naturaleza. En ocasiones, las tobas, debido a procesos de metamorfismo, toman el aspecto de una arenisca, siendo difícil, Macroscópicamente, descubrir su verdadera naturaleza.

En esta zona paleozoica se ha realizado una prospección detallada que tuvo como consecuencia el poner de manifiesto varias anomalías radiactivas sobre las cuales se ha puesto en marcha un plan de calicatas con resultados prometedores.

Como ya se indicó, también han aparecido algunas anomalías radiactivas en la banda triásica que pasa por Molina de Aragón, localizándose las principales manifestaciones muy cerca de los pueblos de Mazarete y Solanillos, y siempre en niveles de areniscas.

#### MINA DE CABRA BAJA. BADAJOZ

La mina de Cabra Baja está situada en la hoja 1:50.000 número 852, en el paraje del mismo nombre, próxima a la carretera que va de Villanueva del Fresno a Oliva de la Frontera, al sur de la provincia de Badajoz.

La mineralización aparece en el borde del sinclinorio silúrico Encinasola-Santaolalla de Cala, muy próxima a la falla inversa que separa esta formación del Cámbrico; el Devónico, aún no estudiado suficientemente, es importante en la geología de conjunto de la zona. Un granito hercínico no aflorante sería la causa de la fuerte albitización y del metamorfismo de contacto de las pizarras existentes.

Una brecha muy potente de neises albiticos y de andesita, alineada en dirección norte-sur, es la roca encajante y su origen se debería a una fractura que ha debido rejugar varias veces. El mineral está siempre en la parte más superficial de la brecha en cuestión, en relación con materiales muy meteorizados y según estructuras de segundo orden a techo y a muro de la misma, y presenta potencias muy variadas y buzamientos muy fuertes al este. Su profundización máxima oscila entre los 20 y los 35 m, siempre sobre el nivel freático del área que se estudia y dibujando suavemente su límite inferior la topografía local.

La mena uranífera está constituida fundamentalmente por minerales de uranio, asociados a arcillas y limonitas, y por torbernita, si bien existen también otros fosfatos del metal en cuestión, como son la sabugailita, la autunita y la

basetita. Oxidos de hierro, sulfuros de este elemento y de cobre y carbonatos, éstos últimos en los niveles más bajos, figuran también como minerales acompañantes.

La fuente de las mineralizaciones secundarias de la zona, las únicas que tendrían algún interés, sería el uranio primario asociado a las dos fases de albitización existentes, en formas microscópicas en la inicial o "lit par lit" y macroscópico (brannerita y davidita) en la discordante y masiva. Se originarían aquéllas siempre que las condiciones físico-químicas del medio receptor de las aguas uraníferas fueran las apropiadas, circunstancias que se dan ampliamente en la brecha de que se habla.

Los trabajos realizados son muy variados y van desde la prospección autoportada, que descubrió el indicio, hasta las labores mineras de investigación y de explotación propiamente dicha. Entre ambos extremos está la prospección a pie y la sistemática, la ejecución de registros y de sondeos con wagon-drill y de testigo, la geofísica y la geoquímica.

El tonelaje y la ley calculados antes de abrirse la mina se han mantenido, en términos generales. De las 65.000 toneladas a extraer inicialmente con ley del 1,50 por 100 de  $U_3O_8$ , se han explotado más de 50.000 con el 1,51.

#### CONJUNTO DE INDICIOS URANÍFEROS EN LOS PARAJES LA ESCALERUELA, LA TORERA, EL BRAVO, EL CASTILLO Y TALERO, CORRIDA DE ENCINASOLA (HUELVA)

La corrida uranífera de Encinasola se ubica en el sinclinorio ordeviciense-silúrico Villanueva del Fresno (Badajoz)-Santa Olalla de Cala (Huelva). El Cámbrico se localiza en dos bandas, al norte y sur del antedicho sinclinorio.

El Ordoviciense-Silúrico es transgresivo sobre el Cámbrico y se limita por dos fallas inversas: la denominada de Monjuana-Hinojales en la zona norte y la llamada de Corterrangel-Cortclazar al sur. El Ordoviciense comienza con una serie conglomerática discordante sobre el Georgiense y el Acadiense para terminar en el Silúrico integrado por grauwacas progresivamente más silíceas; se encuentran representados tanto el Ordoviciense inferior, Arenig, como el medio y superior, Llandeiliense y Caradociense y, probablemente, está también presente todo el Silúrico.

En la zona parece que el Infracámbrico es más extenso que lo supuesto hasta ahora y también el Devónico adquiere más desarrollo que el previsto en la cuenca ordovícico-silúrica.

La estructura es compleja y representada por un basamento antiguo de gran rigidez afectado por dos fases de plegamiento: una antevisense, movimientos bretónicos y sudéticos casi exclusivos, que originarían pliegues isoclinales complicados por la presencia de esquistosidades, fenómenos metamórficos, intrusiones sintectónicas y rocas volcánicas, y otra postwesfaliense, movimientos astúricos principalmente, sería de compresión y durante ella se formarían los macizos granodioríticos de la zona por una probable removilización de los materiales cratónicos, todo lo cual complicaría aún más las estructuras anteriores.

La prospección radiométrica realizada permitió el encuentro de una serie de anomalías sobre parte de las cuales se levantaron los correspondientes planos radiométricos, con cuyos datos, como base, se implantaron calicatas que fueron abiertas, estudiadas y desmuestreadas: La Escaleruela, La Venta del Ciervo, La Torera, El Bravo, El Castillo y Talero. En algunas de estas (Talero, Las Escaleruelas) se han realizado investigaciones en profundidad mediante perforaciones con wagon-drill (Talero) y con este tipo de son-

deos y de testigo en Las Escaleruelas. En el paraje La Torera se realizaron sondeos de corona.

La corrida uranífera de Encinasola tiene una longitud, con todas las discontinuidades lógicas, de 80 km, localizándose muy próxima al borde norte del sinclinorio ordoviciense-silúrico-devónico. Las relaciones con fracturas secundarias subparalelas a las directrices parecen evidentes. Las series litológicas están constituidas por esquistos grisáceos progresivamente más oscuros en la base, en la serie intermedia se aprecia una alternancia de pizarras ampelíticas y liditas negras con lentejones calizos y dolomíticos, presentando esta serie numerosos pliegues de arrastre. Por último, la serie terminal está constituida por grauwacas, con intercalaciones carbonosas cada vez más silíceas que pueden pasar a cuarcitas.

La radiometría de la serie central es la más elevada, localizándose en las proximidades del techo de las pizarras grises y en los episodios de grauwacas; se asocian algunas de estas anomalías a planos de fracturas hematizadas o bien en relación con diques de rocas básicas y, en algún caso (La Torera), no hay relación entre anomalías en superficie y en profundidad.

La mineralización uranífera está representada por torbernita dominante y autunita, tyuyamunita y carnotita menos frecuentemente; son muy profusas las manchas de carbonatos de cobre. En algún caso (La Torera), además de los minerales citados existe renardita y como minerales asociados galena, pirita, calcopirita, otros sulfuros de cobre y baritina.

#### MALGRAT

En la provincia de Barcelona y por las proximidades de Malgrat y Pineda existen tres afloramientos de pizarras silúricas, de los cuales el más cercano a Malgrat es el que quizá ofrezca un mayor interés desde el punto de vista uranífero. Se trata de un resto de la antigua formación paleozoica que cubría las masas graníticas de la cordillera litoral catalana.

Las pizarras silúricas de esta zona son muy oscuras, compactas, bastante carbonosas y se presentan intensamente tectonizadas, habiendo aparecido entre ellas varias zonas con una radiactividad relativamente elevada.

En general se aprecia que la concentración de uranio va ligada a las zonas de mayor fracturación y diaclasamiento, zonas que, por otra parte, son más susceptibles de alterarse y de permitir la penetración más intensa de los procesos de limonitización.

De todo esto y del posible desarrollo en profundidad de los anteriores procesos de fracturación y alteración pueden depender las posibilidades de esta zona.

En las pizarras de Malgrat se ha efectuado una prospección detallada, así como varias calicatas con la consiguiente toma de muestras, cuyos análisis han puesto de manifiesto unos contenidos superficiales de uranio poco importantes.

#### SANTA CREU DE OLRDE

En las inmediaciones de la iglesia de Santa Creu de Olorde, al oeste del Tibidabo, en la provincia de Barcelona, existe una pequeña formación silúrica coronada por potentes bancos de calizas devónicas.

El Silúrico está fundamentalmente constituido por pizarras negras, arcillosas y bastante carbonosas, en general muy diaclasadas, surcadas por múltiples fracturas, siendo su plegamiento muy intenso.

Las calizas devónicas, que forman la parte superior de algunos cerros de la zona, son masivas, compactas y a veces marmóreas. Sus tonos suelen ser claros, amarillentos o blanquecinos, aunque en algunos casos aparecen teñidas por abundantes óxidos de hierro.

En una cantera próxima a la iglesia antes citada y dentro del Silúrico se localizó una fractura brechificada de cerca de 1 m de potencia que mantenía una radiactividad muy alta. La fractura, que presenta un buzamiento aproximado de 50° al norte, tiene un desarrollo superficial visible de unos 300 m, con una radiactividad relativamente elevada en superficie.

En toda la zona se ha realizado una prospección muy detallada, con toma de numerosas muestras en distintos lugares para su posterior estudio.

#### GAVÁ

Al suroeste de Barcelona, y en las proximidades de Gavá, existen unos pequeños afloramientos devónicos que presentan cierto interés desde el punto de vista uranífero.

El Devónico está constituido, en su base, por una potente serie de calizas masivas de tonos claros, entre los que aparecen algunas pequeñas intercalaciones margosas. Sobre las calizas masivas aparece una serie de pizarras arcillosas, poco metamorfizadas, de colores muy variados pero siempre con tonos oscuros, verdes o rojizos.

Dentro de la formación devónica existen bancos o bolsadas de calizas muy ferruginosas, a veces cavernosas, en las que se producen con frecuencia considerables concentraciones de limonita terrosa fuertemente radiactiva. Es precisamente en estos bancos ferruginosos donde se han encontrado las principales anomalías radiactivas de la zona unas veces en forma de tales bancos y otras como bolsadas de muy variadas dimensiones.

En esta zona se han realizado trabajos de prospección así como varias calicatas con la consiguiente toma de muestra y análisis, algunos de los cuales confirmaron la presencia de cantidades apreciables de uranio.

### **3. PROSPECCION E INVESTIGACION DE INDICIOS Y YACIMIENTOS**

### 3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La preocupación primordial para montar cualquier campaña de prospección es la selección de las áreas donde, teóricamente, puede ser más rentable la utilización de los medios de que se dispone en cada momento. La experiencia de los indicios ya encontrados en la zona, la metalogía del mineral buscado y las relaciones genéticas del mismo con ciertas rocas encajantes son los factores a considerar por los geólogos.

Las técnicas puestas a punto, y utilizadas sistemáticamente en los trabajos, abarcan todas las empleadas normalmente por los países con tradición en esta forma de investigación minera. Como se tendrá ocasión de ver más adelante, en las fases de prospección general y regional se aprovecha la cualidad radiactiva de los minerales de uranio realizando radiometría a pie a diferentes mallas, autoportada utilizando vehículos todo terreno y prospección aérea, con el montaje en esta última de campañas anuales de cuatrocientas-quinientas horas de vuelo que cubren áreas de hasta 40.000 Km<sup>2</sup>.

Como auxiliares de la misma prospección y en la investigación de los indicios encontrados se emplean, sistemáticamente, técnicas como la fotogeología, geofísica, geoquímica, emanometría, sondeos de wagon-drill y de corona de diamante, labores de investigación y explotación minera y el estudio a fondo de las muestras recogidas en los laboratorios de mineralogía y análisis.

En lo que se refiere al orden en que se han prospectado los distintos tipos de terrenos, se ha seguido una línea paralela a los demás países, que coincide, por otra parte, con la evolución de los conceptos geológicos sobre la génesis del uranio en los mismos. Después de investigar, lógicamente, los yacimientos ya conocidos para el beneficio del radio, se llevó la prospección desde las pegmatitas a los batolitos graníticos y de aquí a las pizarras situadas en la orla metamórfica más próxima al contacto y, por último, se están prospectando ciertos terrenos sedimentarios de origen continental donde se han encontrado ya interesantes indicios.

En los yacimientos primeramente considerados, es decir, los relacionados con el estrato cristalino español, su principal característica diferencial con los restantes yacimientos de la provincia hercínica europea es el estado de alteración supergénica predominante, habiendo actuado como factor importante la sequedad del clima, con el consiguiente descenso del nivel hidrostático y la consecuencia inmediata de extender la alteración a mayor profundidad.

## 3.2 PROSPECCION DEL URANIO; METODOS Y TECNICAS

### 3.2.1 PROSPECCION

Ni que decir tiene que la herramienta fundamental en la prospección de yacimientos de uranio es la geología, a

través, sobre todo, del ambiente en que se localizan las concentraciones naturales de este metal en el mundo, buscando condiciones análogas a las que se conocen por experiencia en el extenso fichero que ofrecen los muy variados tipos en que se manifiesta este elemento tan móvil, mediante la selección de una litología, tectónica y morfología variables para la concentración del uranio. También hay que tener en cuenta las condiciones físico-químicas que coadyuvan al proceso mineralizante, así como las modificaciones de todo tipo, en la evolución del ambiente geológico, que pueden conducir a la destrucción de los ya formados.

El concepto de prospección de minerales radiactivos necesita ser precisado, pues si bien en cualquier idioma el término prospección envuelve la idea de búsqueda, pesquisa e incluso investigación de minerales, para unos queda limitada a la localización de yacimientos en superficie, mientras para otros llega hasta el trabajo de máximo detalle, que precede inmediatamente a la cubicación. En realidad, la diferencia de estas concepciones estriba en la colocación próxima o remota de la meta; en este caso se limita a situar las anomalías radiactivas con alguna posibilidad, dejando a los trabajos de investigación el objetivo de encontrar y definir el grado de esa posibilidad, localizando hasta la última veta mineralizada.

En todo caso, el desarrollo de un programa de prospección e investigación de yacimientos en un área determinada supone la ejecución de unas tareas sucesivas con las que se pretende alcanzar una mayor precisión en el conocimiento de los yacimientos existentes; se trata de una tarea continua y progresiva que, sin embargo, se supone dividida en una serie de etapas características, con métodos y procedimientos específicos, que conducen por aproximaciones sucesivas a la localización, selección y primera valoración de las anomalías radiactivas. De estas etapas se dará una somera descripción indicando las particularidades de cada una de ellas.

En la prospección del uranio se califican frecuentemente de "clásicos" a unos métodos y sistemas relativamente recientes y que están en constante evolución y perfeccionamiento; no se dispone de rígidos códigos normativos, cuya aplicación se aproxime a la infalibilidad, pero son muy notorios los progresos en orden a un mayor valor y significación en las orientaciones.

Uno de los factores que ha tenido decisiva influencia en la prospección de radiactivos ha sido el gran desarrollo de las técnicas apropiadas, junto a la experiencia acumulada en la utilización de dichas técnicas y al enorme acopio de datos adquiridos sobre yacimientos de diversos tipos, que ha conducido al mejor conocimiento de los procesos genéticos y a la posibilidad de seleccionar áreas de mayor interés, pero sigue siendo perentoria la necesidad de revisar las ideas a través de un constante intercambio de informaciones y experiencias. En el Congreso de Viena

organizado por la AIEA, celebrado durante el mes de abril de 1970, aparecían perfectamente enfocadas estas cuestiones y la preocupación de encontrar en el mundo nuevos yacimientos que puedan resolver el acuciante problema de la demanda de materiales radiactivos para la industria.

### 3.2.2 ETAPAS DE PROSPECCION

En el caso de minerales radiactivos, el empleo habitual e inexcusable de detectores y aparatos de medida de la radiactividad ha conducido a una casi total identificación de la idea de prospección en sentido general y la radiometría en campo. No obstante ser la radiometría un medio excepcional, no lo es todo en sí misma, ya que es totalmente necesario el que vaya precedida de un estudio geológico que haga razonar la aplicación de las técnicas; además es también el estudio geológico el que al final debe de valorar, coordinar e interpretar los datos adquiridos.

#### 3.2.2.1 Primera etapa: prospección general

En una organización racional del trabajo esta etapa constituye la base elemental y punto de partida para la elaboración del programa de prospección de un país. No admite otra limitación de campo que la propia del territorio nacional de que se trate y su fin es la selección de áreas regionales con características propicias para la existencia de mineralizaciones, de uranio en este caso particular.

Es propio de ella la extensión y no la intensidad o detalle. El estudio radiométrico de campo es de carácter secundario, aunque tiene cabida en forma de medidas del fondo radiactivo típico de los terrenos más importantes (figura 3.2-1); en cambio, son fases fundamentales el estudio de gabinete, con la preparación y análisis de la cartografía y bibliografía, tanto generales como especializadas, y el estudio geológico de campo mediante la realización de itinerarios y largos recorridos de información sobre el terreno.

#### 3.2.2.2 Segunda etapa: prospección regional

El campo de trabajo propio de esta etapa son las áreas, normalmente de extensión considerable, que han sido destacadas por el proceso selectivo propio de la prospección general. Los límites de estas zonas no son de ordinario demasados netos, y la fijación de los contornos es una de las consecuencias del desarrollo de la prospección regional.

En el orden de marcha por aproximaciones sucesivas, compete a la prospección regional la localización de unidades menores con anomalías radiactivas comprobadas, que han de constituir el ámbito de la prospección sistemática. No es en este caso suficiente la determinación teórica de polígonos con condiciones propicias, sino que han de ser localizadas anomalías e indicios radiactivos, aun cuando no se haga de ellos sino una primera discriminación por importancia. No solamente han de extraerse de esta etapa las orientaciones para el trabajo futuro, sino también datos para establecer la categoría del mismo, que en el caso de un resultado negativo conducirá a la suspensión de toda actividad de detalle. Tiene, por tanto, una función económica del mayor interés si se tiene en cuenta que una prospección de este tipo, mantenida en los justos cauces, es mucho más barata que las siguientes etapas. Puede ocurrir que, ante los resultados negativos, se vaya aumentando gradualmente la densidad de las mallas de radio-

metría hasta hacerla convertirse en una prospección de detalle, pero esto es un error técnico (figura 3.2-2).

En esta etapa las actividades generales de gabinete y laboratorio, observación de campo y radiometría, tienen fisonomía propia perfectamente definida, que es necesario conocer para mantener constantemente las tareas dentro de la escala que les corresponde. El trabajo de gabinete, centrado en la consulta bibliográfica, preparación de la cartografía, previsión y preparación de itinerarios y en la reconsideración de los datos que se vayan adquiriendo, estudio de algunas muestras, etc., difícilmente puede llevarse al ritmo requerido en la práctica, ya que continuamente es arrastrada la atención por las restantes tareas; en todo caso nunca puede considerarse como un exceso el mejor conocimiento geológico de la zona, de lo que se beneficiará todo el programa.

Muchos de los datos que pueden extraerse de otros trabajos, incluso de las labores mineras, pueden ser de gran utilidad para conocer el comportamiento de los enriquecimientos uraníferos, y ello tiene aplicación y aprovechamiento en la orientación de la prospección regional.

Finalmente, una prospección regional correctamente efectuada debe permitir, y de hecho permite, limitar la aplicación de la prospección sistemática a ciertos polígonos seleccionados que dan información suficiente, a modo de muestreo, sobre el total de la superficie en estudio.

Los objetivos esenciales del trabajo de gabinete y campo quedan resumidos en lo siguiente:

- Comprobar y corregir las líneas generales de los contactos para la elaboración de una cartografía a escala 1:200.000.
- Constatar los fondos radiactivos característicos de los distintos terrenos típicos de la región.
- Comprobar la posible asociación de manifestaciones uraníferas en rocas graníticas a determinadas diferenciaciones y tipos de las mismas.
- Definición de las principales series de fracturas y unidades estructurales.
- Observación más detallada de algunos complejos tectónicos y su posible relación con algunos enriquecimientos.
- Recolección de muestras petrográficas para su estudio detallado en el laboratorio correspondiente.
- Recogida de muestras mineralizadas y de rocas encajantes.
- Obtención de datos para una síntesis de la evolución geológica regional.

Además de la prospección radiométrica de campo, antes indicada, es propio de esta etapa de prospección la ejecución de programas de prospección aérea y las redes de itinerarios de prospección radiométrica en coche.

La prospección aérea se utiliza habitualmente de tres formas: la primera, que se denomina estratégica, tiene por fin el seleccionar las áreas que han de ser objeto de una futura prospección detallada; la prospección sistemática es una fase más avanzada, su fin es el de localizar zonas con indicios radiactivos y se realiza en forma de líneas de vuelo paralelas espaciadas entre 500 y 1.000 m, cuya densidad es fijada por las formaciones geológicas que se sobrevuelan.

Tanto en la prospección estratégica como en la sistemática se efectúa navegación visual utilizando como cartografía de base el mapa topográfico nacional a escala 1:50.000.

