

de los beneficios en función de los costos, la asignación de prioridades sería probablemente más racional.

La sesión final del simposio fue dedicada a un debate de expertos que estuvo muy concurrido, para el que los participantes habían presentado durante la reunión más de veinte preguntas por escrito. El tema del debate fue la significación de los efectos sinérgicos y combinados para el desarrollo futuro de los programas nucleoelectrónicos, y la necesidad de nuevos estudios en este terreno. En general se llegó a la conclusión de que los estudios efectuados hasta ahora sobre los efectos sinérgicos y combinados indicaban que, en este aspecto, las consecuencias de los programas nucleoelectrónicos no constituirán una amenaza grave para el medio ambiente. Sin embargo, también se advirtió que era preciso continuar las investigaciones de los efectos sinérgicos y combinados con el fin de conseguir más pruebas en este terreno.



INFORME ACERCA DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE
EL FENOMENO DE OKLO, LIBREVILLE (GABON), JUNIO DE 1975
A la reunión asistieron 73 participantes de 19 países

El fenómeno de Oklo

Del 23 al 27 de junio del presente año tuvo lugar en Gabón, Africa Occidental, una conferencia científica sobre el fenómeno de Oklo. La conferencia fue organizada conjuntamente por el Organismo Internacional de Energía Atómica, las autoridades gabonesas y la Comisión Francesa de Energía Atómica. El fenómeno de Oklo, que debe su nombre a una mina de uranio existente en Gabón, reviste considerable interés para los geólogos, especialistas en geoquímica isotópica y físicos de reactores. En efecto, se ha descubierto que, hace unos 1800 millones de años, estuvieron produciéndose reacciones nucleares, durante un período de por lo menos cien mil años, en este rico yacimiento uranífero.

DESCUBRIMIENTO DEL REACTOR NUCLEAR FOSIL

En septiembre de 1972, los científicos de todo el mundo se enteraron de un descubrimiento realizado por investigadores de la Comisión Francesa de Energía Atómica: la prueba de que en una época muy remota se produjeron reacciones en cadena de fisión en el yacimiento uranífero de Oklo (Gabón). El lugar de las reacciones estaba formado por varios criaderos de mineral uranífero muy rico. En conjunto, intervinieron en las reacciones más de 500 toneladas de uranio, y la cantidad de energía liberada se aproximó a 100×10^9 kWh. En determinados puntos, el flujo neutrónico integrado excedió de $1,5 \times 10^{21}$ n/cm², habiéndose encontrado muestras en las que la concentración del isótopo ²³⁵U era sólo de 0,29% (frente a 0,72% en el uranio natural). Los mecanismos de control de las reacciones nucleares que permitieron se alcanzasen valores tan elevados tuvieron que ser excepcionales en grado sumo.

El estado de conservación de las reacciones nucleares fósiles es muy bueno; el uranio ha conservado su configuración original tan fielmente que es posible interpretar según la física neutrónica la distribución de las intensidades de reacción en las formaciones. En realidad, se puede estudiar todo un episodio de la historia geológica, gracias a los numerosos "trazadores" nacidos de las reacciones nucleares, desde el depósito de concentraciones de uranio sumamente altas, hace unos 1800 millones de años, hasta las alteraciones recientes.

El OIEA estimó que el fenómeno de Oklo constituía un tema excelente para la cooperación internacional en la investigación básica y aceptó gustoso la propuesta formulada por el Gobierno del Gabón y la Comisión Francesa de Energía Atómica de reunir un simposio para dar a conocer los resultados ya conseguidos, comparar sus interpretaciones y redactar posibles programas de investigación conjunta.

El programa del simposio, que había sido organizado en gran parte por el Centre d'études nucléaires de Saclay, abarcó tres temas principales: Ciencias de la tierra, geoquímica isotópica y física de los reactores.

