

Exploración de uranio en los países en desarrollo: Hechos y tendencias

por Paulo M.C. Barretto

EXPLORACION EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Desde 1973 ha aumentado notablemente el interés de los países en desarrollo en la exploración de uranio, hecho que se manifiesta en el creciente número de solicitudes presentadas al OIEA por sus Estados Miembros para conseguir asistencia en esta esfera. Aunque muy diversas razones justifican este interés creciente, las más importantes son el deseo por parte de estos países de autoabastecerse de energía, el creciente precio del petróleo y el tremendo aumento del valor del uranio en el mercado. Atendiendo a dichas solicitudes, el OIEA ha tenido que aumentar su apoyo a las actividades relacionadas con la exploración a través de su programa de asistencia técnica. Las Figuras 1 y 2 indican la creciente actividad en la esfera de la exploración del uranio de 1971 a 1978. Durante 1978 se beneficiaron 28 Estados Miembros de dicha asistencia en forma de: i) servicios de consultores facilitados a los Gobiernos en materia de exploración, extracción, legislación, planificación de programas y cuestiones afines; ii) servicios de expertos y equipo; y iii) capacitación de personal nacional mediante becas y para la formación en el servicio.

Actualmente se están realizando proyectos en gran escala, a los que presta su ayuda el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en Chile, Colombia, Perú, Chad y Madagascar, y se está facilitando ayuda para la ejecución de programas menores de exploración en Bangladesh, India y Lesotho. Además existen seis proyectos en gran escala del PNUD que están en la fase de estudio por parte de los Gobiernos o en la fase de negociación; se espera que pronto comenzará la ejecución de un proyecto en Yugoslavia.

También se está prestando ayuda, dentro del marco del programa ordinario de asistencia técnica del Organismo, a proyectos de exploración de uranio en Bangladesh, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Indonesia, Libia, Madagascar, Malasia, Malí, Marruecos, Pakistán, Perú, Portugal, República de Corea, Sri Lanka, Tailandia, Túnez, Uruguay y Zambia.

La Figura 3, que indica los gastos anuales dedicados a la asistencia relacionada con la exploración, prestada por el PNUD y el OIEA dentro del marco del programa ordinario, evidencia la creciente labor del OIEA en apoyo de la exploración de uranio en los países en desarrollo.

Las cifras son significativas. Muestran claramente una tendencia continua a la elevación durante los últimos cinco años. De esta tendencia y de la existencia de importantes incentivos para la exploración, tales como el vertiginoso aumento de los precios del uranio y la necesidad

El Sr. Barretto pertenece a la Sección de Materiales Nucleares y Ciclo del Combustible de la División de Energía Nucleoeléctrica y Reactores del OIEA.

Figura 1.
Ejecución de proyectos
en la esfera de las materias
primas nucleares (Programa
ordinario del OIEA).