## INVESTIGACION EN SUPERFICIE. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE PLANO RADIOMETRICO

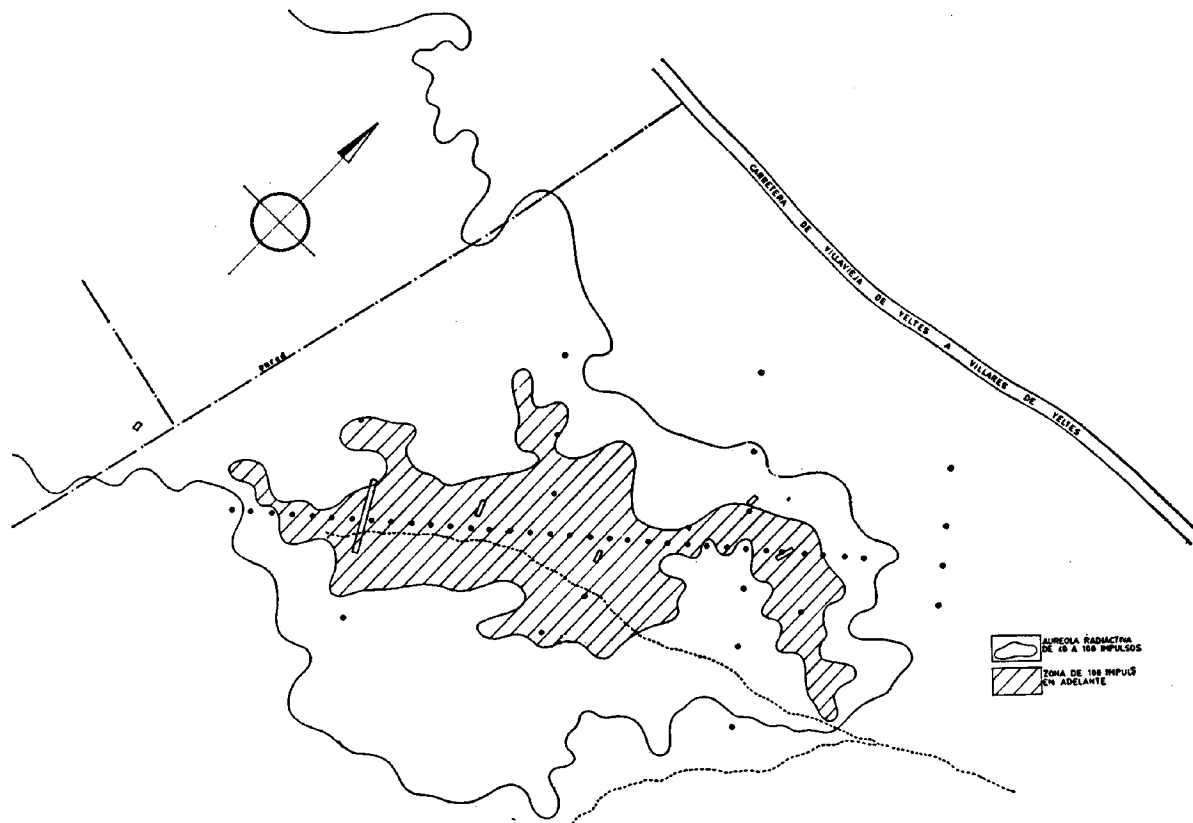


Figura 3.2-1

En la zona interior, de radiactividad más intensa, se advierte una dirección estructural preferente y varias secundarias. La isorrádica externa que separa el enriquecimiento del fondo normal no suele ser representativa del desarrollo del yacimiento y, en su configuración y desarrollo, influyen factores extrínsecos, tales como la topografía, la esquistosidad, diaclasado, etc.



INVESTIGACION EN SUPERFICIE. PLANO RADIOMETRICO DE IMPREGNACIONES EN GRANITO MUY TECTONIZADO

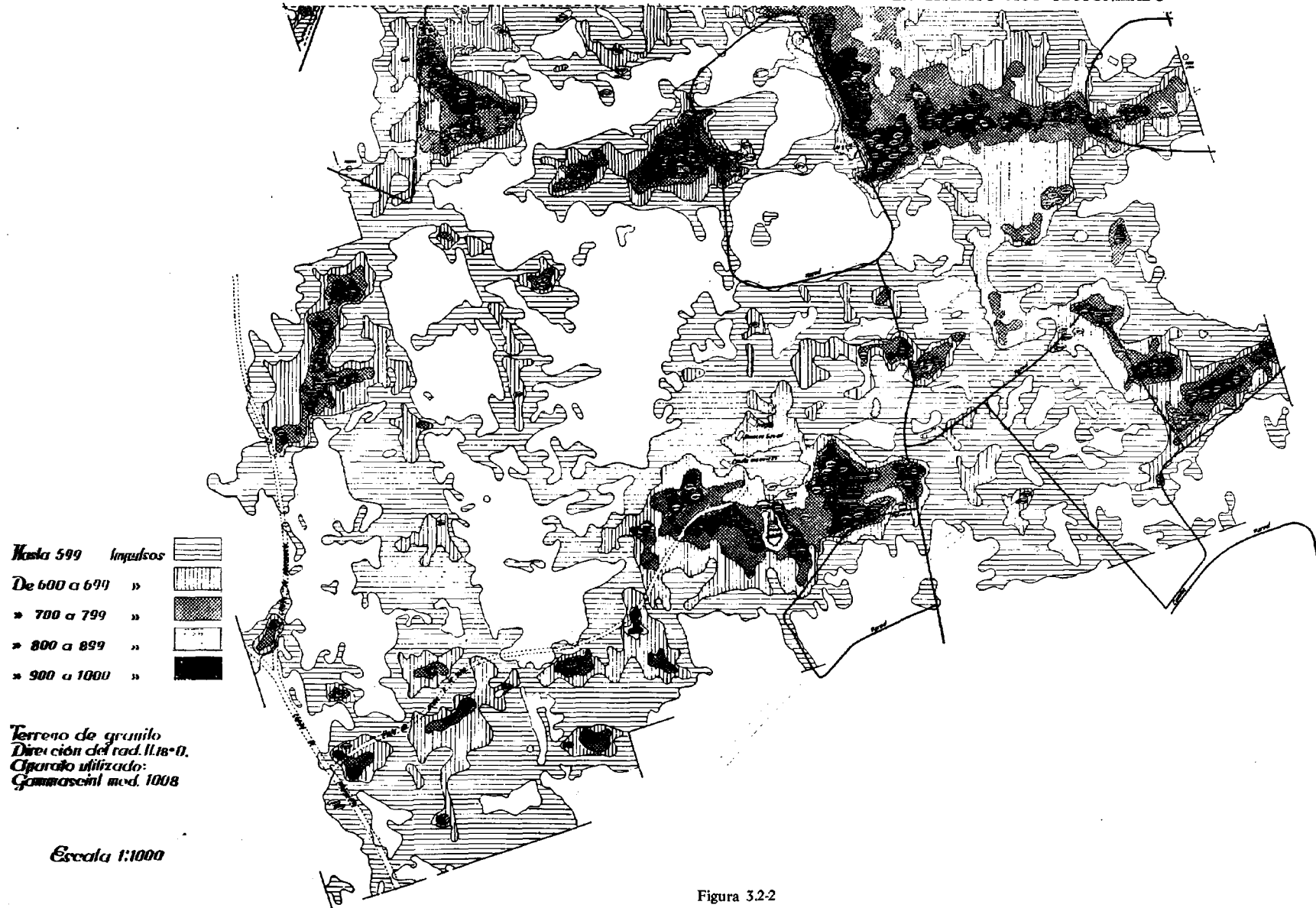


Figura 3.2-2

Las líneas de nivel radiométrico menor vienen influidas por las direcciones del trazado de itinerarios y por las pequeñas diferencias de sensibilidad del aparato de medida de una a otra jornada; el resultado son bandeados ortogonales. Las manchas radiométricas más intensas y significativas son independientes de dicho error, y dan idea más exacta de las direcciones posibles de las estructuras.

Por último, la prospección detallada se realiza sobre las áreas seleccionadas en prospección sistemática y el espaciado de las líneas de vuelo es de 200 a 500 m, precisándose el empleo de una cámara fotográfica para identificar las líneas de vuelo.

Además de la información radiométrica que suministre el equipo de vuelo, integrado por geólogos y técnicos superiores, existe otra sobre las características de las formaciones geológicas favorables objeto del reconocimiento y que son objeto de una cartografía sobre foto aérea, lo que permite seleccionar áreas que, por razones de afloramiento, no han presentado anomalías aéreas.

Las ventajas que ofrece sobre los métodos tradicionales son:

- La rapidez de información (permite cubrir al año unos 40.000 Km<sup>2</sup>).
- Costo bajo (aproximadamente de un medio a un tercio de la prospección a pie a igual malla).
- Mayor recubrimiento radiométrico.

Resulta innecesario describir con detalle el método de prospección autoportada que, como su nombre indica, es el trabajo radiométrico efectuado mediante itinerario sobre un coche equipado con un escintilómetro sensible. La calidad de esta prospección viene condicionada por la red de pistas y caminos existentes en un área, así como por la viabilidad de los mismos. Normalmente, en una prospección autoportada se combina el trabajo radiométrico y la observación de campo, incluso resulta recomendable el aprovechar los trayectos para efectuar alguna excursión a pie que permita reconocer las formaciones geológicas principales.

### 3.2.2.3 Prospección sistemática y detallada

Caracteriza la prospección sistemática la aplicación de una radiometría a pie según un sistema mecánico rígido, previamente establecido, y que se mantiene en tanto permanecen las circunstancias que lo condicionan.

La prospección detallada es semejante a la prospección sistemática, si bien supone la utilización de mallas radiométricas más estrechas y, sobre todo, la elasticidad en el sistema a favor de una obtención del mayor número de datos posibles no sólo radiométricos, sino de los caracteres geológicos que ayuden a la interpretación de los afloramientos radiactivos. Así, en este tipo de prospección debe existir un control geológico continuo de todos los caracteres significativos, los cuales, como puede suponerse, son distintos según la naturaleza del terreno sobre el que se trabaja.

## 3.2.3 GEOQUIMICA

Paralelamente al estudio radiométrico y geológico de las formaciones, es de extraordinario interés la aplicación del estudio geoquímico, que es un método con caracteres propios y cuyo empleo puede efectuarse desde las etapas más generales hasta la misma investigación de cuerpos mineralizados.

La aplicación técnica de la Geoquímica a la investigación minera está basada en el estudio de las variaciones significativas de la composición química de materiales naturales, fácilmente accesibles, causadas por fenómenos de dispersión en las cercanías de yacimientos minerales (figura 3.2.3).

Surge la conveniencia de su aplicación cuando al técnico se le exige buscar yacimientos cada vez más ocultos o correspondientes a elementos de los que apenas existen

minerales propios, por lo que ha de recurrir a métodos que le permitan detectar el elemento en concentraciones muy inferiores a las necesarias para constituir mineral visible.

Es característica primordial de la investigación geoquímica tratar el elemento por el elemento; es decir, si se quiere torio se considerarán concentraciones de torio, sin posibilidad de confusión con otros elementos de propiedades físicas análogas.

Como las anomalías pueden deberse a muchas causas o no ser lo suficientemente significativas para el elemento buscado, se hace imprescindible la consideración de otros elementos acompañantes, alguno de los cuales poseerá características más específicas en relación con el proceso de génesis.

El uranio es un elemento de gran aptitud para formar compuestos solubles en las aguas de las zonas superficiales de la corteza terrestre. Su fácil transporte bajo la forma de hidróxidos y de complejos, estables en una gran gama de pH, le permite una gran dispersión; a veces esta gran difusión hace preciso el empleo de otros elementos para determinar las razones de aparición.

La interpretación del significado de los resultados químicos analíticos obtenidos de las muestras de rocas, suelos, plantas, aluviones y aguas de profundidad o superficie, depende tanto de la sensibilidad de los métodos de análisis como del conocimiento de las concentraciones normales de tales elementos.

### 3.2.3.1 Modalidades de aplicación

Uno de los factores más importantes es la toma de muestras, la cual adquiere modalidad característica con facetas propias en relación con el objetivo perseguido, como son la extensión y características del terreno, posibilidades de empleo de determinados materiales, elementos que es necesario valorar y, en general, cuanto determina la situación.

A este tipo de trabajos se les ha dotado de un carácter de progresividad imprescindible para economizar tiempo y dinero, factores fundamentales que van a gravitar constantemente sobre el empleo de la técnica. Así, se parte de grandes mallas para las zonas desconocidas, que se recorren en automóvil, para pasar por las de a pie y llegar al orden del metro cuando está localizada la zona interesante.

Se han catalogado las modalidades en:

**Prospección geoquímica de exploración general:** se realiza para apreciar rápidamente las posibilidades de una región poco conocida, determinando a gran escala las zonas que sean favorables por su contenido anormal, sin que su objeto sea el de trazar curvas isonómalas.

La técnica empleada es la hidrológica, partiendo de los ríos principales y llegando a los manantiales; pero, por las características de nuestro país, hay que reforzarla y aun suplirla con toma de aluviones en cauces, a poder ser cada dos kilómetros.

Durante la campaña de rutina, la toma de muestras se efectúa por un prospector equipado de vehículo ligero, debiendo poseer una experiencia profunda de los terrenos utilizados, a fin de poder elegir los puntos de toma de muestras interesantes y significativos.

### 3.2.4 EMANOMETRIA

Paralelamente a la prospección y al estudio geoquímico de las anomalías radiactivas se dispone de una técnica que puede resultar de gran utilidad en ciertas áreas; se

## INVESTIGACION EN SUPERFICIE

### ESQUEMA DE UNA PORCION DE P.BARRENA DE V.DE PERALONSO

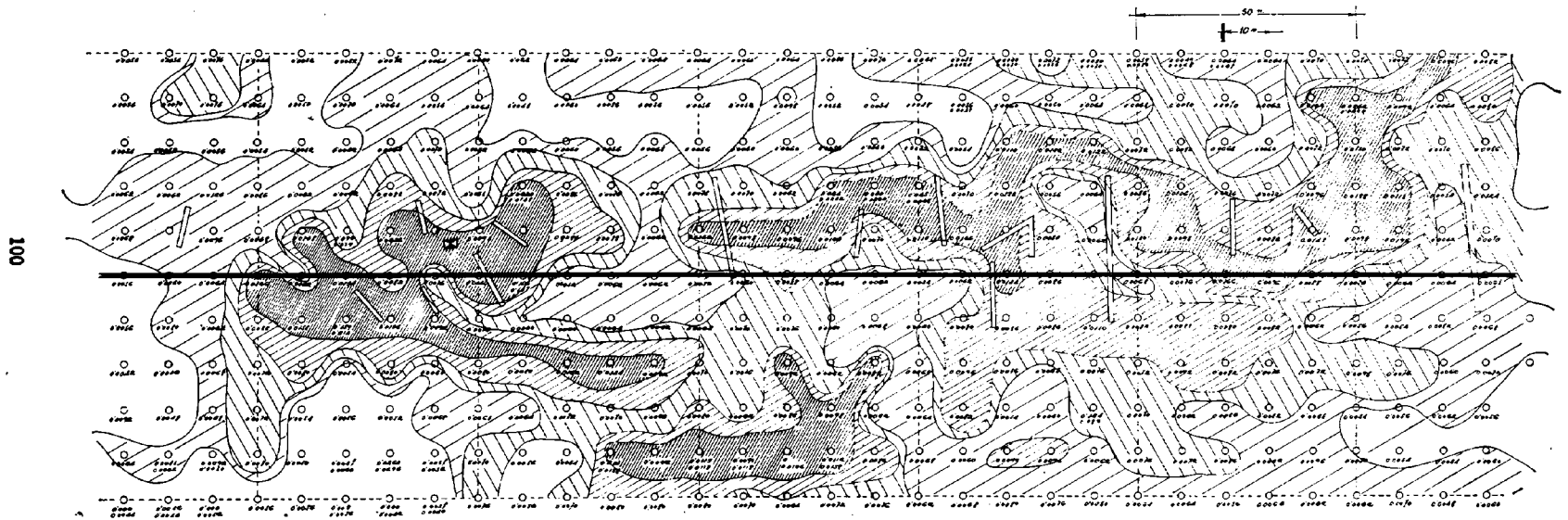


Figura 3.2.3

Mapa de curvas obtenidas a partir del análisis químico de muestras tomadas con perforaciones de barrena a 1.50 m. de profundidad; se utiliza en algunos casos en que el suelo de recubrimiento impide ver el afloramiento de un filón

trata de la emanometría, la cual debe desarrollarse paralelamente a la geoquímica. Para ello se aprovecha la particularidad de que el radón producido en la desintegración del radio es un gas noble muy difundible a través de materiales porosos, de forma que puede recolectarse en someros agujeros sobre la cobertera y medirse la cantidad por el clásico método de la escintilación de sus partículas alfa al incidir sobre sulfuro de cinc activado con plata metálica, y con ello puede obtenerse información de la existencia de radio e indirectamente de uranio, en profundidad.

En las estaciones establecidas a lo largo de las fracturas marcadas por fotogeología, se puede llegar a encontrar tramos con mayor emanación de radón, que denuncien la existencia de masas más conservadas en las que el uranio esté sin lixiviar. Esto hace posible detectar mineralizaciones profundas en las cuales el coeficiente de emanación es bajísimo, por lo que es preciso una gran sensibilidad en los aparatos, habitualmente preparados para trabajar sobre recubrimientos de poco espesor y con el contraste que presentan las fracturas frente al material cristalino en el que encajan. Un caso difícil se presenta al movernos sobre un país cárstico con desarrollada red subterránea y potente hidrología, lo que obliga al diseño de aparatos que sean capaces de detectar con fidelidad dos desintegraciones por segundo, orden en el que se estima el fondo, y en el cual las anomalías significativas serán del orden de 100 desintegraciones por segundo.

Teniendo en cuenta la gran solubilidad del radón en el agua, las medidas se realizarán dejando pasar un tiempo prudencial después de las precipitaciones atmosféricas.

### 3.2.5 LABORATORIO DE MINERALOGIA

Otro centro muy importante lo constituye el laboratorio de Mineralogía en sus distintas vertientes de ayuda a los geólogos de campo, recopilación y puesta al día de las últimas tendencias metalogénicas, además del trabajo de investigación. Utiliza, junto a las técnicas comunes de determinación de minerales, las específicas de radiactivos. Entre las más importantes se hallan: microscopía por transparencia y reflexión, con reflectividad y durimetría; microquímica, análisis térmico diferencial, determinaciones densimétricas, medidas de porosidad de rocas, valoración de potenciales pH y Eh, autorradiografías y estudios de desequilibrio de minerales radiactivos, mediante contaje y análisis de espectros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . Las determinaciones químicas cuantitativas, así como la espectroscopía de rayos X y la de fluorescencia por rayos X, se obtienen en laboratorios adecuados.

### 3.2.6 INVESTIGACION DE YACIMIENTOS

En lo que se refiere a la investigación de yacimientos mediante sondeos y labores mineras, si bien la División de Investigación Geológica dirige la implantación de los reconocimientos y se encarga de obtener todos los datos de las características, no sólo morfológicas, sino de relación con la roca encajante, paragénesis, origen de la mineralización, tipo de la misma, etc., la ejecución técnica de estos trabajos es realizada por la División de Investigación y Explotación Minera, y, gracias a la íntima colaboración entre ambas, dentro de la Dirección de Geología y Minería, se consigue la eficacia necesaria, tanto en lo que se refiere a la rapidez, como a los medios necesarios y la economía imprescindible. No debe insistirse demasiado en las características de estos trabajos, pues son comunes a toda minería metálica, si se exceptúan las

leyes que son muy bajas (normalmente con valores del 1 y el 2 por 1.000 de contenido del todo-uno en  $U_3O_8$ ), pero cuya vigilancia viene facilitada por el poderoso auxiliar que representa la radiometría, siempre que se utilice con las debidas precauciones, a que ya antes se ha aludido, de la correlación y desequilibrio.

### 3.2.7 EVALUACION DE RESERVAS

En la etapa final de la investigación, que consiste en la evaluación de reservas del yacimiento: tonelaje de mineral, ley y contenido de uranio metal, también interviene la D. I. G. Hasta hace pocos años (1964) se empleaban métodos clásicos solamente, distribuyendo las reservas en mineral a la vista, probable y posible, pues casi todas se hallaban en minas de tipo filoniano, encajadas en granito. Pero el descubrimiento de los yacimientos en pizarras de Ciudad Rodrigo reveló, a través de las investigaciones previas, junto a su importancia en volumen, la complicación de su evaluación, debido a la existencia de masas de formas irregulares y con una distribución, en complicado stockwerk, de las mineralizaciones primarias. Ello, unido a su disposición de poca profundidad y dimensiones superficiales extensas, decidió la necesidad de efectuar su valoración mediante sondeos a malla rígida y aplicación de los métodos geoestadísticos, siguiendo las directrices de Matheron y Carlier, a los tramos de testigos mineralizados, habiéndose podido comprobar que la distribución de las poblaciones de leyes y potencias obedecen a la ley logaritmo normal, con lo cual, tras el establecimiento de las rectas de correlación, se ha podido estudiar la dimensión de las mallas convenientes para una precisión suficiente de los estimadores de ley, mineral y metal y la proporción mínima de sondeos con testigo.

### 3.3 INVESTIGACION MINERA Y METODOS EMPLEADOS

Como se indicó anteriormente, la investigación y la explotación mineral de yacimientos de uranio se realiza casi exclusivamente por la Junta de Energía Nuclear, que es la que a lo largo de más de veinte años la ha venido efectuando, salvo algunas y esporádicas ocasiones en que las empresas particulares han efectuado alguna investigación más o menos somera, y a las que la Junta prestó su colaboración; tales son los yacimientos de Ceclavín-Acehuche, Albareda y Eureka, en las provincias de Cáceres, Salamanca y Lérida, respectivamente, por lo que una descripción de la minería existente forzosamente lleva a una exposición de los trabajos mineros de la Junta de Energía Nuclear.

Se pueden distinguir tres áreas principales uraníferas, en las que los trabajos han evolucionado lo suficiente, por haber aparecido primeramente, que han dado lugar a las secciones destacadas de Andújar, Ciudad Rodrigo y Cáceres-Badajoz, y fuera de éstas le siguieron o siguen en importancia, por orden cronológico, las de Escalona-Cenicentos, Don Benito y Orense. Zonas como las de Soria, Molina de Aragón, etc., han aparecido después y están en las primeras etapas de su investigación.

Es de destacar que, hasta ahora, en minería filoniana en granito, no han aparecido grandes yacimientos, ni en longitud ni en profundidad, que permitieran costosas instalaciones mineras y la ubicación de una fábrica de concentración a pie de mina (600.000 t mínimas en la década de los años 50), pero sí un cierto número de yacimientos de pequeño tonelaje y con la ley normal en esta minería,

lo que decidió a la J. E. N., con la autorización de la superioridad, a construir en el año 1959 la fábrica de concentración de uranio "General Hernández Vidal", en Andújar (Jaén), para el tratamiento de los minerales correspondientes a los yacimientos próximos a la misma, y a la que se mandaron y, mandan también, minerales procedentes de otras zonas, también con pequeñas minas subterráneas o a cielo abierto, lo que ha permitido atender a las primeras necesidades de combustible de la primera central nuclear en funcionamiento.