CIENCIAS DE LA TIERRA

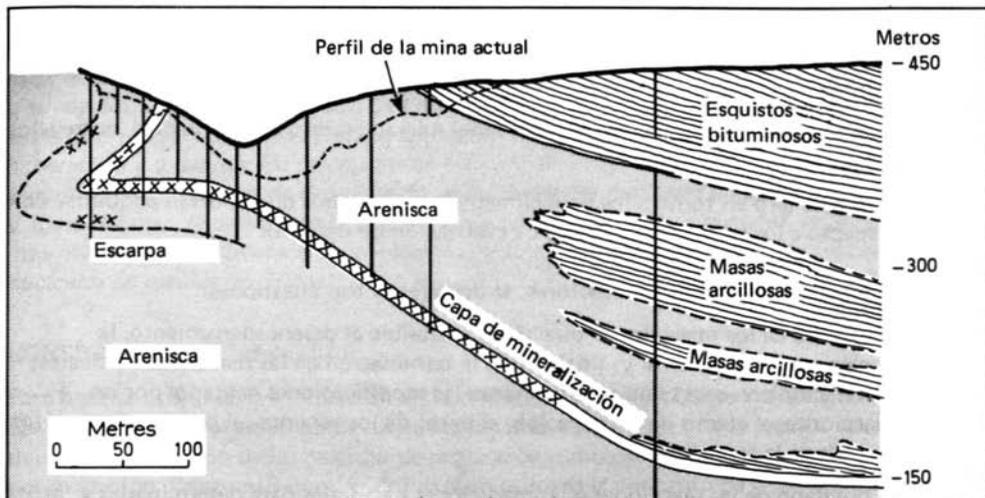
En la reunión se hizo primero un breve examen de la situación general de la serie sedimentaria precámbrica en que se encuentra el yacimiento de Oklo, en relación con el Continente Africano, y después se discutieron datos más generales acerca de la cuenca de Franceville, a fin de determinar la relación cronológica existente entre las diversas unidades geológicas así como la disposición del yacimiento uranífero de Oklo en detalle. Se examinaron los aspectos mineralógicos y petrográficos de las gangas y de las rocas de la comarca, y se describió la distribución especial de todos los efectos conservados en los minerales en la zona de las reacciones fósiles de Oklo y en sus alrededores. Se demostró que en la formación de nuevas especies mineralógicas había influido el calor generado en la reacción. Otras memorias estudiaron la microdistribución de los daños radioinducidos, la química del carbono y la distribución de los gases raros, todo ello como parte de un análisis multidisciplinario de los minerales uraníferos de Oklo.

GEOQUIMICA ISOTOPICA

Las sesiones científicas sobre geoquímica isotópica comenzaron con una descripción del descubrimiento de la anomalía y de los métodos de análisis isotópico empleados, con anterioridad y con posterioridad al descubrimiento, para investigar los componentes y comprobar la existencia de la anomalía. Otras memorias estudiaron la edad de los minerales de uranio y la fecha de las reacciones nucleares. Se demostró que los datos del uranio y/o de los productos de fisión son sumamente discordantes en la periferia de la zona del reactor. Es posible que esta parte del reactor haya estado sometida a alteraciones físicas y químicas bastante fuertes, en comparación con la región central del depósito de mineral. Se estudió el significado de la migración de nucleidos en Oklo en relación con el problema del almacenamiento geológico de desechos radiactivos, y se señaló que, en el ambiente geoquímico de Oklo, a lo largo de los 1800 millones de años últimos, los elementos producidos por fisión cuya migración había sido importante eran los siguientes: Kr, Xe, Cs, Sr, Ba, Mo y I. Dos de estos elementos móviles son significativos desde el punto de vista del almacenamiento de desechos nucleares, el Sr y el Cs, y se hizo notar que la movilidad del Sr no era lo suficientemente grande para producir su desplazamiento total. Es posible que la velocidad de dispersión fuera tan baja en relación con el período de semidesintegración del (⁹⁰)Sr (29 años), que los escapes de estroncio radiactivo en la zona del reactor fuesen nulos o insignificantes.

FISICA DE LOS REACTORES

Se presentaron memorias que examinaban las reacciones desde el punto de vista de la física de los reactores, y contenían estudios sobre el equilibrio neutrónico en las reacciones nucleares de Oklo, así como sobre la distribución de las fluencias por análisis isotópico de las tierras raras, la interpretación según el flujo neutrónico, de la distribución de las intensidades de reacción, los modelos de comportamiento del uranio y de los productos de fisión, y los problemas planteados por los mecanismos de regulación de las reacciones.