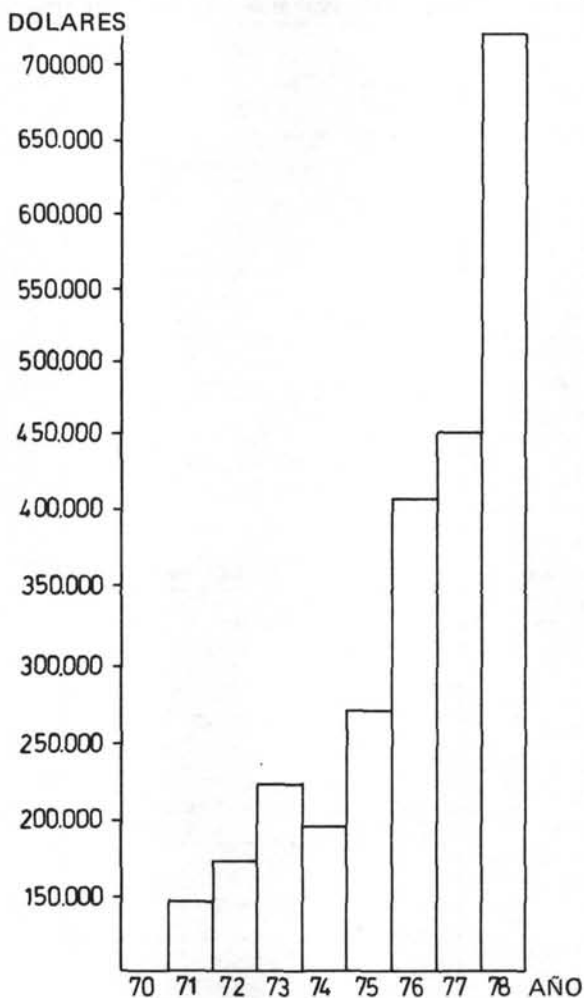


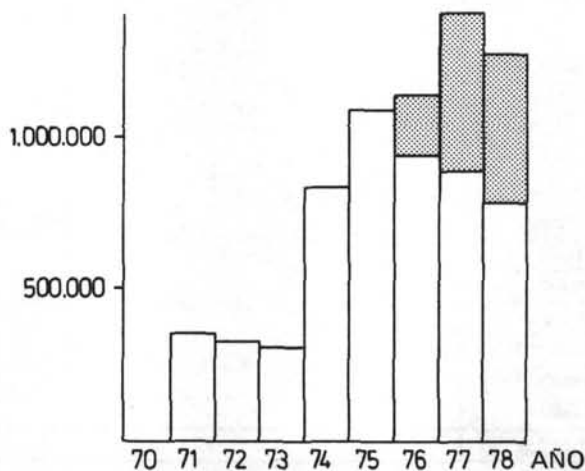


Figura 2.
Proyectos OIEA/PNUD
en gran escala

 PREVISTOS
 EJECUTADOS



COUNTRY	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
AFGHANISTAN															
ARGENTINA		EE		EE					OP						
BANGLADESH															
BOLIVIA									PR		PR		PR		
BRAZIL		PR	PR	OP	OP								OP		
BURMA		PR				M									
CAMEROON												PR		UR	
CHAD															
CHILE													PR		
COLOMBIA													OA	OA	PR
ECUADOR									PR						
EGYPT		PR		PR	PR	PR	EE	EE					PR		
ETHIOPIA												UT			
GHANA															
GREECE										AM	PR				
GUATEMALA													EE		
INDIA															
INDONESIA		PR		PR	OA										
IRAN		OA	PR												
IRAQ															PR
KENYA															
KOREA, REP. OF		PR													PR
LIBYA												AM			
MADAGASCAR															
MEXICO			OP	PR	PR	PR							OP	OA	PR
MOROCCO		AM	OA	OA		OA						EE	PR		
NICARAGUA															
NIGERIA														UT	
PAKISTAN													PR		
PARAGUAY															
PERU												PR	PR	PR	PR
PHILIPPINES						EE									
PORTUGAL															
SAUDI ARABIA									PR						
SOMALI															
SRI LANKA			PR												
SUDAN				OA											
THAILAND		OA	PR												
TUNISIA						OA	OP	OA	PR			PR			
TURKEY				EE			OP							PR	PR
UGANDA															
URUGUAY								PR							
VENEZUELA															
YUGOSLAVIA										OA					
ZAMBIA															
EXPERTS ON DUTY EACH YEAR	1	12	13	11	8	9	9	6	8	3	3	6	18	17	17

Figura 3. Tipos de asistencia facilitada: 1958-1979 (PNUD y programa ordinario del OIEA).