No ha ocurrido lo mismo con los yacimientos en pizarras más o menos masiformes, correspondientes al área de la sección destacada de Ciudad Rodrigo, que si no alcanzan gran profundidad (menos de 50 m), sí tienen gran extensión superficial, y cuyo tonelaje en conjunto permitirá la construcción de una gran fábrica de tratamiento, con una producción anual del orden de las 400 t de  $U_3O_8$ .

En la División de Investigación y Explotación Minera las técnicas empleadas son las normales en el campo de la minería, y para el desarrollo de las mismas, e independientemente de los sectores mineros, dispone de tres secciones: Sondeos, Estudios y Proyectos, y Laboratorio de Análisis y Técnicas Mineras.

### 3.3.1 SONDEOS

Para las investigaciones mineras puntuales o lineales dispone de 11 máquinas sondeadoras, tipo wagon-drill, 8 con el martillo en base, y 14 máquinas-sondas convencionales de avance hidráulico con husillo y mandril, estando prevista la adquisición de otras, sistema "rotary", para terrenos sedimentarios, ya que hasta ahora los terrenos investigados lo han sido principalmente en rocas graníticas y pizarrosas, habiéndose incrementado últimamente las perforaciones en terrenos sedimentarios; la perforación en estas últimas se hace con inyección de agua sola o con aditivos, tales como bentonita, reductores de filtración, etc., a 17 kg por centímetro cuadrado.

Los wagon-drill suelen emplearse en sondeos, siempre con perforación seca, de hasta 40-50 m de profundidad, pasándose luego al otro tipo de máquinas que permiten alcanzar profundidad de 500 m. En los primeros se hace control del polvo de perforación, siendo la testificación principalmente radiométrica; no así en las segundas, donde la perforación siempre es con corona de diamante y con recuperación de testigo, lo que permite hacer la petrografía del sondeo y analizar cuantitativamente los tramos que interesen (figuras 3.3-1 a 3.3-3).

Para los reconocimientos laterales en las labores mineras de investigación se emplean, aparte de sondeos horizontales con corona y recuperación de testigo, martillos perforadores que pueden alcanzar hasta 40 m de longitud (figuras 3.3-4 a 3.3-7).

### 3.3.2 LABORES DE INVESTIGACION MINERA

Los yacimientos uraníferos españoles no han alcanzado de momento grandes profundidades (máximo de 185 metros en la mina La Virgen), por lo que la minería empleada en la investigación de los mismos ha sido muy simple, con métodos convencionales y maquinaria de tipo pequeño. Las secciones de los pozos han sido siempre rectangulares, de doble y triple compartimiento, con medidas máximas de  $2,70 \times 3,70$  m, y las galerías, para una sola vía, tienen de sección  $2 \times 2,50$  m, para permitir el empleo de palas cargadoras neumáticas.

La geometría de las labores mineras se ha adaptado,

en general, en los yacimientos filonianos, a una malla de  $20 \times 50$  m, y alguna vez de  $40 \times 100$  m entre niveles y chimeneas, respectivamente, siendo la tendencia actual a que los niveles de investigación sean cada 20 m, ya que la irregularidad de las mineralizaciones hace que, en muchos casos, una distancia mayor entre los mismos no permita definir claramente aquellas, con vistas a una evaluación del tonelaje existente, y siempre con la preocupación de que todas las labores ejecutadas, aparte de servir para investigar el yacimiento, sirvan además para su preparación y explotación, en su caso.

Para un estudio del comportamiento de las mineralizaciones y su ley, estructuras, grados de alteración de las rocas y correlaciones radiometría-ley, han demostrado ser útiles, sobre todo en las zonas de pizarras mineralizadas, pequeños pocitos de hasta 20 m de profundidad y de sección  $2 \times 1$  metros cuadrados.

La madera empleada en las entibaciones es de cuadros prefabricados de madera de roble, empleándose en algunas galerías y chimeneas la madera de eucalipto en rollo.

Los sistemas de pega empleados son el de "cuelo canadiense", y la normal tronco-cónica, con detonadores eléctricos de microrretardo.

La maquinaria que se emplea es la siguiente: para la producción de aire comprimido, compresores portátiles de pistón o rotativos, y fijos, de una o dos etapas, hasta de 220 CV; para la profundización y extracción de zafras en una primera fase, grúas portátiles y pequeños cabrestantes de hasta 22 CV, y máquinas de extracción de doble tambor cilíndrico de 70 CV, con jaula y contrapeso, para profundidades mayores; para la ejecución de las galerías se emplean vagones de un metro cúbico y palas cargadoras de aire comprimido, sobre carriles; en las minas cuyas galerías alcanzan desarrollo de más de 300 m se emplean pequeñas locomotoras Diesel de 12 CV.

Para el desagüe, y en profundidades, se emplean bombas de aire comprimido, y en instalaciones fijas, bombas centrifugas de hasta 136 CV, ya que en algunas minas (La Virgen, Los Ratones), a pesar de su profundidad media, la cantidad de agua manada en ellas llega a ser de más de  $1.000 \text{ m}^3/\text{día}$ .

### 3.3.3 ENUMERACION DE LAS LABORES DE INVESTIGACION REALIZADAS

En la descripción que a continuación sigue se han agrupado las minas por áreas que corresponden más o menos a las actuales secciones o zonas mineras de la Junta de Energía Nuclear, por lo que se va a respetar las mismas. Estas son: sección destacada de Andújar (Córdoba-Jaén), sección destacada de Cáceres-Badajoz, sección destacada de Ciudad Rodrigo (Salamanca), sector de Cenicientos (Madrid-Toledo), sector de Lugo-Orense y otras zonas y minas.

#### 3.3.3.1 Sección destacada de Andújar

Es en la que está enclavada la fábrica de concentración con capacidad de 200 t/día, para el tratamiento de los minerales de esta zona y a la que se envían los de otras minas, como ya se ha dicho con anterioridad. En esta sección existen dos grupos de mineralizaciones que si bien arman, salvo alguna excepción, en granito, tienen una notable diferencia entre ellas: en el primero, al mineral de uranio le acompañan minerales de cobre: minas La Virgen, Trapero, etc.; en el segundo, la mineralización bene-

### INVESTIGACION A PROFUNDIDAD MEDIA

- SONDEO QUE HAY QUE DAR
- + " " NO SE DA
- PROYECTO DE SONDEO
- SONDEO QUE SE HA CUY DESPLAZAMIENTO
- TOMA DE MUESTRAS
- SONDEO WAGON-DRILL POSITIVO
- " " NEGATIVO
- POCITO A 10 METROS
- " " TERMINADO

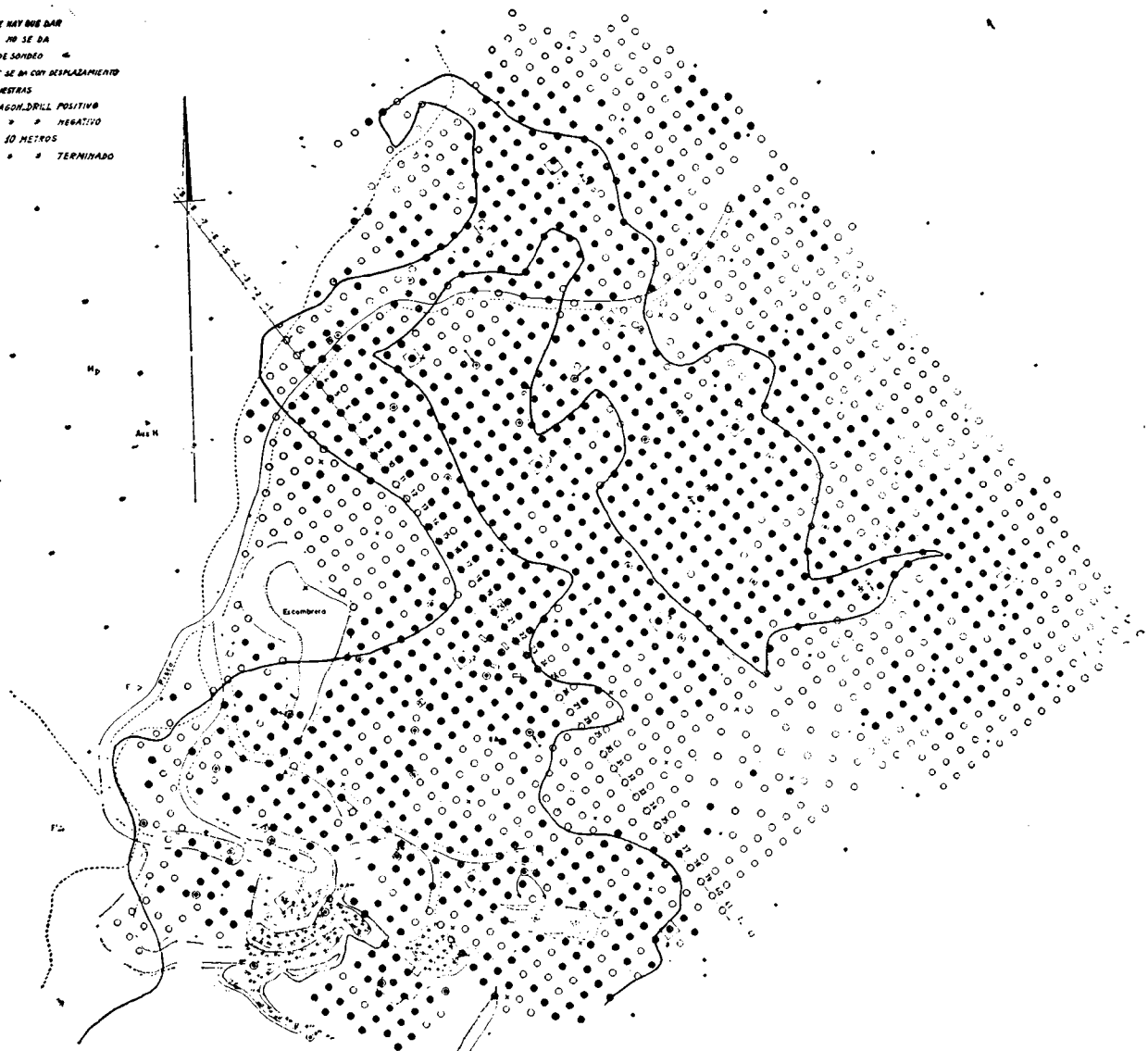


Figura 3.3-1

Plan de wagon-drill, en cuyas perforaciones se efectúan radiosondeos; la línea continua representa el límite de la anomalía radiométrica; las perforaciones en negro representan los sondeos positivos y los círculos blancos los negativos; puede apreciarse que en profundidad el yacimiento tiene un desarrollo mayor del que podría preverse teniendo en cuenta la anomalía radiactiva. El plan sistemático de perforaciones verticales es propio para yacimientos sedimentarios o para impregnaciones difusas e irregulares en pizarras

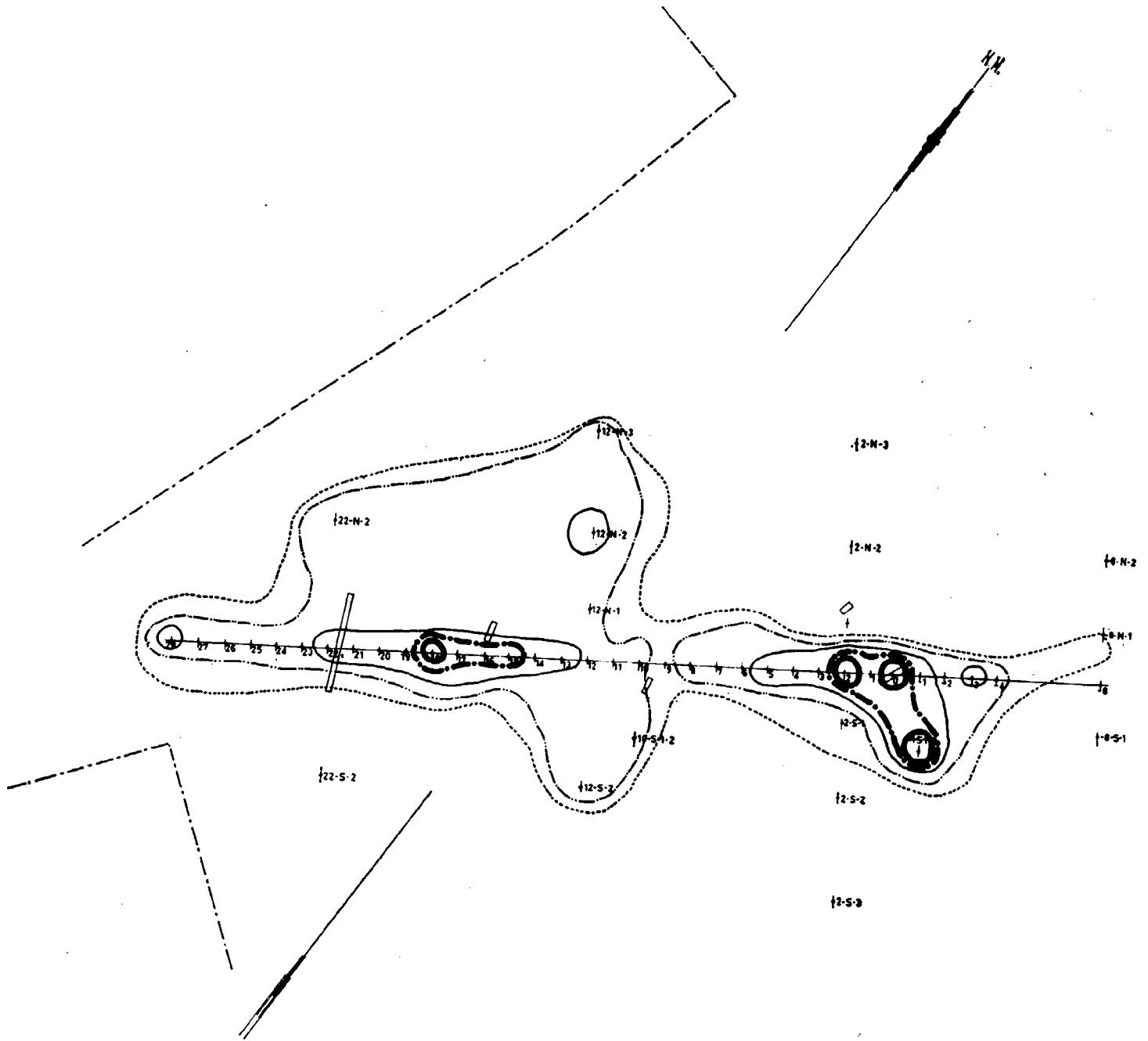
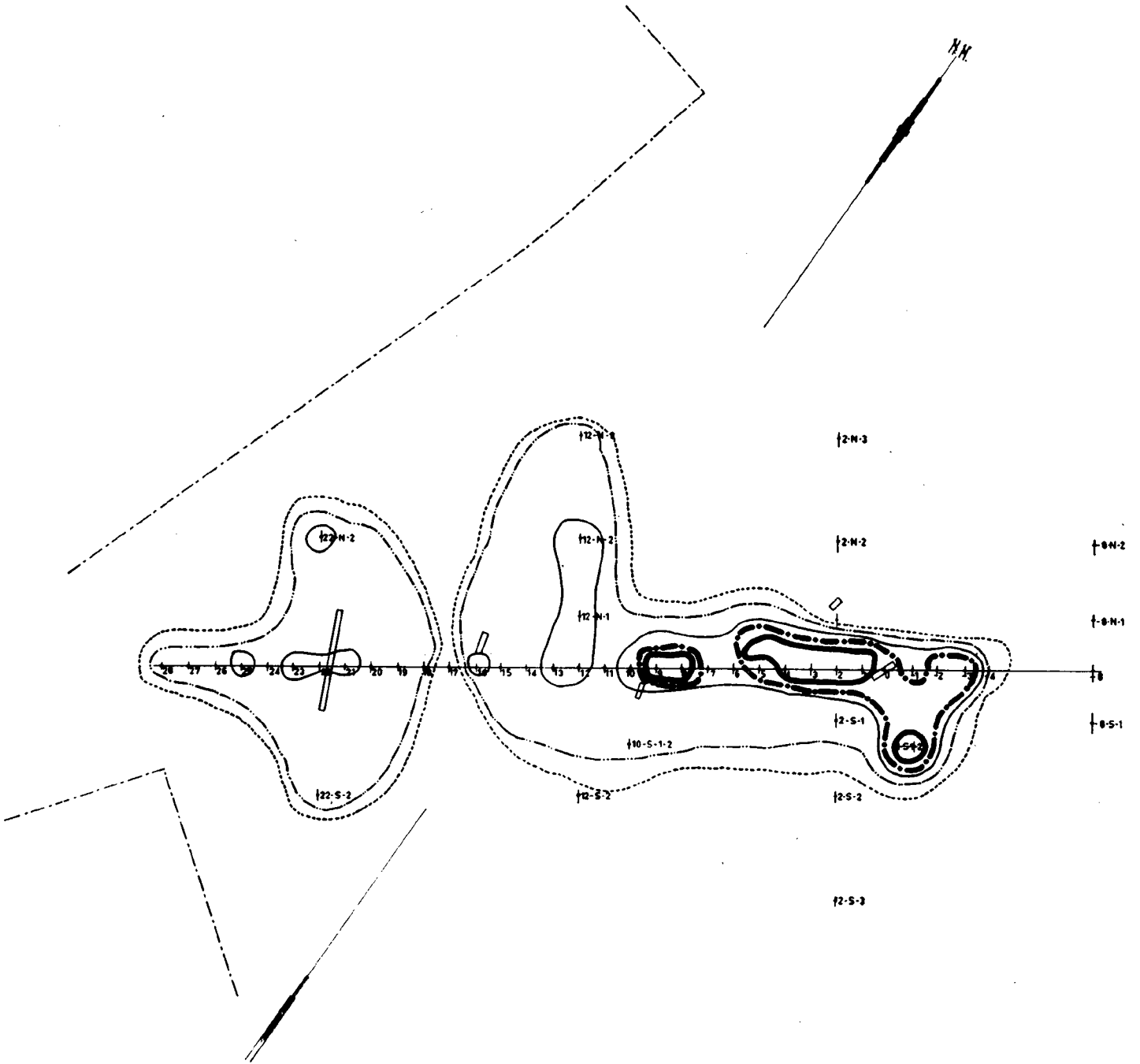


Figura  
Interpretación mediante curvas isorrádicas de la morfología de un yacimiento explorado mediante un plan

EN PROFUNDIDAD



3.3-2  
de sondeos sistemáticos de wagon-drill. Las figuras representadas corresponden a los niveles -5 y -10.