Dibujo a escala de la formación de la mina de Oklo. Fuente: New Scientist

REUNIONES DE EXPERTOS

Se organizaron reuniones de expertos dedicadas a los tres temas principales y a las investigaciones necesarias en el futuro, en las que se examinaron una serie de cuestiones relacionadas con las ciencias de la tierra, en particular:

- 1) si la reconcentración del uranio que dio origen a las masas de mineral que produjeron las reacciones, ocurrió en la misma época en que se acumuló el uranio en el resto del yacimiento, o si tuvo lugar más tarde
- 2) si la acumulación del uranio se debió, primariamente, a factores de sedimentación o a factores tectónicos
- 3) cuál fue el papel de las sustancias orgánicas y cómo se explica su ausencia en las zonas de reacción
- 4) si las diferencias mineralógicas que se observan entre el mineral de la zona de reacción y el de la zona circundante están relacionadas con la acumulación del uranio, o son consecuencia de reacciones nucleares
- 5) cómo pueden armonizarse las pruebas que demuestran la estabilidad del uranio y, al mismo tiempo, la reestructuración de los minerales de las gangas
- 6) cuáles son el alcance y la escala cronológica probable de la diagénesis consecutiva a las reacciones nucleares y cuáles fueron las presiones y temperaturas primarias durante las diferentes fases.

En relación con la geoquímica isotópica se examinaron las siguientes cuestiones:

- 1) las conclusiones sobre la estabilidad del uranio en la aureola de contaminación y los problemas de las proporciones de plomo y de cómo pueden armonizarse los resultados diferentes, en particular explicarse el constante déficit de plomo en las zonas de reacción
- 2) la migración de las tierras raras en relación con el uranio

- 3) los problemas de los alcalinos y la interpretación de los resultados de la datación geocronológica en función de los alcalinos
- 4) la información disponible referente a la fecha de la reacción
- 5) las conclusiones relativas a la estabilidad y migración de otros elementos, entre ellos el Pu y, finalmente,
- 6) el debate giró en torno a los conocimientos provechosos que podrían adquirirse con respecto a los problemas actuales de evacuación de desechos.

Dentro del tema de la física de los reactores, se debatieron tres cuestiones:

- 1) el estudio de los mecanismos que hicieron posible el desencadenamiento, la continuación, el control y, finalmente, la terminación de las reacciones nucleares; en relación con este tema se examinaron las modificaciones causadas por las reacciones, el efecto de propagación, el papel de los venenos, el papel del agua y los efectos de la temperatura
- 2) la duración de las reacciones y las mediciones necesarias para determinarlas y las modificaciones de la intensidad de las reacciones durante ese período de tiempo
- 3) el posible valor de los estudios termohidrogeológicos y también el asunto de si la eventual repetición del fenómeno tendría carácter excepcional o podría predecirse.

INVESTIGACION FUTURA

Se trató del futuro del lugar y de las medidas adoptadas para su conservación, y se convino en que debía ampliarse la labor de muestreo a fin de obtener materiales para la investigación futura.

Quedó bien patente el deseo de todos los participantes de que continúen las reuniones de expertos de esta naturaleza y se pidió que, de ser posible, el Organismo examinase la conveniencia de contribuir al patrocinio de los tres grupos de trabajo técnico especializado.

Se espera que el Organismo publique, antes de fin de 1975, las actas completas del simposio.



SIMPOSIO INTERNACIONAL, OTANIEMI, 30 DE JUNIO—4 DE JULIO

Al Simposio sobre los "Efectos radiológicos de los desechos descargados por instalaciones nucleares en medios acuáticos" asistieron unos 150 científicos y especialistas de 26 países y 4 organizaciones internacionales. Se presentaron 33 memorias en 10 sesiones.

El medio acuático

El rápido progreso tecnológico y los amplios beneficios sociales que ha originado ha ido acompañado por una multiplicación paralela de los problemas ecológicos y humanos. Esto ha obligado a evaluar las repercusiones de las nuevas tecnologías, en particular, de las industrias nucleares. Iniciamos ahora una era que será testigo de la rápida proliferación de las centrales nucleares en todo el mundo.