# INVESTIGACION EN PROFUNDIDAD

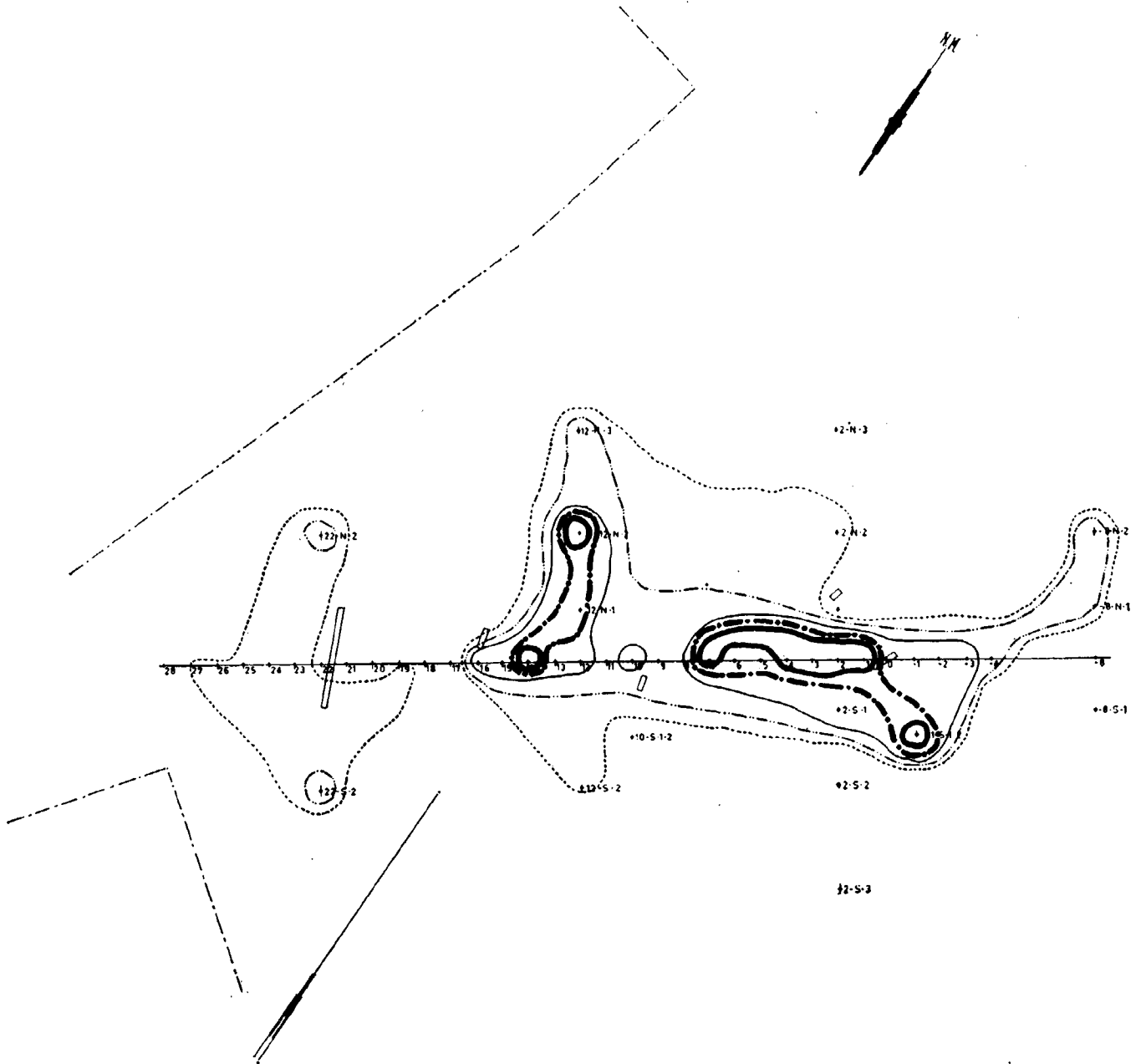
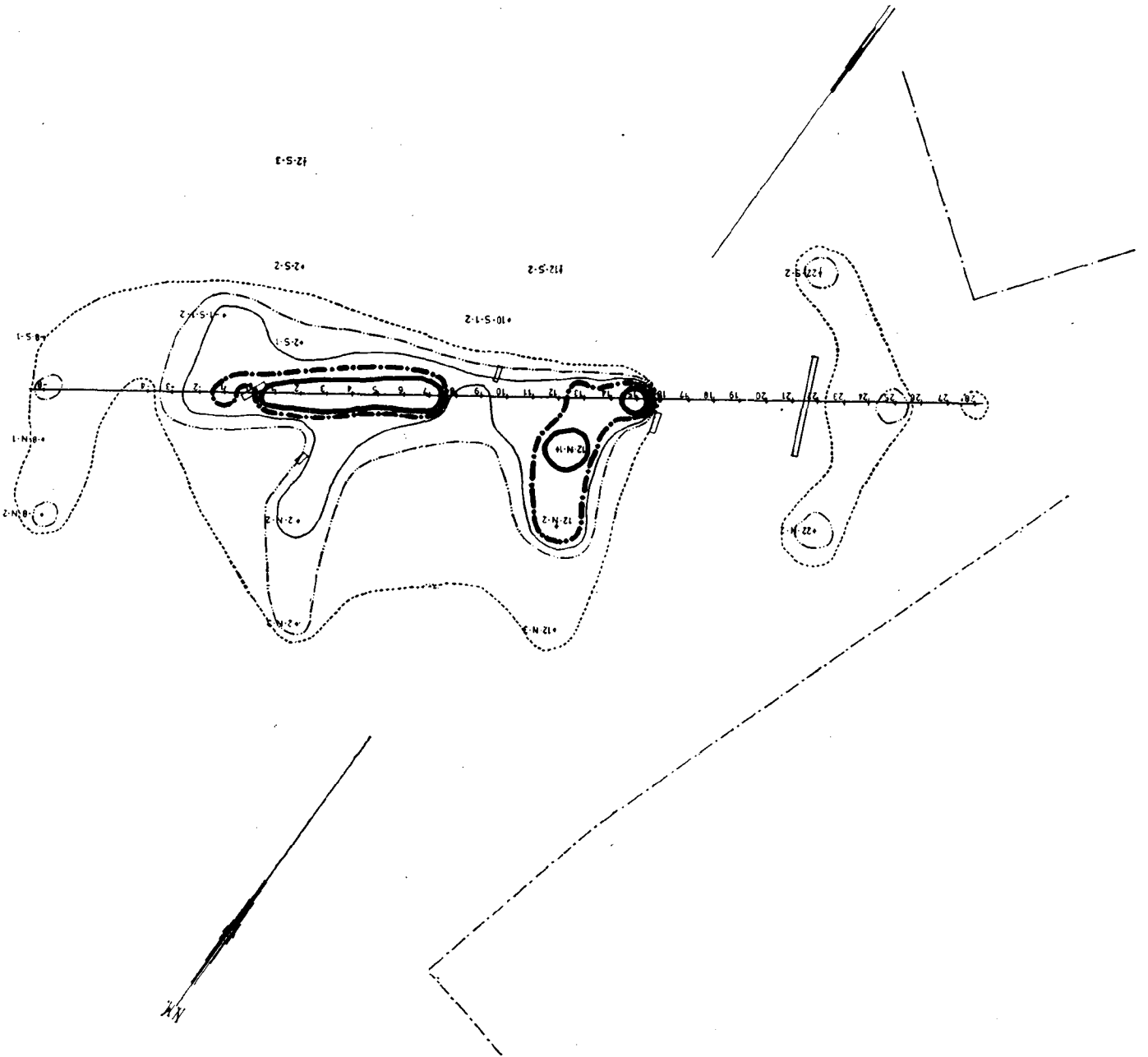


Figura 3.3-3 (A)

Interpretaciones en los niveles -15, -20, -25. Puede verse la evolución morfológica del yacimiento en profundidad.

Figura 3.3-3 (B)



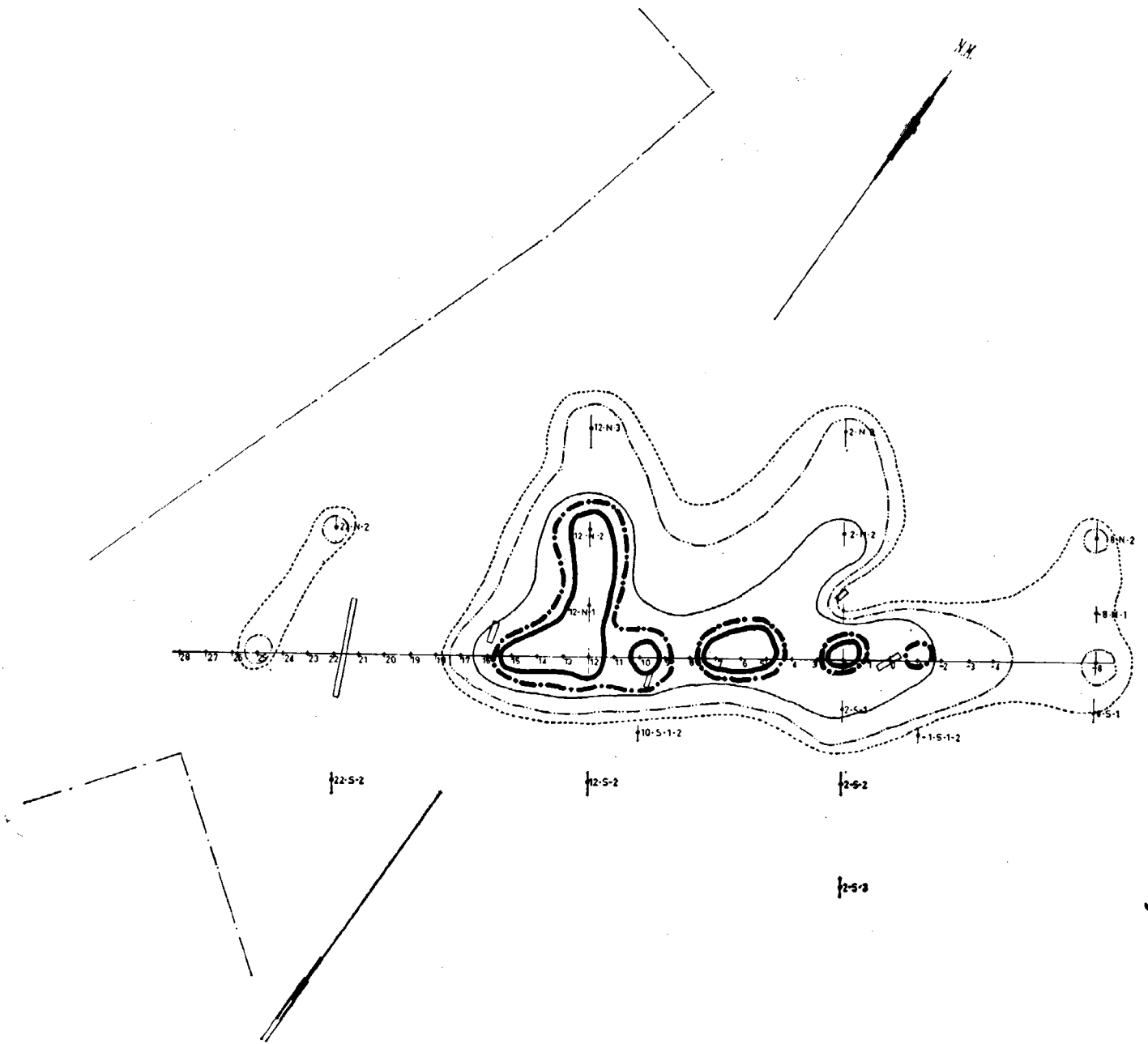


Figura 3.3-3 (C)

INVESTIGACION A PROFUNDIDAD MEDIA

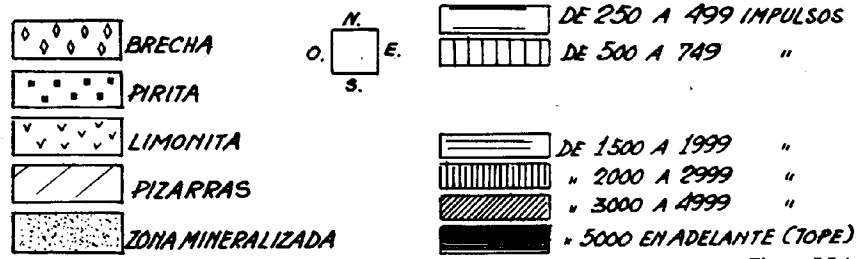
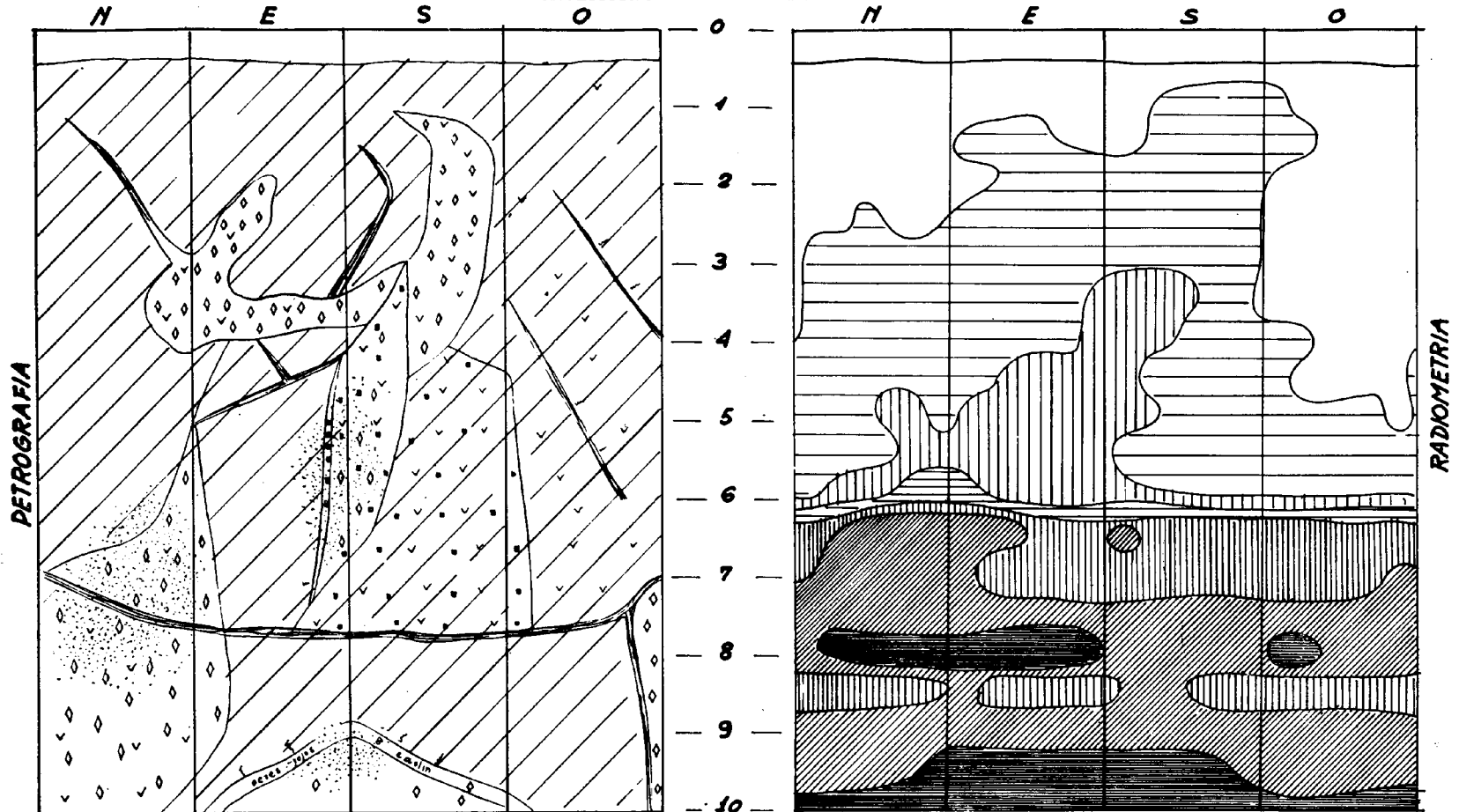


Figura 3.34

Esquema petrográfico-estructural y radiométrico del desarrollo de un poquito de 10 m. Estos pocitos se realizan sobre algunas perforaciones de wagon-drill como eje, para conocer mejor la expresividad del radiosondeo y las posteriores correlaciones espaciales.

## INVESTIGACION EN PROFUNDIDAD



Figura 3.3-5

Pozo a 20 m., con el correspondiente cruce y cerrojos para efectuar una exploración del ámbito mineralizado mediante perforaciones de percusión y radiosondeo.

# INVESTIGACION EN PROFUNDIDAD

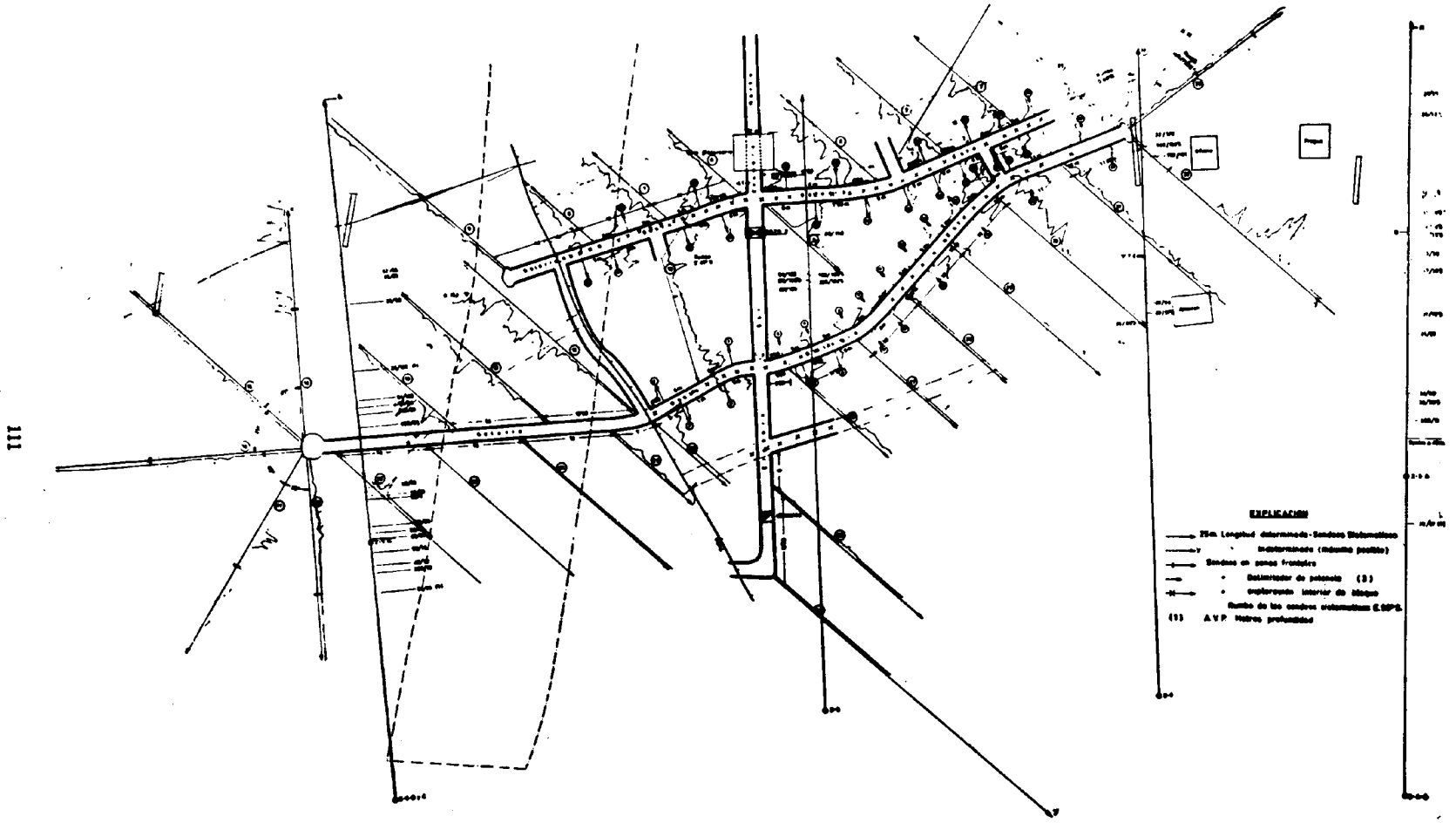
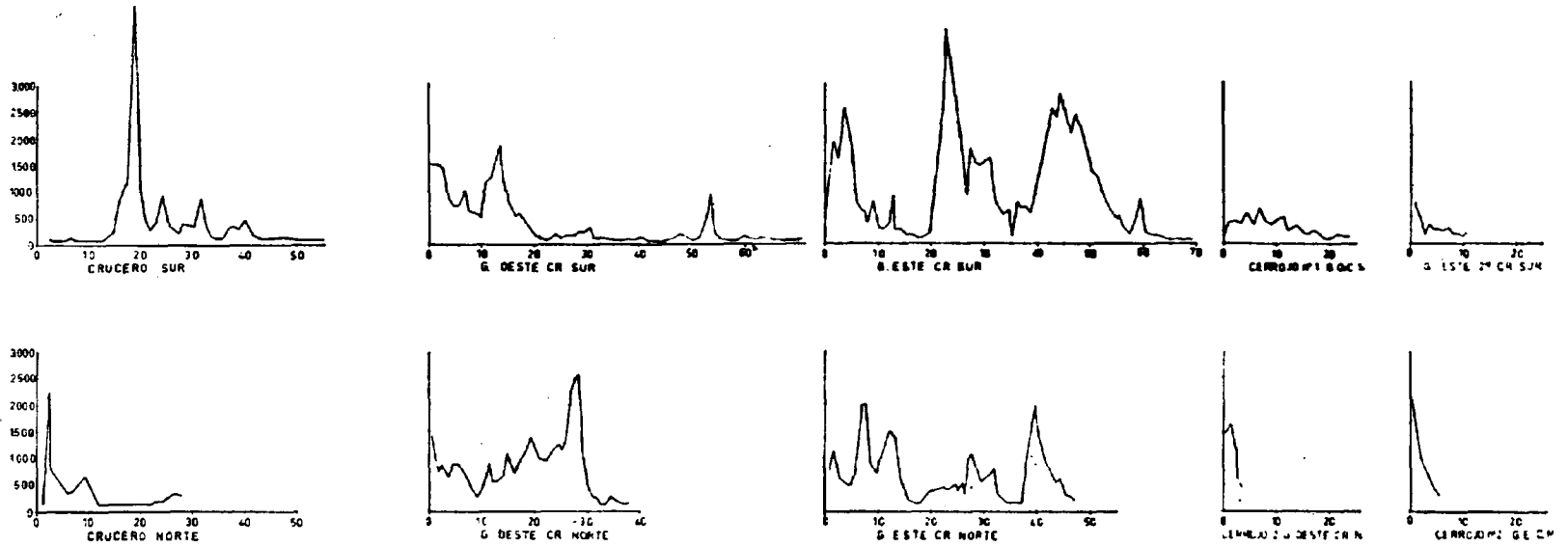


Figura 3.3-6

Pozos y labores mineras con perforaciones y radiosondeos sistemáticos. Este trabajo permite completar la explotación efectuada mediante galerías y cerrojos, reconociendo las ramificaciones y lentejones paralelos que acompañan a las estructuras principales mineralizadas.

### INVESTIGACION EN PROFUNDIDAD



112

Figura 3.3-7

Perfiles radiométricos efectuados en galerías y cruceros de una mina.

fiable existente sólo es la de uranio: minas Cano, Pozos 1 hasta el número 12. Las del primer grupo ya están todas ellas explotadas o investigadas; en las del segundo siguen en actividad las minas Cano, Pozo 11 y Pozo 12.

#### ZONA DE SANTUARIO (JAÉN)

Situada en los alrededores del Santuario de Nuestra Señora de la Cabeza, se investigaron y explotaron las minas de La Virgen y Navalasno y se investigó la mina Raso de los Machos.

En esta zona se encontró la mina más importante de la sección: la de La Virgen, donde la mineralización alcanzó mayor profundidad, 185 m, y mayor longitud, unos 500 m. El total de labores mineras efectuadas en esta zona fue de 6.081,46 m de sondeos con recuperación de testigo, 175'35 m de sondeos horizontales a percusión y 7.135,45 metros de labores mineras entre pozos, galerías y chimeneas. El mineral total enviado a la planta fue de 146.390,305 toneladas, siendo la producción media diaria de cerca de las 100 t. El tonelaje en cobre metal contenido fue de 6.140 t y una ley media en uranio del 1,2 por 1.000.

#### ZONA DE CARDEÑA (CÓRDOBA)

Situada en los alrededores del pueblo del mismo nombre y a unos 50 km de Andújar.

En esta zona se investigaron y explotaron las siguientes minas: Cano, Pozo 1; Cano, Pozos 2, 3 y 5; Cano, Pozos 4 y 6; Cano, Pozo 10; Obejo, Trapero y San Valentín. Están en explotación, ya investigadas, las minas: Cano, Pozo 11 y Pozo 12. La profundidad máxima de las labores mineras no sobrepasó nunca los 100 m, y la corrida, los 400.

El total de labores mineras efectuadas en estas minas ha sido de 15.345,41 m de sondeos con corona, 3.911,25 m de sondeos horizontales a percusión, 11.820,50 m de galerías y 180.487,75 toneladas de mineral extraídas o mandadas a las plantas. El tonelaje medio de explotación no sobrepasó las 60 t/día.

#### 3.3.3.2 Sección destacada de Ciudad Rodrigo (Salamanca)

En el área de esta sección se encuentran enclavados los yacimientos más importantes de uranio españoles, y de la misma sólo se han mandado pequeñas partidas de mineral a la fábrica de uranio de Andújar, con el fin principal de efectuar pruebas de beneficios, procedentes de los trabajos mineros de investigación efectuados en diferentes minas de la sección, pues, como ya se ha indicado, ésta forma un conjunto que con sus reservas servirá para alimentar una fábrica de capacidad de 1.000 toneladas por día, a construir en dicha sección.

La mayor parte de las minas se encuentran en rocas pizarrosas (minas Fe, Esperanza, etc.), en un radio de unos 60 km al norte y noreste de la población de Ciudad Rodrigo, y la investigación minera en ellas ha consistido fundamentalmente en sondeos con recuperación de testigo y sondeos a percusión con carro perforador, para una evaluación de las reservas por medios estadísticos. Las labores mineras consistentes en pozos y galerías se han efectuado fundamentalmente en las minas que arman en granito (minas Valdemascaño, Villar de Peralonso, etc.), no alcanzando en profundidad más de los 170 m y, en dirección, de 450 metros.

El total de labores mineras efectuadas ha sido: 93.237,59 metros de sondeos con corona, 407.078,16 m de sondeos percutantes con carro perforador, 9.032,12 m de pozos, galerías y chimeneas, y 9.358 m de sondeos horizontales per-

cutantes en galerías. El mineral enviado a la fábrica de uranio de Andújar, procedente de las investigaciones, fue de 26.245 t de mineral. Se ha de resaltar que cualquier tonelaje extraído de una investigación minera de uranio, con ley suficiente, es enviado a la fábrica de uranio de Andújar, ya que en la mayoría de estos minerales se produce una lixiviación natural del uranio cuando se deja en escombreras.

#### 3.3.3.3 Sección destacada de Cáceres-Badajoz y zona de Ceclavín

Los yacimientos de esta sección de la Junta de Energía Nuclear pueden ser agrupados en cuatro áreas más o menos extensas, que han dado lugar a otras tantas zonas mineras: Albalá, Alburquerque, Oliva de la Frontera y La Gargüera. Independiente de ellas, y en la zona de Ceclavín-Acehuche, en pizarras, hay otra serie de yacimientos no pertenecientes a la Junta de Energía Nuclear, y en los que la labor de investigación minera efectuada en los mismos ha sido muy pobre, efectuándose estimaciones de los mismos que entran en la categoría de mineral incierto; para llegar a una cubicación en toneladas seguras habría de completarse con las labores de investigación pertinentes.

Los yacimientos de esta área se hallan enclavados en granitos y en pizarras, sobresaliendo por su importancia el de la mina Los Ratones, que es el filón más importante encajado en granito que existe en España hasta la actualidad, por la riqueza en ley media del  $U_3O_8$  contenido (4 por 1.000 de  $U_3O_8$ ).

#### ZONA DE ALBALÁ (CÁCERES)

Se han investigado y explotado las minas de La Carretona, El Gallo, Peñascal, Las Perdices, La Dehesilla y Pozo Norte, y está en explotación la mina Los Ratones; también se han investigado el yacimiento en pizarra de Los Castillejos y el de Fuente de la Higuera, en granito. Todas estas minas se hallan situadas en el pueblo de Albalá, salvo la de Los Castillejos, que lo está en el término municipal de Alcuéscar. La profundidad máxima alcanzada fue de 185 m y de 360 m de corrida en la mina Los Ratones. En conjunto, se han hecho 14.721,82 m de sondeos de corona, 9.451,60 m de sondeos con carros perforadores, 9.459,7 m de pozos, galerías y chimeneas, y 3.203,48 m de sondeos a percusión horizontales. El mineral extraído y enviado a la fábrica de Andújar ha sido de 107.190,50 toneladas.

#### ZONA DE ALBURQUERQUE (BADAJOZ)

A esta zona, situada en los alrededores del pueblo del mismo nombre, corresponden las minas El Sabio y Engorda, con labores mineras de investigación consistentes en 869,92 m de sondeos de corona y 134,20 m de pocitos y galerías.

#### ZONA DE OLIVA DE LA FRONTERA (BADAJOZ)

Situada en la provincia de Badajoz, se ha investigado y explotado la mina de Cabra Baja (término municipal de Villanueva del Fresno), consistente en dos socavones y un pozo de 20 m de profundidad. El total de trabajos mineros ha sido de 679,71 m de sondeos con corona, 1.602,20 metros de socavón, pocitos, galerías y chimeneas; 2.474,25 metros de sondeos con carro perforador, y 42 m de sondeos horizontales a percusión. El mineral extraído ha sido de 25.078 t de mineral.



### ZONA DE LA GARGÜERA

Se denomina así un área en la que se agrupan los yacimientos de La Gargüera (en el pantano de este nombre) y Ojaranzos, en el término municipal de Villar del Pedroso (Cáceres). Están enclavados en pizarras, son masivos y de forma más o menos irregular, y su investigación, aparte de calicatas, ha consistido en sondeos, complementados con pocitos de 10 m en el segundo. El total de labores efectuadas ha sido de 821,76 m de sondeos con corona, 23.241,15 m de sondeos con carro perforador y 148,10 metros de labores de pocitos.

### ZONA DE CECLAÍN-ACEHUCHE (CÁCERES)

En esta área, enclavada en los pueblos del mismo nombre, hay una serie de yacimientos en pizarras, en los que se ha hecho muy poca labor minera, consistente en unos cuantos sondeos wagon-drill y algunos metros de labores de investigación, sin que se sepa exactamente su número.

El total de labores efectuadas en las zonas antes mencionadas, con la salvedad expuesta, es de: 17.093,11 m de sondeos con corona, 35.167,00 m de sondeos con carro perforador, 11.422,80 m de pozos, galerías y chimeneas, y 3.245,48 m de sondeos horizontales a percusión. El mineral extraído y enviado fue de 138.086,50 toneladas.

#### 3.3.3.4 Sector de Cenicientos

Solamente una mina, El Berrocal, se investigó y se puso en explotación en el término municipal de Nombela (Toledo). Esta mina filoniana, encajada en granito, alcanzó una profundidad de 65 m, con dos socavones y dos pozos. El total de labores ejecutadas fue de 2.046 m de sondeos con corona, 1.284,51 m de pozos, socavones, galerías y chimeneas, y una extracción total de 16.040 t de mineral.

#### 3.3.3.5 Sector de Don Benito (Badajoz)

Los yacimientos existentes en el mismo se encuentran en pizarras y su mineralización es direccional, a veces muy potente y con varios paquetes paralelos, con un buzamiento

de unos 45°, siendo así que en el resto de los yacimientos, ya mencionados, que arman en granito, son subverticales, y las pizarras mineralizadas de otras secciones son masiformes. En este sector se encuentran en período de investigación varias zonas, siendo las principales las minas María Lozano y El Pedregal, y en explotación la mina El Lobo, explotación que se realiza a cielo abierto. Estas minas se encuentran situadas en los términos municipales de Quintana, Campanario y La Haba, a unos 20 km del pueblo de Don Benito. El total de labores mineras realizadas en las tres minas mencionadas ha sido de 7.077,57 metros de sondeos con corona, 1.837,60 m de sondeos con carro perforador, 476,60 m de pozos, galerías y chimeneas, y 377 m de sondeos horizontales a percusión. De la explotación a cielo abierto de la mina El Lobo se han extraído 76.667 t de mineral hasta el final de 1970.

#### 3.3.3.6 Sector de Lugo-Orense

En este sector, las investigaciones han comenzado recientemente y prosiguen sin que ninguna mina haya sido aún reconocida en su totalidad. Las labores ejecutadas han consistido en sondeos con corona y sondeos con carro perforador percutantes, de los que se han efectuado 2.251,69 metros y 23.110,75 m, respectivamente. Las minas en investigación son: Incógnita, Bacurín, Santa Marta y La Cruz, en Lugo, y Montederramo y Sas do Monte, en Orense.

#### 3.3.3.7 Otras minas

Se agrupan aquí las minas Eureka, Calaf y Córcoles, situadas, respectivamente, en las provincias de Lérida, Barcelona y Guadalajara, ya investigadas por medio de sondeos y labores mineras, salvo en los lignitos de Calaf, que sólo lo han sido por medio de los primeros. Todas ellas, salvo la mina Eureka, son yacimientos estudiados por la Junta de Energía Nuclear, aunque también, y para la primera, aquélla prestó su colaboración y ayuda. La mina de Calaf se encuentra situada en lignitos, y la de Córcoles, en margas areniscosas, con gran cantidad de fósiles de mamíferos, también mineralizados; las labores mineras efectuadas en las mismas han sido: 9.783,97 m de sondeos con corona en Calaf, y 65,90 m de pocito y 46,30 metros de sondeos con carro perforador.

#### 3.3.3.8 Cuadro-resumen

CUADRO RESUMEN DE LAS LABORES MINERAS EFECTUADAS HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1968

A R E A	Sondeos con corona	Sondeos con carro perforador	Pozo, galerías, chimeneas, etc.	Sondeos horizontales	TOTAL DE METROS
Sección destacada de Andújar.....	21.426,87	—	18.955,95	4.086,60	44.409,42
Sección destacada de Cáceres-Badajoz.....	17.093,11	35.167,00	11.422,80	3.245,48	66.928,39
Sección destacada de Ciudad Rodrigo.....	93.237,59	407.078,16	9.032,12	9.358,00	518.705,87
Sector de Cenicientos.....	2.046,00	—	1.284,51	—	3.330,51
Sector de Don Benito.....	7.077,57	1.837,60	476,60	377,00	9.768,77
Sector de Lugo-Orense.....	2.251,69	23.110,75	—	—	25.362,44
Otras minas.....	9.783,97	46,30	65,90	—	9.896,17
<b>TOTAL DE METROS.....</b>	<b>152.916,80</b>	<b>467.239,81</b>	<b>41.237,88</b>	<b>17.067,08</b>	<b>678.461,57</b>

#### **4. RESERVAS URANIFERAS ESPAÑOLAS Y POSIBILIDADES DE PRODUCCION DE CONCENTRADO EN LOS PROXIMOS AÑOS, EN RELACION CON LAS FABRICAS EXISTENTES O EN PROYECTO**

#### 4.0 INTRODUCCION

Para la estimación de las reservas de uranio españolas se utilizará el criterio y la nomenclatura del Grupo de Trabajo de la ENEA y de la OIEA que, de una forma periódica, establece las reservas uraníferas del llamado mundo libre. Previamente, se aclarará la significación de los términos "recursos razonablemente asegurados" y "recursos suplementarios estimados", que figuran en el informe de la ENEA de 1965 y en los informes conjuntos de la ENEA-OIEA de 1967 y 1970.

Para las reuniones celebradas en Viena por el grupo de expertos entre los días 8 al 10 del mes de abril de 1970, se había propuesto por la delegación inglesa que las estimaciones se dieran en las siguientes categorías de mineral.

**Mineral medido:** En esta categoría, el tonelaje se computa a partir de las dimensiones puestas de manifiesto en calicatas, trabajos mineros de interior o en sondeos y la ley se obtiene del resultado de demuestras detalladas, realizados con la densidad conveniente. Las determinaciones de tonelaje y ley se juzgan establecidas dentro de unos límites en los que la divergencia posible con la realidad se estima en  $\pm 20$  por 100.

**Mineral indicado:** En este caso, el tonelaje y ley se deducen, por una parte, de medidas, muestras y datos de producción y, por otra, de la extrapolación razonable de evidencias de tipo geológico. Las medidas y desmuestres no serán sistemáticos o estarán inapropiadamente espaciados para poder establecer unos límites de error.

**Mineral inferido:** En esta categoría de reservas, las estimaciones cuantitativas estarían basadas en un suficiente conocimiento del carácter geológico del posible yacimiento y muy pocas, si es que hay alguna, muestras o medidas. Las estimaciones se apoyan en una presumible continuidad o repetición que pueda producirse por consideraciones geológicas o en comparación con depósitos de tipo similar. Los posibles cuerpos mineralizados que estén completamente ocultos pueden incluirse en la evaluación, con tal de que haya alguna evidencia geológica de su presencia. Se trata, pues, de reservas en las que existe una gran dosis de incertidumbre, no ya respecto al error con que puedan aparecer, sino en su misma presencia, que sería necesario comprobar con trabajos más detallados.

En dichas reuniones, y después de una amplia discusión sobre este asunto, se acordó mantener la clasificación de categorías de mineral de las evaluaciones anteriores, en las que, aproximadamente, al hablar de «recursos razonablemente asegurados» se incluye la categoría de «mineral medido», y en cuanto a las estimaciones de «mineral indicado» y de «mineral inferido» entrarían a formar parte,

conjuntamente, de los recursos suplementarios estimados».

Seguidamente, en los apartados 4.1 a 4.5 se exponen los datos facilitados por la JEN, al grupo de trabajo indicado, en las ya citadas reuniones.

#### 4.1 PRECIOS INFERIORES A 10 LB. U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

Parece lógico mantener, en la categoría de «recursos razonablemente asegurados», las 10.000 t (11.000 t cortas) de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> que figuraban en el anterior informe de 1967, que comprende el contenido en U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> del mineral ya explotado y el que se considera posible obtener dentro de este límite de precio.

Ciertamente han aparecido indicios muy prometedores en la parte inexplorada de los terrenos graníticos y metamórficos, sobre todo en las provincias gallegas y en los que se investigan en la actualidad en los bordes norte y sur de Gredos, pero no está suficientemente adelantada su valoración, y menos aún la de los aparecidos en el sedimentario continental (como es el caso de los encontrados en la zona de Soria), por lo que no procede incluirlos en este momento como razonablemente asegurados.

Aparte de los indicados existen posibilidades de ampliación, estimadas y no comprobadas aún, de yacimientos ya conocidos, como es el caso de la mina El Lobo, en los metasedimentos del sur de Don Benito (Badajoz).

#### 4.2 PRECIOS ENTRE 10 y 15 LB. U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

Se incluyen en este apartado los yacimientos asociados a los lignitos de la cuenca de Calaf, formada por depósitos lacustres del Oligoceno inferior, y algunos relacionados con terrenos sedimentarios de baja ley.

Se ha llevado a cabo una campaña de sondeos con recuperación de testigo en las zonas de Calaf y Fraga-Mequinzenza, que no ha tenido carácter exhaustivo por tratarse de un uranio de precio superior al actual, pero sí de estimación de las reservas con cierta garantía. Como resultado de los sondeos en este borde oligocénico oriental de la depresión del Ebro se pueden estimar como «recursos razonablemente asegurados», dentro de estos límites de precios del uranio, un total de 9.000 toneladas métricas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Al darse por terminadas las investigaciones proyectadas en esta zona de Calaf con los sondeos realizados, y no pensarse en nuevas investigaciones en un futuro próximo, no se ha estimado conveniente considerar otros recursos suplementarios posibles, aunque ciertamente en otras capas de lignitos de la misma zona pudieran aparecer con una investigación más exhaustiva.

Las leyes en uranio y potencias comprobadas en las

capas Roca y Torra, Valentina, Cerámica, Matilde, Mirambell, etc., oscilan entre el 0,03 y el 0,15 por 100 de  $U_3O_8$  y entre el 0,80 y 1,2 m, respectivamente, la potencia. Se estima que, en un posible aprovechamiento conjunto del lignito y del uranio contenido, el precio de éste podría estar comprendido entre los límites de precios que se considera.

La primera serie de sondeos realizados en la zona lo fue sobre la plataforma fundamentalmente calcárea que, extendiéndose al noroeste de Calaf, forma parte integrante de un amplio sinclinal cuyo eje pasa por las proximidades de la población. Con esta serie de sondeos se cortaron dos capas de lignitos, de los que sólo los correspondientes a la Roca y Torra se retuvieron para la evaluación.

En la zona intermedia, afectada por una clara tectónica de bloques, sobre todo en las proximidades de la falla principal, se realizó otra serie de catorce sondeos, con lo que se investigó un total de cuatro capas de lignitos con radiometría y potencias adecuadas para considerarlas rentables.

Por último, se realizó otra serie de nueve sondeos en la zona periférica de la llamada Plataforma Superior, con lo que se reconocieron un total de ocho capas de lignitos, de las que sólo tienen interés para formar parte de la evaluación las dos primeras; aparte los sondeos se realizaron, en su día, gran número de calicatas y se recogieron muestras de los afloramientos de las capas más interesantes, al tiempo que se verificaba su cartografía detallada.

#### 4.3 PRECIOS ENTRE 15 y 30 LB. $U_3O_8$

En el informe anterior se habían considerado como razonablemente aseguradas 15.000 t pensando en algunas capas de lignitos de menor ley en uranio de Calaf y, sobre todo, en los aparecidos en la zona de Fraga-Mequinenza.

Después de las campañas de sondeos realizados sólo se retienen para la evaluación global que se está realizando un total de 5.000 t de  $U_3O_8$  en concepto de «recursos razona-

blemente asegurados», contando con las caras de lignitos de menor ley y potencia de Calaf, y se dejan de considerar como recursos el uranio contenido en los lignitos de Fraga-Mequinenza. Los sondeos realizados en esta zona han puesto de manifiesto unas leyes demasiado bajas (inferiores al 0,03 por 100 de  $U_3O_8$ ), por lo que se estima que el uranio contenido, cuya cantidad es importante, no será beneficiable en el futuro.

En esta cuenca de Mequinenza, en relación con la zona bañada por los ríos Ebro, Segre y Cinca, la sedimentación oligocena fue más tranquila y no ha sido afectada posteriormente por ningún plegamiento, diapirismo o por fracturas, y las irregularidades que se observan en sus estratos sólo son debidas a cambios laterales de facies. Lo que sí se observa, en comparación con los de Calaf, es que las potencias de las capas son mayores y mejor la calidad de lignitos, con potencias caloríficas que oscilan entre 4.000 y 5.500 calorías, pero con menores leyes en uranio.

Dado lo lejano de la posible utilización de uranio, no se ha realizado ningún trabajo posterior en las alineaciones de cuarcitas, datadas como silurianas y que encajan en pizarras, a lo largo de una corrida de decenas de kilómetros entre Santa Elena y Ciudad Real. En razón de esta ausencia de trabajos que pudieran aportar nuevos datos, se considera conveniente retener la cifra de 225.000 t de  $U_3O_8$ , que figuraban en el anterior informe, en concepto de «recursos suplementarios estimados», con toda la incertidumbre que supone esta categoría de recursos.

El uranio que contienen estas cuarcitas (con leyes que oscilan entre el 0,025 y el 0,07 por 100 de  $U_3O_8$ ) está incluido en una molécula compleja de circón, cuyo edificio cristalino es muy difícil destruir. Se trata, pues, de un mineral refractario a los tratamientos corrientes y de ley baja, por lo que se estima cara su recuperación, aunque sí es previsible que pueda estar comprendido en este intervalo de precios.

El resumen de las estimaciones españolas de recursos uraníferos figura en el siguiente cuadro:

MENOS DE 10 \$		ENTRE 10 Y 15 \$		ENTRE 15 Y 30 \$	
Razonablemente asegurados	Suplementarios. Estimados	Razonablemente asegurados	Suplementarios. Estimados	Razonablemente asegurados	Suplementarios. Estimados
10.000 (1)	—	9.000	—	5.000	225.000

Unidad: t.  $U_3O_8$ .

(1) Esta cifra incluye la producción ya obtenida en los últimos diez años, que se acerca a las 1.000 t.

#### 4.4 PRODUCCION ACTUAL Y FUTURA DE CONCENTRADOS URANIFEROS

Lógicamente, la producción de cada país está ligada a las reservas uraníferas del mismo y a la demanda tanto interior como de exportación. Esta producción, dependiente de las fábricas en funcionamiento en cada momento, puede verse afectada pasajeramente por circunstancias políticas, coyunturales o de oportunidad; pero, a la larga, un precio aceptable del uranio y un mercado suficiente harán subir las cifras de producción mundial, acorde a la demanda. Esta última existe ya y se va a incrementar notablemente en la década de los 80, lo que está llevando a todos los países con posibilidades uraníferas a montar importantes programas de investigación en este tipo de yacimientos, con presupuestos adecuados a este objetivo.

Hasta el momento no existe en España más que una sola fábrica de tratamiento, situada en Andújar (Jaén), que ha cumplido ya sus diez años de funcionamiento y lo seguirá haciendo algunos años más; pertenece a la Junta de Energía Nuclear y trabaja al máximo de capacidad, con una producción anual del orden de las 65 t de  $U_3O_8$ .

Los yacimientos existentes en los metasedimentos de la zona de Ciudad Rodrigo se encuentran totalmente investigados y listos para iniciar su explotación tan pronto se realicen ligeros trabajos de acondicionamiento de pistas, arranque de la cobertera estéril y puesta a punto de talleres, oficinas, etc.

En principio se pensó que la fábrica que iba a tratar estos minerales sería construida por la industria privada y entraría en servicio a finales de 1969. Después de diversas alternativas, que han retrasado su construcción, actual-

mente sigue en estudio el problema de su financiación y la de la puesta en explotación de los yacimientos que van a suministrar el mineral por una Comisión Gestora del Instituto Nacional de Industria.

Una vez que se tome la decisión de iniciar la construcción, tardará de dos años a dos años y medio en empezar a funcionar. Su capacidad total de producción, incluido el aprovechamiento de los minerales marginales por lixiviación en bocamina, será del orden de las 400 t de  $U_3O_8$  al año.

Por último, a la vista de las buenas perspectivas de ampliación de tonelaje explotable a cielo abierto y a bajo coste que existen en la mina El Lobo, en la provincia de Badajoz, se ha pensado en la posibilidad de montar una instalación de lixiviación estática o por agitación, con recuperación del uranio contenido en los líquidos de ataque, por extracción con disolventes; su producción anual estimada es del orden de las 35 t de  $U_3O_8$ .

En consonancia con el programa de construcción, actual y en proyecto, de centrales nucleares en España, existe un mercado interior importante asegurado, para atender al cual haría falta aumentar nuestra producción de uranio en los próximos años. Por consiguiente, el que se hagan más fábricas de tratamiento de minerales uraníferos sólo depende de la formalización de nuevos yacimientos. Existen muy buenas perspectivas en algunas zonas, ya bastante dibujadas, en las provincias gallegas, en el norte de la cuenca del Tajo, en algunos indicios en sedimentario ya aparecidos, etc. El que se llegue a decidir la construcción de nuevas fábricas como tales o instalaciones de lixiviación a bocamina dependerá sólo del resultado de la valoración de dichos indicios y de los que aparezcan en el futuro. Por el momento ya es suficiente incentivo el saber que se investiga una materia prima tan vital como el uranio, con un mercado interior más que asegurado y con unas reservas mundiales más bien escasas hasta el momento.

**5. NECESIDADES DE URANIO DEL MERCADO INTERIOR EN  
CONEXION CON EL PROGRAMA ELECTRICO NACIONAL**

## 5.1 EVALUACION DE NECESIDADES

Lógicamente, cualquier intento de evaluación de las necesidades de uranio a corto plazo ha de basarse en las

previsiones del Plan Eléctrico Nacional, aprobado por Orden del Ministerio de Industria con fecha 20 de agosto de 1969. Estas previsiones, en lo que a potencia eléctrica en servicio se refiere, vienen reflejadas en el cuadro 5.1-1.

CUADRO 5.1-1

### POTENCIA ELECTRICA EN SERVICIO Y DEMANDA DE ENERGIA (Plan Eléctrico General)

Potencia y demanda previsible	1-I-1972		31-XII-1975		31-XII-1978		31-XII-1981	
	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje
Hidráulica (incluido bombeo).....	10,7	56,9	12,5	50,0	14,8	46,3	16,8	43,1
Térmica de carbón.....	3,7	19,7	4,5	18,0	5,2	16,2	5,2	13,3
Térmica de fuel.....	3,8	20,2	5,5	22,0	7,0	21,9	8,5	21,8
Nuclear.....	0,6	3,2	2,5	10,0	5,0	15,6	8,5	21,8
<b>TOTALES.....</b>	<b>18,8</b>	<b>100,0</b>	<b>25,0</b>	<b>100,0</b>	<b>32,0</b>	<b>100,0</b>	<b>39,0</b>	<b>100,0</b>
Demanda de energía (en 10 <sup>9</sup> kWh).....	63,8		68,5		117,8		154,6	

Las previsiones establecidas en el Plan Eléctrico Nacional, reflejadas en el cuadro 5.1-1, dan una demanda de energía para el año 1981 de 154.600 millones de kWh, lo que representa un consumo «per cápita» del orden de los 4.200 kWh.

Como este nivel de consumo es relativamente elevado ya, en la extrapolación que se ha realizado hasta el año 2000 se ha tenido en cuenta una notable disminución de la tasa de crecimiento en la demanda de energía eléctrica.

Así, pues, al estimar las necesidades a largo plazo, se

ha considerado para el período 1982-93 una tasa de crecimiento del 6,5 por 100, con lo que se llega a 1993 con una producción de 329.200 millones de kWh, que corresponden a unos 8.200 kWh/hab. La tasa de crecimiento prevista en el período 1994 hasta el año 2000 se ha estimado en el 5,5 por 100 únicamente.

De acuerdo con estos puntos de partida, la extrapolación realizada de la potencia eléctrica en servicio nos lleva a los datos contenidos en el cuadro 5.1-2, calculado con el mismo criterio que el cuadro 5.1-1.

CUADRO 5.1-2

### POTENCIA ELECTRICA EN SERVICIO (Plan a largo plazo)

POTENCIA	31-XII-1981		31-XII-1985		31-XII-1990		31-XII-1995		31-XII-2000	
	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje	10 <sup>6</sup> kW	Porcentaje
Hidráulica (incluido bombeo)	16,8	43,1	17,8	34,9	18,8	27,4	20,0	22,1	22,0	18,8
Térmica de carbón.....	5,2	13,3	6,0	11,8	6,0	8,8	6,0	6,6	6,0	5,1
Térmica de fuel.....	8,5	21,8	10,2	20,0	14,2	20,7	18,0	19,9	18,0	15,4
Nuclear.....	8,5	21,8	17,0	33,3	29,5	43,1	46,5	51,4	71,0	60,7
<b>TOTALES.....</b>	<b>39,0</b>	<b>100,0</b>	<b>51,0</b>	<b>100,0</b>	<b>68,5</b>	<b>100,0</b>	<b>90,5</b>	<b>100,0</b>	<b>117,0</b>	<b>100,0</b>

Quizás se vea mejor la influencia relativa de las cifras dadas por el cuadro en la figura 5.1-3, que presenta la producción de energía eléctrica en España a partir de 1950 y proyectada hasta el año 2000, en el que se alcanzará una cifra de 478.800 millones de kWh. En la figura 5.1-4 se observa la evolución de la potencia instalada, distribuida por clases de energía y referida al mismo período de tiempo. Finalmente, la figura 5.1-5 representa gráficamente la distribución porcentual de la potencia de las distintas clases de energía. Puede apreciarse que en el año 1985 se alcanza casi una igualdad en las proporciones: 34,9 por 100 hidráulica, 31,8 térmica convencional (carbón y fuel) y 33,3 por 100 nuclear. Para el año 2000 las proporciones respectivas son: 18,8 por 100, 20,5 y 60,7.

La demanda de energía eléctrica en un país en desarrollo crece a un ritmo muy rápido, y así el actual en España supone la necesidad de duplicar la potencia instalada cada seis-siete años; aunque esta tasa de crecimiento se piensa decrecerá al alcanzar un consumo «per cápita» más razonable que el actual, según se ha indicado anteriormente, el resultado es que tendrán que crecer todo lo que sea posible tanto la energía de origen hidráulico como la térmica convencional y la nuclear. En este sentido, la energía nuclear no va a sustituir a las otras formas de energía; sólo va a complementar lo que no podrán alcanzar las demás, dentro siempre de la economía comparada de todas ellas, es decir, los precios del kWh en cada momento, dato que será definitivo.

Todo lo que se ha indicado hasta el momento en este

capítulo va dirigido a tratar de deducir la demanda de uranio en España en los próximos años. En el cuadro 5.6-1 se especifican las posibles demandas, según dos diferentes hipótesis, deducidas del tipo de reactores que se vayan a instalar por las empresas productoras y referidas al período de tiempo de 1966 a 1985.

En la primera hipótesis o estrategia E-1 que figura en la tabla se supone que se instalarán reactores de agua ligera (en sus dos versiones de agua a presión y agua en ebullición) y reactores rápidos, estos últimos a medida que lo permitan las disponibilidades de plutonio. La segunda hipótesis supone una variación en el sentido de que desde 1978 las centrales térmicas nucleares que se instalen serán de agua pesada o reactores convertidores avanzados, manteniendo el criterio de instalar centrales nucleares de tipo rápido, siempre que las disponibilidades de plutonio lo permitan.

La comparación de este cuadro 5.1-6, en lo que se refiere a las necesidades de uranio en los próximos años, con lo indicado en el capítulo 4 respecto a las reservas y posibilidades de producción en los próximos años resulta mucho más significativa que lo que se pudiera decir sobre la necesidad ineludible de forzar en todo lo posible la investigación y puesta en explotación de nuevos yacimientos uraníferos en el país. Para el año 1980, según el cuadro 5.1-6, en su estrategia E-1, la demanda de uranio será de 1.520 t de U, mientras que la demanda acumulada en t de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> será de 10.305, es decir, la totalidad de nuestras reservas actuales a menos de 10 \$ la libra de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

CUADRO 5.1-6

DEMANDA DE URANIO EN ESPAÑA

(Sin reciclado)

AÑOS	Potencia instalada MW	Estrategia E-1 LWR + rápidos		Estrategia E-2 LWR + HWR (desde 1978) + rápidos	
		Demanda anual de U Toneladas	Demanda acumulada de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> Toneladas	Demanda anual de U Toneladas	Demanda acumulada de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> Toneladas
1966.....	—	77,4	91,3	77,4	91,3
1967.....	—	—	91,3	—	91,3
1968.....	150	236,5	370,4	236,5	370,4
1969.....	150	18,8	392,7	18,8	392,7
1970.....	600	496,6	978,9	496,6	978,9
1971.....	600	74,4	1.066,9	74,4	1.066,9
1972.....	1.000	183,2	1.283,3	183,2	1.283,3
1973.....	1.000	957,2	2.413,0	957,2	2.413,0
1974.....	1.000	440,9	2.933,4	440,9	2.933,4
1975.....	2.500	791,6	3.867,7	791,6	3.867,7
1976.....	3.000	654,7	4.640,4	396,7	4.335,9
1977.....	4.000	1.027,8	5.853,4	577,8	5.017,9
1978.....	5.000	1.076,2	7.123,4	721,3	5.869,2
1979.....	6.000	1.175,0	8.510,1	779,6	6.789,3
1980.....	7.000	1.520,9	10.305,0	811,4	7.746,8
1981.....	8.500	1.840,1	12.476,4	963,7	8.884,2
1982.....	10.500	1.749,9	14.541,5	1.051,6	10.125,1
1983.....	12.500	1.904,2	16.788,6	1.131,3	11.460,2
1984.....	14.500	2.002,4	19.151,5	1.194,7	12.870,0
1985.....	17.000	2.064,8	21.588,0	1.211,0	14.299,0



PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

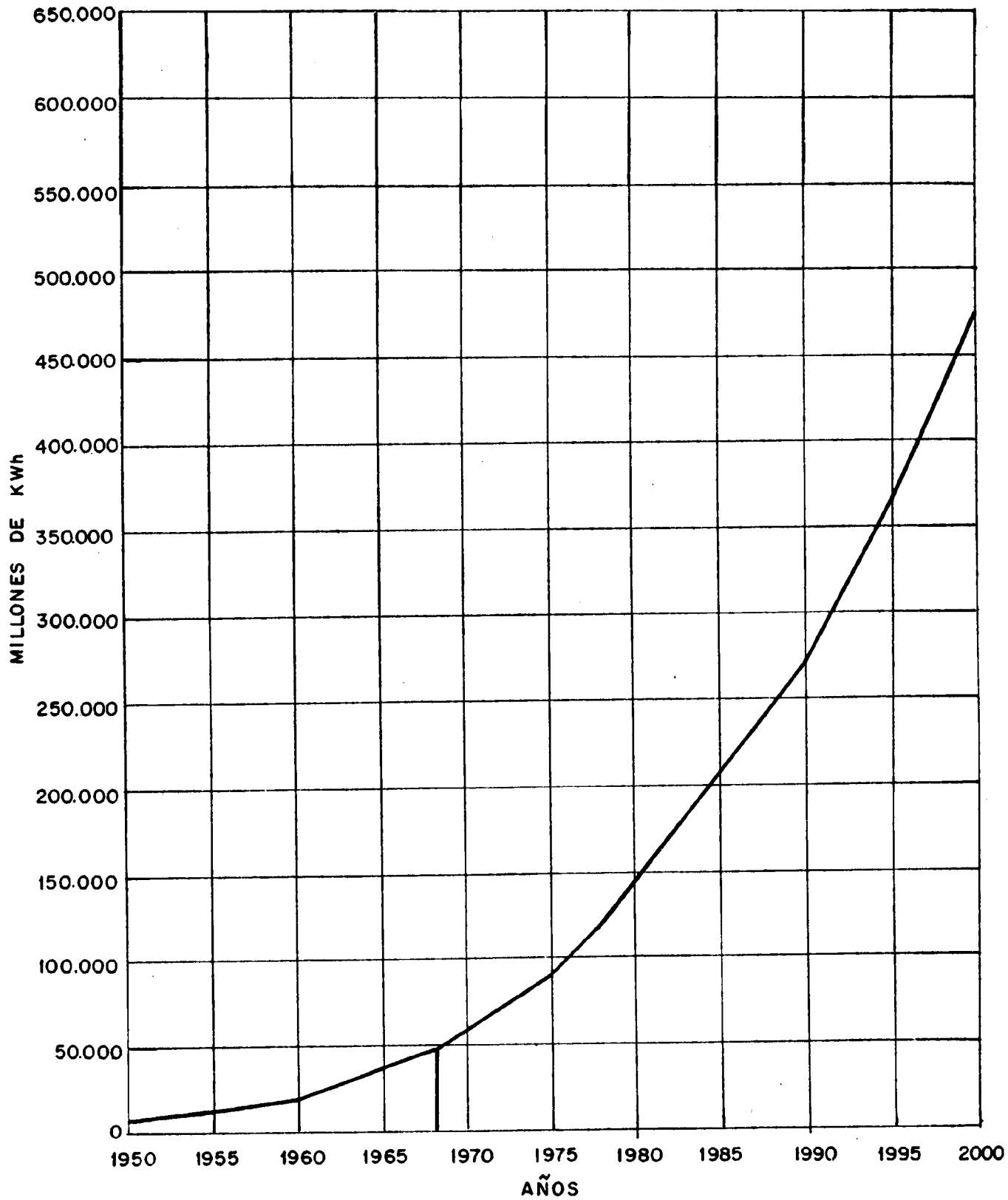


Figura 5.1-3

PORCENTAJE DEL TOTAL QUE REPRESENTA LA POTENCIA INSTALADA

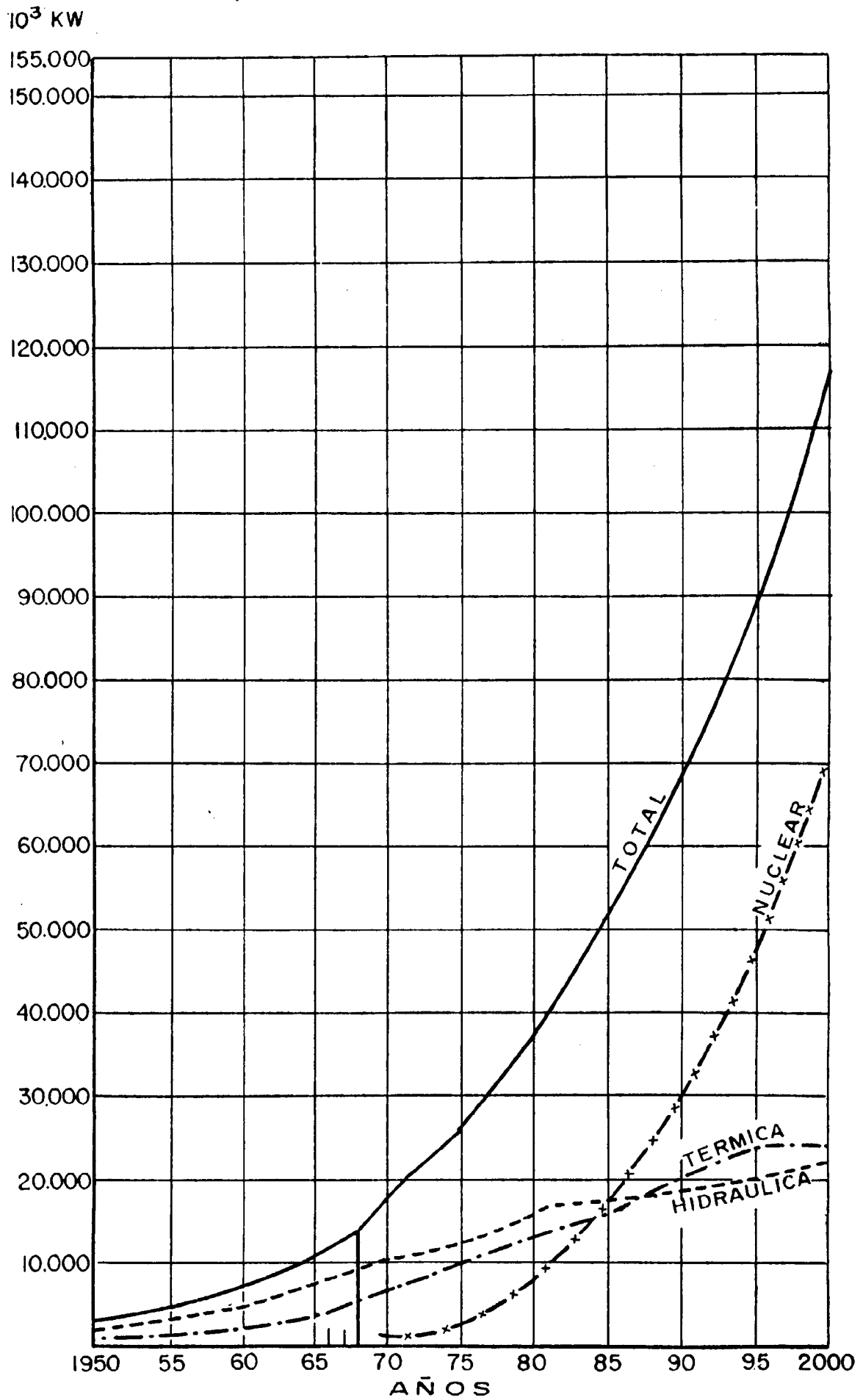


Figura 5.14

PORCENTAJE DEL TOTAL QUE REPRESENTA LA POTENCIA INSTALADA

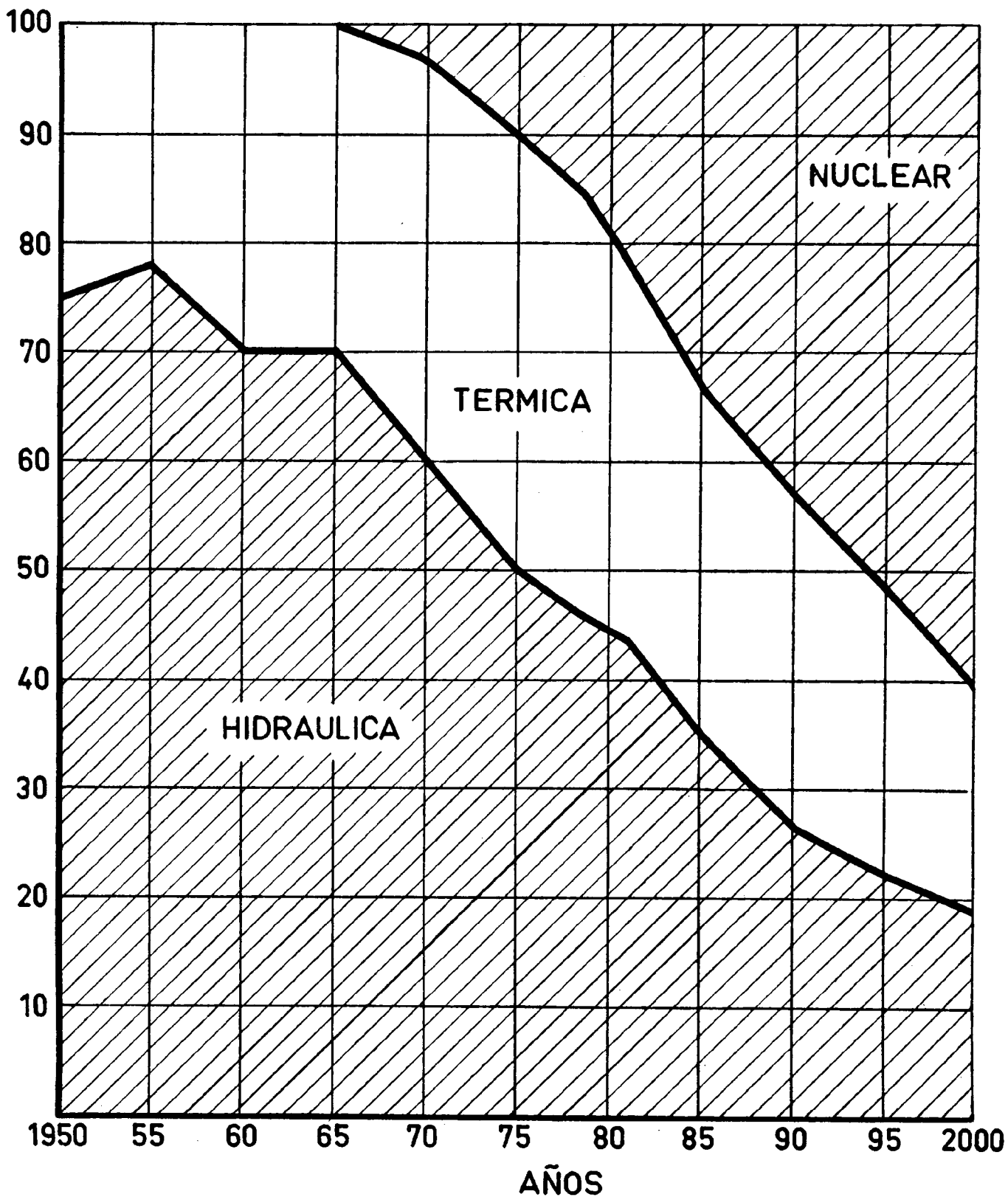


Figura 5.1-5

## **6. PROGRAMA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR Y PRESUPUESTO DE LOS MISMOS**

## 6.0 INTRODUCCION

En los apartados anteriores se han puesto de manifiesto los objetivos a cubrir por el sector y la justificación del esfuerzo que es necesario realizar para aumentar y poner en explotación las reservas uraníferas nacionales a la vista de un mercado interior más que suficiente.

La Junta de Energía Nuclear viene realizando una importante labor en este campo desde hace más de veinte años, y a esto se debe el que España sea un país con medianas reservas uraníferas (el segundo país de Europa y el sexto del bloque occidental) y el que haya adquirido toda la experiencia y la tecnología necesaria en la prospección, investigación, explotación y tratamiento de los minerales radiactivos.

Dentro del propio marco de la JEN, es decir, sin improvisar nada y sin partir de cero, aprovechando sus actuales efectivos y organización en este campo, simplemente con la decisión de completar algunos de sus efectivos de personal y disponibilidades de material, se puede imprimir un mayor ritmo a la gran tarea de tratar de aumentar nuestros recursos uraníferos; en cualquier caso se seguirán empleando a tope los recursos actualmente disponibles.

Para poner de manifiesto la programación prevista para los trabajos futuros de la JEN en la prospección y beneficio de los minerales radiactivos ha parecido conveniente referirlos a los años 1970-71 en primer lugar y al III Plan de Desarrollo, objetivo final del Plan Nacional de la Minería, ya que es poco conveniente llevar esta programación a un período de tiempo mayor de seis años, pues es un campo en el cual las previsiones a largo plazo deben estar basadas en los resultados obtenidos en la etapa anterior.

## 6.1 PROSPECCION

Puesto que la localización de indicios se realiza en la práctica por aproximaciones sucesivas, es decir, reconocimiento del terreno, previamente clasificado como favorable por sus características geológicas, mediante itinerarios a mallas cada vez más reducidas y que, por tanto, exigen cada vez más esfuerzos y más dificultades para ser previstos en una evaluación de los medios necesarios, ha de admitirse, de acuerdo con la experiencia, que a medida que transcurren los años son precisos más medios y que estas necesidades no crecen proporcionalmente al tiempo, sino a un ritmo mayor. El gradiente de este ritmo es difícil de determinar en el momento actual por las características geológicas de los terrenos a prospectar.

El territorio peninsular se puede dividir en dos grandes zonas, de acuerdo con sus características geológicas:

terrenos cristalino-hercinianos y orla sedimentaria alpina sumada a los recubrimientos terciarios de la meseta en las dos Castillas y depresiones del Ebro y Guadalquivir.

Mientras que la primera ha sido prospectada e investigada en su mayor parte, la segunda se encuentra en una fase inicial, por lo cual, con la experiencia adquirida, es relativamente sencillo hacer previsiones para aquélla, pero resulta más arriesgado en lo que se refiere a la segunda zona.

De todas formas, establecida la urgente necesidad de aumentar considerablemente las reservas uraníferas del país en un plazo relativamente breve, se deduce inmediatamente la conveniencia de elaborar un plan de trabajo, revisando los programas anteriores que venían desarrollándose con un determinado ritmo, de acuerdo con el máximo aprovechamiento posible de los efectivos de que se disponía; esta nueva programación supone, fundamentalmente, un incremento de medios técnicos, tanto de personal como de material adecuado.

El principio básico que sustenta el plan de reconocimiento de extensos territorios nacionales es su potencialidad en recursos uraníferos, deducida de un análisis detallado de sus características geológicas que al ser comparadas con las de provincias uraníferas mundiales presentan un balance de caracteres suficientemente favorables, ideas que se han venido reforzando a través de la experiencia adquirida en los trabajos llevados a cabo hasta el presente.

Por consiguiente se exponen a continuación las perspectivas uraníferas de nuestro país, deducidas por consideraciones de orden geológico para, previa deducción de los territorios ya reconocidos por la labor antes realizada, obtener las zonas que en principio poseen actualmente más posibilidades, el plan de prospección para seis años, con vistas a abarcar la mayor extensión posible dentro de estas zonas de selección preferentes, y, finalmente, el examen de las necesidades de personal y material precisos para llevarlos a cabo.

La dificultad del plan para seis años estriba precisamente en la selección de prioridad de las áreas a prospectar, ya que se realiza con ayuda de unas hipótesis metalogénicas en constante evolución, y en que la única base segura es el conocimiento geológico de los terrenos que constituyen nuestro país, además de los datos obtenidos en la realización de los trabajos.

### 6.1.1 POSIBILIDADES URANIFERAS EN ESPAÑA

De los 500.000 km<sup>2</sup> de extensión que posee España, aproximadamente 200.000 corresponden a los núcleos cristalino-hercinianos y el resto a terrenos de origen sedimentario.

La potencialidad uranífera de los primeros está ya de-

mostrada, pues en gran parte de ellos se han prospectado y localizado numerosos e importantes yacimientos, tanto en granito como en los metasedimentos enmarcantes.

En cuanto a los terrenos sedimentarios hay dos datos importantes que hacen pensar en sus buenas posibilidades: en primer lugar, la existencia de formaciones de origen continental, como son parte de las triásicas, infracretácicas y cenozoicas, que constituyen una roca encajante apropiada para albergar mineralizaciones uraníferas, y, en segundo lugar, la abundancia de indicios en todas estas formaciones, que ponen de manifiesto que ha habido una circulación intensa de soluciones oxidantes, de las que se han precipitado, en condiciones reductoras apropiadas, acumulaciones del citado metal.

El hecho de que ambos tipos de formaciones, permeables e impermeables, se presenten alternadas, plegadas después y erosionadas finalmente, hace que la distribución de los afloramientos sea muy irregular; por tanto, la consideración geológica induce a subdividir el total de los terrenos sedimentarios en áreas que presentan predominio de afloramientos permeables y, a ser posible, no muy trastornados por plegamientos, ya que una fuerte pendiente de una capa, aun portadora de uranio, hace rápidamente antieconómica su explotación en profundidad y favorece, además, la lixiviación de los posibles yacimientos. A estas áreas se las denominará de primera preferencia.

En esta revisión, y ateniéndose a las posibilidades de material y personal disponibles, se han de considerar en un segundo término, respecto a un orden de preferencia, otras áreas sedimentarias con posibilidades teóricas, y en algún caso reales, pero cuya tectónica más violenta, o topografía difícil, hacen problemáticos los resultados y más penosa su prospección sistemática. Sin duda alguna, habrán de revisarse estas áreas en el futuro, después de haberlo sido las de primera preferencia. Algunos núcleos pequeños ya localizados y de muy buen aspecto indican la conveniencia de investigarlos a lo largo de este plan de trabajo.

### 6.1.2 ZONAS RECONOCIDAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

La prospección de yacimientos de minerales radiactivos ha seguido en nuestro país, al igual que en otros extranjeros, un proceso evolutivo, caracterizado por un cambio en las directrices y un progresivo ajuste de los métodos, paralelo a la corrección de criterios, consiguiendo a un mejor conocimiento de los caracteres más favorables de nuestros diferentes terrenos y también a una mayor precisión de los conceptos metalogenéticos del uranio y del comportamiento de éste en relación con los procesos capaces de producir un enriquecimiento, un empobrecimiento o cualquier modificación.

El punto de partida, como siempre, fue el comienzo del trabajo postulando ideas metalogenéticas clásicas, así como el conocimiento de explotaciones antiguas o de citas de bibliografía mineral.

Esta primera etapa puede ser concretada en el reconocimiento de la zona cristalina de Monesterio, con fisuras rellenas de pegblenda y los trabajos efectuados en las pegmatitas de El Cabril (Córdoba).

Sin solución de continuidad, y previa organización de equipos, fue acometida la tarea del estudio de las formaciones hercinianas fundamentalmente graníticas; la orientación de estos trabajos se basaba en la búsqueda de brechas mineralizadas en relación con diques de cuarzo y en

asociaciones paragenéticas con otros minerales metalíferos. Con este criterio se efectuaron trabajos de prospección en las formaciones del Sistema Central y parte de sus plataformas.

El hallazgo de los yacimientos en pizarras de Salamanca y Cáceres planteó una problemática distinta, que ha aportado nuevas concepciones dentro del cuadro de procesos superficiales, tanto epitermales como supergénicos.

En una fase más evolucionada se orientó el trabajo en la prospección de yacimientos en el sedimentario, cuyo reconocimiento sistemático se inició a partir de 1963, prestando especial atención a los depósitos continentales con capas carbonosas, a las areniscas del Triás y a las arenas infracretácicas con materia orgánica; esto es lo que constituye el eje central de los nuevos trabajos en perspectiva.

Las zonas en las que se ha realizado esta prospección son las siguientes:

- Zona del Sudoeste.
- Zona Central.
- Zona del Noroeste.
- Zona Ibérica y Cataluña.

#### ZONA DEL SUDOESTE

Consecuencia de esta prospección fue la creación de los sectores mineros de Andújar y Cáceres y los geológicos de Don Benito y Oliva de la Frontera.

*Sector de Andújar:* Resultado de la prospección fue el hallazgo de las minas de La Virgen, Navalasno, los doce pozos de Cano, etc.

*Sector de Cáceres:* Los resultados aquí se concretan en las minas de Los Ratones, Valderrascón, Pedro Negro, La Carretona, etc.

*Sector de Don Benito:* La aparición de las minas Hoya del Lobo, María Lozano y El Pedregal son los más importantes hallazgos hasta el momento.

*Sector Oliva de la Frontera:* El resultado ha sido el hallazgo de la mina Cabra Baja y las mineralizaciones de davidita, pizarras feldespáticas y manifestaciones en pizarras silúricas de la corrida Encinasola-Santa Olalla de Cala, aún en fase final de investigación geológico-minera.

#### ZONA CENTRAL

Comprende las áreas del Macizo Central (Gredos) y el Sector de Zamora-Salamanca.

*Sector de Gredos:* Los resultados condujeron al hallazgo de las minas de El Berrocal, ya explotada, y las de La Gargüera, Carretero, Navarredonda, etc., aún no investigadas por labores mineras. Uno de los hallazgos más recientes se sitúa próximo a Piedrahita (Ávila) y parece corresponder a un tipo similar a los yacimientos en pizarras de Cáceres y Salamanca.

*Sector de Zamora-Salamanca:* Descubrimiento de las mineralizaciones en pizarras de los complejos de Fe, D, Esperanza, Alameda, Retortillo y Villavieja, además de los yacimientos en granito de Villar de Peralonso, Valdemascaño, etcétera.

#### ZONA DEL NOROESTE

Comprende fundamentalmente el macizo cristalino gallego y zonas occidentales de Asturias y León.

*Sector gallego:* Se han localizado numerosos indicios, tales como los de Bacurín, Brecha Incógnita, Santa Marta, Lalin, Sierra de Burgo, Montederramo, etc., aún en inves-

tigación mediante sondeos de carro perforador y corona de diamante y se han iniciado pequeñas labores mineras en la Brecha Incógnita.

*En Asturias:* Solamente se pueden citar unos indicios en las cercanías de Besullo, constituidos por masas pequeñas e irregulares de brannerita y uraninita.

## ZONA IBÉRICA Y CATALUÑA

Como hallazgos se pueden citar la cuenca lignito-uranífera de Calaf, las mineralizaciones de Soria, las formaciones filonianas de Figueras, etcétera.

### PROSPECCIÓN AÉREA

En las campañas de los años 1967 y 1968 se registraron, respectivamente, 18.000 km<sup>2</sup> a malla de 1.000 m y 23.500 km<sup>2</sup> a malla de 700 m. En la de 1969 se han cubierto 29.000 km<sup>2</sup> más y en 1970 la superficie prospectada ha sido de 41.000 km<sup>2</sup>.

Se han localizado numerosos indicios de Sacedón a Huete, en Molina de Aragón, zona del Viar, etc., todas ellas en curso de comprobación y delimitación actualmente por grupos de a pie.

## 6.2 PRESUPUESTO PREVISIBLE PARA PROSPECCION E INVESTIGACION DE YACIMIENTOS

### 6.2.0 INTRODUCCION

Según se ha dado a conocer en todo lo expuesto, existen unas necesidades previsibles muy amplias en el mercado interior del uranio. Se han señalado unas reservas estimables, pero insuficientes a largo plazo, y existen unas perspectivas fundadas de poder ampliar las mismas. En estas condiciones, resulta evidente que está justificado el realizar un esfuerzo para terminar de poner en evidencia una materia prima absolutamente necesaria para el país.

Para simplificar, se admite que es preciso aumentar sólo el personal de campo, permaneciendo invariable el necesario para los servicios auxiliares y de laboratorio, aunque sí se estiman convenientes algunas inversiones para los mismos. Para evaluar mejor los medios y personal necesarios, se va a considerar, separadamente, la prospección aérea de la que se realice sobre el terreno, aparte de las labores de investigación geológico-minera a realizar.

### 6.2.1 PLAN DE PROSPECCION PARA SEIS AÑOS

Examinados con criterio geológico los 500.000 Km<sup>2</sup> aproximados de la superficie del territorio español peninsular, y descontando la ya prospectada a grandes rasgos, se llega a las siguientes conclusiones:

Superficie prospectada: 150.000 Km<sup>2</sup>.

Superficie a prospectar: 150.000 Km<sup>2</sup>, de los que 75.000 kilómetros cuadrados se consideran de mayor interés y 75.000 Km<sup>2</sup> de menor.

Superficie con menores posibilidades: 20.000 Km<sup>2</sup>.

Se retienen, pues, en una primera aproximación, 150.000 Km<sup>2</sup> de áreas favorables a prospectar, además de determinadas zonas del núcleo cristalino-herciniano, vir-

genes o reconocidas a gran malla, para un repaso más detallado.

### 6.2.2 PROSPECCION AEREA

Para la prospección de tipo general (a gran malla) se cuenta con un instrumento muy valioso, como es la prospección aérea puesta a punto durante los últimos años. En la campaña que actualmente se está terminando, la prospección se acercará a los 40.000 Km<sup>2</sup>, e igual podrá hacerse en las siguientes. Desgraciadamente, como siempre ocurre en la investigación minera, tampoco este instrumento de trabajo es resolutivo. La prospección aérea puede señalar, y ya es bastante, las zonas de interés preferente sobre las que vale la pena utilizar las otras técnicas de investigación sobre el terreno. Lo que difícilmente ocurrirá en terrenos sedimentarios es que señale exactamente el gran yacimiento; se encontrarán anomalías extensas ligadas a un determinado horizonte estratigráfico, pero el verdadero yacimiento será necesario encontrarlo, si existe, en una escalonada secuencia de trabajos sucesivos, que se apoyan unos en otros, para ahorrar inversiones inciertas o poco fundamentadas en cada etapa.

En los años que comprende el III Plan de Desarrollo se podrá completar la prospección aérea de estos 150.000 kilómetros cuadrados y avanzar todo lo que sea posible en la prospección regional y detallada, así como en la investigación y valoración de los indicios encontrados.

En lo que respecta al personal, sería necesario reforzar los equipos existentes en un técnico superior más y tres auxiliares, para alcanzar la capacidad de cobertura propuesta.

### 6.2.3 PROSPECCION SOBRE EL TERRENO

Con el personal de campo de que se dispone actualmente, 121 en total (excluido el personal técnico superior), no se puede seguir, año por año, la capacidad de cobertura de la prospección aérea para examinar las áreas de interés señaladas por ésta.

Los ocho técnicos superiores con que se cuenta actualmente para dirigir los trabajos de campo, deberían elevarse a doce a la mayor brevedad posible. Un esquema teórico ideal, que se considera razonable y necesario poner en marcha para la plena efectividad del trabajo de campo sería, por cada uno de estos doce grupos de trabajo al mando de un titulado superior: tres jefes de misión, seis jefes de grupo y doce prospectores con categoría de laborantes. Es decir, un promedio de 21 personas y un total de 252.

Por diferencia con las 121 existente, sale un aumento necesario de 131 personas, que son las que se detallan en los presupuestos de los años 1972 a 1975.

### 6.2.4 DETALLE DEL PRESUPUESTO DE PROSPECCION E INVESTIGACION MINERA

Como consecuencia de lo que se acaba de exponer en lo que se refiere a los trabajos de prospección y lo que se indicó en el apartado 4.2 sobre las labores de investigación minera que resulta previsible realizar como consecuencia de aquéllos, se puede dar un presupuesto aproximado de todos estos trabajos. Las cifras dadas tienen toda la aproximación que es posible esperar de un trabajo de investigación geológico-minero en el cual, lo que se haga en definitiva, dependerá fundamentalmente de los resultados que se vayan obteniendo, por lo que resulta obligado consignar esta incertidumbre. Aunque todos los

datos están dirigidos a evaluar los gastos del cuatrienio 1972-75, se consigna también el presupuesto de 1971, por que sirve como modelo y punto de partida para los años del III Plan de Desarrollo.

Seguidamente se da una lista de las inversiones, año

por año, que se estiman precisas para llevar a cabo el programa de trabajos bosquejado, sin llegar al detalle de las que van a ser empleadas en cada una de las técnicas de prospección e investigación, que resultaría prolijo señalar.

### DETALLE DE LAS PREVISIONES DE GASTOS EN INVERSIONES EN PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION III PLAN DE DESARROLLO

AÑO 1971.....			21.112.481
INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA.....		5.000.000	
Vehículos.....	1.500.000		
Siete Land Rover.....	1.400.000		
Renault 4L.....	100.000		
Veinte scintilómetros.....	2.000.000		
Equipo de fuentes radiactivas y filtro para analizar portátil por fluorescencia Rayos X.....	200.000		
Microfotómetro para secciones pulidas.....	650.000		
Detector para mercurio.....	100.000		
Comprobador de transistores.....	50.000		
Perforadora de cinta para Olivetti 10-1.....	250.000		
Instrumental para análisis término diferencial.....	50.000		
Material diverso para laboratorio.....	200.000		
SONDEOS CORONA.....		16.112.481	
Tres bombas lodo, tres motores diesel y varillas.....	2.000.000		
Sonda sobre camión.....	6.100.000		
Sonda a construir para sedimentario.....	1.912.481		
Sonda para sedimentario.....	6.100.000		
AÑO 1972.....			31.100.000
INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA.....		13.000.000	
Vehículos.....	3.650.000		
Dos Renault 4L.....	200.000		
Quince Land Rover.....	3.000.000		
Quince motocicletas.....	450.000		
Setenta y cinco detectores.....	7.500.000		
Material de laboratorio.....	1.850.000		
INVESTIGACIÓN MINERA.....		500.000	
Camión.....		500.000	
SONDEOS WAGON-DRILL.....		500.000	
Land Rover.....	190.000		
Renaul 4L.....	93.000		
Bombas para ventiladores.....	150.000		
Construcción de pistas.....	58.000		
SONDEOS CORONA.....		17.100.000	
Dos sondas para terreno granítico.....	2.000.000		
Dos sondas para sedimentario.....	12.200.000		
Chasis de 26 toneladas.....	2.000.000		
Bombas y motores.....	500.000		
Dos Land Rover.....	400.000		
AÑO 1973.....			34.620.000
INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA.....		14.000.000	
Vehículos.....	3.650.000		
Dos Renault 4L.....	200.000		
Quince Land Rover.....	3.000.000		
Quince motocicletas.....	450.000		
Cincuenta y seis detectores.....	5.600.000		
Prospección aérea.....	2.000.000		
Material de laboratorio.....	1.250.000		
Técnicas auxiliares.....	1.500.000		
INVESTIGACIÓN MINERA.....		1.850.000	
Grupo electrógeno.....	400.000		
Dos camiones.....	650.000		
Electrificación.....	150.000		
Bombas para ventiladores.....	150.000		
Land Rover.....	400.000		
Renaul 4L.....	100.000		



SONDEOS WAGON-DRILL.....			3.370.000	
Motocompresor.....	1.200.000			
Equipo wagon-drill.....	2.170.000			
SONDEOS CORONA.....			15.400.000	
Dos sondas para granito.....	2.000.000			
Dos sondas para sedimentario.....	12.200.000			
Vehiculos.....	700.000			
Bombas y motores.....	500.000			
AÑO 1974.....				26.200.000
INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA.....			11.000.000	
Vehiculos.....	1.820.000			
Dos Renault 4L.....	200.000			
Seis Land Rover.....	1.200.000			
Catorce motocicletas.....	420.000			
Cincuenta y cinco detectores.....	5.500.000			
Material de laboratorio.....	2.180.000			
Técnicas auxiliares.....	1.500.000			
INVESTIGACIÓN MINERA.....			1.000.000	
Grupo electrógeno.....	500.000			
Camión de 5 a 6 toneladas.....	500.000			
SONDEOS WAGON-DRILL.....			1.500.000	
Compresor.....	1.200.000			
Land Rover.....	200.000			
Bombas para ventiladores.....	100.000			
SONDEOS CORONA.....			12.700.000	
Dos sondas para sedimentario.....	12.200.000			
Carroceta.....	350.000			
Bombas y motores.....	150.000			
AÑO 1975.....				14.500.000
INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA.....			9.000.000	
Vehiculos.....	1.780.000			
Dos Renault 4L.....	200.000			
Seis Land Rover.....	1.200.000			
Trece motocicletas.....	380.000			
Treinta y cinco detectores.....	3.500.000			
Material de laboratorio.....	2.210.000			
Técnicas auxiliares.....	1.500.000			
INVESTIGACIÓN MINERA.....			1.600.000	
Grupo electrógeno.....	500.000			
Compresor.....	1.100.000			
SONDEOS WAGON-DRILL.....			2.400.000	
Bombas para ventiladores.....	230.000			
Equipos wagon-drill.....	2.170.000			
SONDEOS CORONA.....			1.500.000	
Sonda.....	1.000.000			
Bombas y motores.....	500.000			
<b>TOTAL.....</b>				<b>127.532.481</b>

Como es preciso tener en cuenta la totalidad de los gastos que traerán consigo la ejecución de estos trabajos, se consigna seguidamente una estimación aproximada de estos gastos totales, año por año, separados en los conceptos de personal, mantenimiento e inversiones.

#### ESTIMACION DE GASTOS PREVISTOS EN PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION III PLAN DE DESARROLLO

AÑOS	Personal	Mantenimiento	Inversiones	TOTALES
1971.....	88.001.247	32.195.833	21.112.481	141.309.562
1972.....	105.835.000	40.250.000	31.100.000	177.185.000
1973.....	120.200.000	48.900.000	34.620.000	201.720.000
1974.....	132.900.000	56.250.000	26.200.000	215.550.000
1975.....	140.000.000	65.900.000	14.600.000	220.400.000

En estados anuales anexos se explican los motivos de incrementos.

**GASTOS DE PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION A DESARROLLAR EN 1971**

	Personal	Mantenimientos	Inversiones	TOTALES
Investigación minera.....	13.934.252	4.002.323	—	17.936.575
Sondeos corona.....	19.540.715	13.755.087	16.112.481	49.408.283
Sondeos wagon-drill.....	5.670.284	4.021.304	—	9.691.588
Prospección aérea.....	2.719.488	4.600.940	300.000	7.620.428
Prospección a pie.....	34.323.897	3.753.252	3.000.000	41.077.149
Técnicas auxiliares.....	11.812.612	2.062.927	1.700.000	15.575.539
<b>TOTALES.....</b>	<b>88.001.248</b>	<b>32.105.888</b>	<b>21.112.481</b>	<b>141.309.562</b>

*Personal:* Se mantiene la plantilla de 1970. Sobre gastos de 1969 se aumenta el 8,28 por 100 por mejoras en seguridad social y perfeccionamiento de trienios, así como 1.200.000 por indemnización de viviendas. Aquí se incluyen los gastos de dietas.

*Mantenimientos:* Valoraciones hechas con base de gastos en 1970, incrementados en un 8 por 100 por subida y restricciones anteriores.

**GASTOS DE PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION A DESARROLLAR EN 1972**

	Personal	Mantenimientos	Inversiones	TOTALES
Investigación minera.....	14.470.000	6.000.000	500.000	21.970.000
Sondeos corona.....	21.675.000	16.750.000	17.100.000	55.525.000
Sondeos wagon-drill.....	6.290.000	5.000.000	500.000	11.790.000
Prospección aérea.....	3.700.000	5.300.000	—	9.000.000
Prospección a pie.....	45.350.000	4.750.000	11.000.000	61.100.000
Técnicas auxiliares de geología.....	13.350.000	2.450.000	2.000.000	17.800.000
<b>TOTALES.....</b>	<b>105.835.000</b>	<b>40.250.000</b>	<b>31.100.000</b>	<b>177.185.000</b>

*Personal:* 6 por 100 de aumentos vegetativo y salarios, más incremento de 30 operarios en DIEM y 51 en DIG.

*Mantenimientos e inversiones:* Incrementos señalados por DIEM y DIG para el III Plan.

**GASTOS DE PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION A DESARROLLAR EN 1973**

	Personal	Mantenimientos	Inversiones	TOTALES
Investigación minera.....	16.800.000	7.500.000	1.850.000	26.150.000
Sondeos corona.....	23.500.000	19.750.000	15.400.000	58.650.000
Sondeos wagon-drill.....	6.800.000	5.500.000	3.370.000	15.670.000
Prospección aérea.....	3.900.000	5.600.000	2.000.000	11.500.000
Prospección a pie.....	53.900.000	5.500.000	10.500.000	69.900.000
Técnicas auxiliares de geología.....	15.300.000	3.050.000	1.500.000	19.850.000
<b>TOTALES.....</b>	<b>120.200.000</b>	<b>46.900.000</b>	<b>34.620.000</b>	<b>201.720.000</b>

*Personal:* 6 por 100 de aumentos vegetativo y salarios, más incremento de 20 operarios en DIEM y 51 en DIG.

*Mantenimientos e inversiones:* Incrementos señalados por DIEM y DIG para el III Plan.

**GASTOS DE PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION A DESARROLLAR EN 1974**

	Personal	Mantenimientos	Inversiones	TOTALES
Investigación minera.....	17.800.000	11.000.000	1.000.000	29.800.000
Sondeos corona.....	24.900.000	21.750.000	12.700.000	59.350.000
Sondeos wagon-drill.....	7.200.000	8.000.000	1.500.000	16.700.000
Prospección aérea.....	4.100.000	5.900.000	—	10.000.000
Prospección a pie.....	61.400.000	6.250.000	9.500.000	77.150.000
Técnicas auxiliares de geología.....	17.500.000	3.350.000	1.500.000	22.350.000
<b>TOTALES.....</b>	<b>132.900.000</b>	<b>56.250.000</b>	<b>26.200.000</b>	<b>215.350.000</b>

*Personal:* 6 por 100 de aumentos vegetativo y salarios, más incremento de 30 operarios en DIG.

*Mantenimientos e inversiones:* Incrementos señalados por DIEM y DIG para el III Plan.

**GASTOS DE PROYECTOS DE PROSPECCION E INVESTIGACION A DESARROLLAR EN 1975**

	Personal	Mantenimientos	Inversiones	TOTALES
Investigación minera.....	18.900.000	14.000.000	1.600.000	34.500.000
Sondeos corona.....	25.500.000	25.750.000	1.500.000	52.750.000
Sondeos wagon-drill.....	7.600.000	10.000.000	2.400.000	20.000.000
Prospección aérea.....	4.400.000	6.100.000	—	10.500.000
Prospección a pie.....	65.000.000	6.600.000	7.500.000	79.100.000
Técnicas auxiliares de geología.....	18.600.000	3.450.000	1.500.000	23.550.000
<b>TOTALES.....</b>	<b>140.000.000</b>	<b>65.900.000</b>	<b>14.500.000</b>	<b>220.400.000</b>

*Personal:* 6 por 100 de aumentos vegetativo y salarios.

*Mantenimientos e inversiones:* Incrementos señalados por DIEM y DIG para el III Plan.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

El presente trabajo del Programa Sectorial del Uranio ha sido redactado fundamentalmente a partir de informes internos de la Junta de Energía Nuclear, que es quien ha llevado a cabo prácticamente toda la labor desarrollada en este campo en el país.

Seguidamente se consignan diversos informes, artículos, monografías y libros publicados y que tienen relación con la industria uranífera. Se han entresacado sólo los que pueden ser más significativos, ya que existe una copiosísima publicación mundial sobre el uranio, probablemente más amplia que sobre cualquier otra sustancia mineral.

E. RAMÍREZ: *El batolito granítico de Plasenzuela (Cáceres)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», Madrid, tomo LI, pp. 35-37.

A. ARRIBAS, E. MINGARRO y D. SANTANA: *Radiactive Strata in Southern Siluriam*. SEEA. «Coloque de Geol. des Gisements d'Uranium», Madrid, 1957, pp. 243-250 (1957).

A. ARRIBAS, E. MINGARRO y D. SANTANA: *The Geological and Metalogenic Characters of Typical Uraniferous Veins in Spain*. SEEA. «Coloque del Gisements d'Uranium», Madrid, 1957, pp. 227-242 (1957).

D. SANTANA, J. DÍAZ PEDREGAL y A. PÉREZ LUIÑA: *Límites económicos de aprovechamiento de los minerales radiactivos españoles para obtener combustibles nucleares de uranio natural*. Conference Mondiale de l'Énergie, Montreal (1958).

E. RAMÍREZ y L. C. GARCÍA DE FIGUEROA: *Radiactividad del batolito del Pedroso (Sevilla, España)*. Actas de la II Conferencia Internacional sobre Usos Pacíficos de la Energía Atómica, Ginebra, 1968. Documento P/1.420. Ginebra (1959).

M. ALÍA, J. A. FERNÁNDEZ POLO, J. L. REBOLLO, C. BONET y F. DE PEDRO: *Mineralizaciones radiactivas en las zonas centrales españolas*. Actas de la II Conferencia Internacional sobre Usos Pacíficos de la Energía Atómica, Ginebra, 1958. Documento P/1.419. Ginebra (1959).

A. ARRIBAS: *Mineralizations Uraniferes Alpines en Espagne*. SEEA. «Coloque des Gisements d'Uranium», Grenoble, 1959, pp. 40-48 (1959).

A. ARRIBAS y F. CATALINA: *Empleo del microscopio electrónico en el reconocimiento de los minerales constituyentes de las gummitas*. «Anales Real Soc. Esp. Fis.-Quím.», 56, 237 (1960).

M. ALÍA: *Relaciones entre mineralizaciones uraníferas en España y la evolución morfológica*. «XXI Congr. Geol. Internacional», sección XV, pp. 67-72, Copenhague (1960).

A. ARRIBAS: *Estudio petrográfico, mineralógico y metalogénico de los yacimientos españoles de minerales radiactivos*. Tesis doctoral, Universidad de Madrid (1961).

E. BERMÚDEZ, J. M. MARTÍNEZ MORENO, C. GÓMEZ HERRERA y C. JANNER: *Prospección de uranio mediante el análisis de las aguas residuales de las almazaras*. «Energía Nuclear», Madrid, 6, 22, 55 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Epila (Zaragoza)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 60, pp. 229-236 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Cazorla (Jaén)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 60 pp. 237-242 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Santa Elena (Jaén)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 60, pp. 243-251 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos uraníferos de Burguillos del Cerro*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 18, pp. 173-192 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia del yacimiento uranífero de Los Ratones (Albalá, Cáceres)*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 18, pp. 117-131 (1962).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de las pizarras uraníferas de la provincia de Salamanca*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 18, pp. 155-172 (1962).

M. A. GARCÍA CORRAL y J. M. BRETONES: *La lixiviación natural de «La Carretona» y «Caridad»*. «Actas del I Coloquio Franco-luso-español de Lixiviación y Percolación», Junta de Energía Nuclear, Madrid (abril 1963).

M. A. GARCÍA CORRAL: *Estudio de la concentración del mineral de «Los Ratones» por estrío electrónico*. «Energía Nuclear», Madrid, 7, 27, 30 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: los indicios con davidita de Villanueva del Fresno (Badajoz)*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 19, pp. 23-51 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia del yacimiento uranífero «La Virgen», Andújar (Jaén)*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 19, pp. 15-31 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Porriño (Pontevedra)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 61, pp. 51-57 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Paracuellos del Jarama (Madrid)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 61, pp. 59-62 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia del yacimiento uranífero de Valderrascón, Alburquerque (Badajoz)*. «Bol. Instituto Geológico y Minero de España», vol. 70, pp. 5-23 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia del yacimiento uranífero de Valdemascaño, Lumbrales (Salamanca)*. «Bol. Instituto Geológico y Minero de España», vol. 70, pp. 25-45 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia del yacimiento uranífero de Monasterio (Badajoz)*. «Bol. Instituto Geológico y Minero de España», vol. 70, pp. 47-69 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Fuenteovejuna (Córdoba)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 61, pp. 63-65 (1963).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Cardena (Córdoba)*. «Bol. Instituto Geológico y Minero de España», vol. 76, pp. 45-78 (1964).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: El Berrocal, Escalona (Toledo)*. «Bol. Instituto Geológico y Minero de España», vol. 77 (1964).

A. ARRIBAS: *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio: Villar de Peralonso (Salamanca)*. «Est. Geológicos del Inst. L. M. del CSIC», 20 (1964).

J. LIARTE HURTADO: *Estudio sobre la ventilación de las minas de uranio*. Tesis doctoral (1962).

- J. MARTÍN-DELGADO: *Proyectos de pozo Maestro de la mina de «La Virgen»*. Tesis doctoral, ETSIM (1961). Madrid.
- E. RAMÍREZ: *El yacimiento de «Los Ratonés», Albalá (Cáceres)*. «Notas y Comunicaciones», Inst. Geol. y Minero de España, Madrid (1966), 99-100, 43 (1967).
- J. MARTÍN-DELGADO y R. ARTEAGA: *Investigación y explotación de la mina de «La Virgen»*. II Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Sevilla (1964).
- A. MARTÍNEZ: *Explotación por cámara almacén con corona artificial*. II Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Sevilla (1964).
- E. MINGARRO y F. CATALINA: *The geochemical process of alteration of primary uranium-ores and electron microscopic study of these ore*. Conferencia Int. de Nac. Unid. sobre utiliz. energ. atóm. con fines pacíficos, Ginebra (1958).
- E. MINGARRO: *Aplicación de la microscopía electrónica al estudio de los yacimientos de uranio*. «Anal. Real Soc. Española de Física y Química» (1959).
- E. MINGARRO: *Análisis cuantitativo de elementos de concentraciones mínimas. I. Determinación de Ni y Co en suelos*. «Anal. Real Soc. Española de Física y Química» (1960).
- E. MINGARRO: *Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos. I.* «Notas y Com. Inst. Geol. y Minero de España», núm. 73 (1964).
- M. MARTÍN: *Estudio geológico del yacimiento uranífero «La Carretona», Albalá (Cáceres)*. «Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 96 (1967).
- E. IRANZO y J. LIARTE: *Control de los peligros de la radiactividad en las minas de uranio españolas*. Actas del Symposium on Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials. Viena, 1963, vol. I, JEN-125 (1963).
- E. IRANZO y E. MINGARRO: *Emplazamiento de residuos sólidos de nivel bajo e intermedio*. Simposio on «Disposal of radioactive waste into the ground». SM-93/5, OIEA, Viena (1967).
- J. L. ANTOÑANZAS, E. FUSTEL, L. GUTIÉRREZ JODRA, J. L. HERNÁNDEZ VARELA, M. LÓPEZ RODRÍGUEZ, J. MARTÍN-DELGADO y J. SUÁREZ FEITO: *Combustibles nucleares*. Actas del II Congreso de FORATOM, Frankfurt (1965).
- J. MARTÍN-DELGADO: *Perspectivas de la producción y consumo de uranio en el mundo durante los próximos diez años*. II Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Sevilla, octubre (1964).
- J. MARTÍN-DELGADO y M. LÓPEZ RODRÍGUEZ: *Consideraciones en torno a una buena administración de las reservas españolas de uranio*. III Jornadas Nacionales y I Internacionales Minero-Metalúrgicas, mayo (1967).
- L. C. GARCÍA DE FIGUEROA: *El ciclo geoquímico del uranio*. Energía Nuclear, Madrid, 1, 2, 59 (1957).
- M. ALÍA: *Results obtained in the radioactive prospection of some Spanish areas*. SEEA Colloque de Geol. des Gisements de Min. d'Uranium, Madrid, 1957, p. 53 (1957).
- M. ALÍA: *Los principales tipos de yacimientos de uranio y torio*. Energía Nuclear, 1, 1, 59 (1957).
- M. ALÍA: *Prospección de minerales radiactivos*. Actas del Ciclo de Conf. «El átomo y sus aplicaciones pacíficas». Sind. Nac. Ag. Gas y Elec., p. 97 (1958).
- M. ALÍA: *Los yacimientos de uranio y su prospección*. «Armor», número 156 (1958).
- M. ALÍA: *El Centro Nacional de Energía Nuclear «Juan Vigón». El Servicio de Investigación Geológica*. Energía Nuclear, Madrid, 2, 7, 4 (1958).
- E. MINGARRO: *El Centro Nacional de Energía Nuclear de la Moncloa. El laboratorio petrográfico de la JEN*. Energía Nuclear, Madrid, 2, 7, 4 (1958).
- M. A. GARCÍA CORRAL: *Enriquecimiento de los minerales radiactivos*. Actas del Primer Coloquio de Información Geológica y Minera de los minerales radiactivos. Junta de Energía Nuclear, Madrid, noviembre (1959).
- M. A. GARCÍA CORRAL: *Concentración de minerales radiactivos por estrío electrónico*. «Minería y Metalurgia», año XIX, número 214, febrero (1959). Energía Nuclear, Madrid, 3, 9, 53 (1959).
- M. ALÍA: *Yacimientos de radiactivos en el Silúrico español*. Actas del XX Cong. Geol. Int. México, 1956, pp. 1-6 (1959).
- E. RAMÍREZ: *La prospección del uranio en el Comisariado Francés de la Energía Atómica*. Energía Nuclear, Madrid, 3, 9, 38 (1959).
- F. PASCUAL: *La economía de los minerales de uranio y sus concentrados*. Energía Nuclear, Madrid, 4, 13, 19 (1960).
- M. A. GARCÍA CORRAL: *Concentración física de los minerales de uranio*. «Minería y Metalurgia», 20, núm. 236, 39 (1960).
- D. DíEZ SERRANO: *La electrónica aplicada a la prospección del uranio*. «Revista de Telecomunicación», diciembre (1960).
- A. ARRIBAS: *Yacimientos alpinos de uranio en España*. «Est. Geol. Inst. L. M. del CSIC», 150 (1960).
- M. ALÍA: *Relaciones entre mineralizaciones uraníferas en España y la evolución morfológica*. Actas del XXI Congreso Geológico Internacional, Copenhague, sección 18, pp. 103-202 (1960).
- A. ARRIBAS: *Mineralogía de los yacimientos españoles de uranio*. Actas del XXI Congreso Geológico Internacional, Copenhague, sección XV, pp. 98-108 (1960).
- F. DE PEDRO: *El Centro Nacional de Energía Nuclear «Juan Vigón»*. Actividades del grupo de Geoquímica. Energía Nuclear, Madrid, 4, 15, 4 (1960).
- T. BATUECAS y M. A. GARCÍA CORRAL: *Métodos de beneficio de minerales de uranio por lixiviación natural, estudios, realizaciones y programa de desarrollo en este campo de la JEN. Su aplicación al aprovechamiento integral de yacimientos de uranio*. Primeras Jornadas Nucleares del Fórum Atómico Español. Madrid, mayo 1963, Ponencia II-d-4 (1963).
- M. ALÍA: *Programa general de prospección de minerales radiactivos en España*. Primeras Jornadas Nucleares del Fórum Atómico Español. Madrid, mayo 1963, Ponencia II-d-1 (1963).
- G. MORALES y J. A. FERNÁNDEZ POLO: *Informe del yacimiento uranífero de Villar de Peralonso*. Primeras Jornadas Nucleares del Fórum Atómico Español. Madrid, mayo 1963, Ponencia II-d-11 (1963).
- G. MORALES: *Aplicación de sondeos con wagon-drill a la investigación de yacimientos uraníferos en pizarras*. Primeras Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas en Sevilla, octubre (1964).
- F. ZURIAGA: *Prospección geofísica del uranio en la Junta de Energía Nuclear*. Energía Nuclear, Madrid, 8, 30, 10 (1964).
- M. ALÍA: *Prospección de minerales radiactivos*. Iniciación al Estudio de la Energía Nuclear, 210-219. Publicaciones de la D. G. de Enseñanza Media, Madrid (1965).
- V. MEMBRILLERA: *La minería del uranio*. Iniciación al Estudio de la Energía Nuclear, 220-228. Publicaciones de la D. G. de Enseñanza Media, Madrid (1965).
- V. MEMBRILLERA, J. M. JOSA y E. DELGADO: *El uranio en España: Situación actual y perspectivas*. Actas de la III Conferencia Internacional sobre la utilización de la Energía Atómica con fines pacíficos. Ginebra (1964). Documento P/494 (1965).
- J. MARTÍN-DELGADO: *Labores mineras que se realizan en la sección destacada de Andújar de la Junta de Energía Nuclear*. I Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Oviedo (1960).
- J. LIARTE: *La prevención de los riesgos debidos a la radiactividad en las minas de la JEN*. II Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Sevilla (1964).
- F. ZURIAGA COLL: *Características de la prospección geofísica en los yacimientos uraníferos de pizarras*. Coloquio Luso-Hispano-Francés sobre yacimientos uraníferos en terrenos de pizarras. Ciudad Rodrigo, noviembre (1965).
- E. RAMÍREZ y A. MARTÍNEZ: *El yacimiento uranífero de «Los Ratonés», Albalá (Cáceres)*. «Energía Nuclear», 10, núm. 41 (1966).
- J. MARTÍN-DELGADO: *La recherche et l'exploitation des ressources uraníferes espagnoles*. «Energie Nucleaire», 8, núm. 7 (1966). «Energía Nuclear», 8, núm. 45 (1967).
- J. LIARTE: *Las áreas uraníferas españolas*. III Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas y I Internacionales, Gijón (1967). «Energía Nuclear», 11, núm. 47 (1967).
- A. MARTÍNEZ: *El sector minero de Cáceres-Badajoz de la Junta de Energía Nuclear*. I Jornadas Nacionales Minero-Metalúrgicas, Oviedo (1960).
- E. RAMÍREZ: *Mineralizaciones uraníferas en el metamórfico de Cáceres*. Coloquio sobre yacimientos uraníferos en pizarras, Ciudad Rodrigo (1965).
- E. RAMÍREZ: *El yacimiento uranífero de «La Hoya del Lobo», Badajoz*. «Energía Nuclear», núm. 54 (1968).

- A. MARTÍNEZ MARTÍNEZ: *Nuevas técnicas en la explotación de yacimientos minerales y su aplicación a los de uranio*. «Revista Energía Nuclear», núm. 57, año XIII, enero-Febrero (1969).
- M. ALÍ: *Relaciones genético-estructurales de algunos tipos de mineralizaciones uraníferas españolas*. JEN-101 (1962).
- E. MINGARRO: *Estudio mineralógico del material beneficiable procedente de la «Mina Fe», Ciudad Rodrigo (Salamanca)*. JEN-110 (1962).
- E. MINGARRO: *Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos uraníferos. II. Algunos problemas del estado termodinámico de los sistemas metalogénicos*. JEN-155 (1965). *Geology of uranium and thorium*. Bibliographical series núm. 4. International Atomic Energy Agency, Viena, 1962.
- Actas de la Conferencia Internacional sobre la utilización de la Energía Atómica con fines pacíficos*. Ginebra, 1955. Naciones Unidas, Ginebra, vol. 6, Geología del Uranio y del Torio (1956).
- Actas de la Segunda Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre la utilización de la Energía Atómica con fines pacíficos*. Ginebra, 1958. Naciones Unidas, Ginebra, vol. 2, las materias (1958).
- Proceedings of the Third International Conference on the peaceful uses of Atomic Energy*. Geneve, 1964. UN, New York 1965, vol. 12. Nuclear Fuels. III Raw Materials.
- EMIL KOHL: *Uran. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart* (1954).
- MARCEL ROUBAULT: *Geologie de l'Uranium*. Masson et Cie. París (1958).
- E. W. HEINRICH: *Mineralogy and geology of radioactive raw materials*. Mac Graw-Hill Book Company, Inc. New York (1958). (Existe una traducción al español, publicada por Omega.)
- Exploration for nuclear raw materials*. Edited by Robert D. Ninninger. D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New Jersey (1956).
- ROBERT D. NINNINGER: *Minerals for atomic energy*. D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New Jersey (1954).
- J. GEFROY, J. A. SARCIA y JEAN CHERVET: *Les minerais uraníferes français et leurs cisements*. Tome premier. Pt. 1: *Les minerais noirs*. Pt. 2: *Les minerais secondaires*. Institut. National des Sciences et Techniques Nucleaires, Saclay (France) (1960).
- HENRY FAUL: *Nuclear geology*. John Wiley and Sons, Inc. New York (1954).
- M. M. KONSTANTINOV: *Prospecting criteria for uranium deposits*. «Atomnaya Energiya», 8, No. 3 (1969). (En ruso.)
- V. ANGELELLI: *Los minerales de uranio, sus yacimientos y prospección*. Comisión Nacional de Energía Atómica. Departamento de Geología y Minería. Buenos Aires (1958).
- F. KIRCHNEIMER: *El uranio y su historia*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1963. Stuttgart. (En alemán.)
- A. MANCHER: *Los depósitos uraníferos*. Friedr. Wieweg and Sohn. Brunswick (1962). (En alemán.)
- OLSON J. C.: *Geologic distribution and resources of thorium*. Overstreet, W. C. (Geological Survey, Washington, D. C.). Bulletin 1204. *Geology of uranium and thorium*. Bibliographical Series núm. 31, vol. II (1961-1966). International Atomic Energy Agency, Viena, 1968.
- Geologic investigations of radioactive deposits, 1942-60*. A Bibliography of U. S. Geological Survey Publications on the Geology of Radioactive Deposits. TEI-777. Geological Survey, Washington, DC (1961).