1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	N° EXP	VALUE OF EQUIP- MENT SUPPLIED US \$	LEGEND	
				PR						1	3 800	■ = PROYECTOS DEL PNUD	
				SC						6	84 800	▮ = MISIONES DE UN SOLO EXPERTO	
							PR	OP PR	*	4	68 800	▨ = SUBCONTRATOS (SC)	
	PR			PR			PR	PR	*	6	112 900	AM = MISION GENERAL DE ASESORAMIENTO	
	OP			EE			EE	EE		6	43 700	EE = EXPLORACION Y EVALUACION DE RESERVAS	
										2	27 400	IE = INSTRUMENTOS ELECTRONICOS	
	PR			C						4	58 500	M = MINERALOGIA	
										1		OA = ANALISIS DE MINERALES	
	PR			AM					*	9	325 200	OP = TRATAMIENTO DE MINERALES	
	OA	OA		PR				AM	*	6	56 800	PR = PROSPECCION	
								PR	IE	2	33 400	DR = PERFORACION	
	PR			PR				PR		8	128 600	UT = ENSEÑANZA UNIVERSITARIA	
UT							HC			2	6 400	C = CONSULTOR	
							PR			1	9 800	* = PROYECTOS QUE SE HA ACORDADO EJECUTAR EN 1979 O QUE SE ACORDO PREVIAMENTE CONTINUAR O PONER EN EJECUCION	
										9	166 700		
										1	9 800		
							PR	PR	PR	*	5	72 600	
										2			
				PR						1			
											200		
				PR					*	2	9 400		
AM									*	1	7 700		
								PR	HC	DR	*	3	34 200
	OP	OA	PR	C			OP	HC	OP		13	40 600	
	EE		PR					IE	*	7	78 500		
								PR		1			
	UT									1	4 200		
	PR							PR	PR	*	9	634 500	
											23 500		
PR	PR	PR	PR	PR	PR		C	PR	HC	*	11	34 400	
							OP	OP	PR		5	93 700	
								PR	*	1			
										1			
				C						1			
								PR	*	2	27 700		
										1	6 200		
							PR	IE	*	3	24 700		
									*	5	14 800		
	PR	PR						PR		8	263 600		
								PR		1	29 900		
							PR	PR	PR	*	4	67 400	
							C	PR		2			
									*	1	22 100		
							PR	C		*	3	41 900	
6	18	17	17	23	33	28	33	29		162	2 668 400		

por parte de los países industrializados de disponer de suministros seguros, se deduce que el número de peticiones de asistencia técnica para la exploración y producción de uranio continuará aumentando en el próximo futuro.

RECURSOS DE URANIO EN LOS PAISES EN DESARROLLO

Aunque los recursos de uranio conocidos actualmente en los países en desarrollo representan solamente un pequeño porcentaje de las reservas mundiales, es seguro que una parte considerable de las reservas todavía no descubiertas están situadas en dichos países. Desde 1975 ha ido incrementándose este porcentaje en relación con el total conocido. A este respecto es preciso señalar que la exploración de uranio es una operación a largo plazo y que transcurre un lapso de tiempo considerable desde el comienzo de la exploración hasta que se descubre el mineral. Hace diez años casi ningún país en desarrollo se ocupaba de la exploración de uranio, y los yacimientos que se descubren actualmente en esas zonas son el resultado de programas sistemáticos de exploración, aunque en pequeña escala, realizados en algunos países durante un período de tiempo considerable.

Excluyendo los países de muy pequeña superficie tales como Hong Kong, Líbano y las Islas de Oceanía, aproximadamente el 60% de los países en desarrollo llevan a cabo actualmente algún tipo de exploración del uranio. Como es natural el volumen de actividades es variable en cada país en función de los recursos humanos y financieros; análogamente también varía el propósito de la exploración. Por lo tanto es problemático evaluar el volumen de actividades de exploración en dichos países, debido a los muchos factores que intervienen y a la fluctuación anual de los recursos asignados a esta tarea. En el Cuadro 1 se presenta una clasificación de la labor realizada por los países en desarrollo hasta diciembre de 1978. Para facilitar el análisis se han utilizado solamente cinco niveles de magnitud de dicha labor. Los parámetros básicos tenidos en cuenta son i) inversión financiera en la exploración aportada por el Gobierno y/o por el sector privado (incluidos los inversores privados y los extranjeros); ii) el número de profesionales dedicados a la exploración (incluidos los centros de investigación del Gobierno y las universidades); y iii) la intensidad y continuidad de la exploración durante los últimos cinco años.

Entre los países que figuran en la lista del Cuadro 1 hay varios con reservas de uranio conocidas comprendidas en el intervalo de 1000 a 5000 toneladas de uranio. Ahora bien, seis de ellos informaron sobre la existencia de reservas (recursos razonablemente seguros) iguales o superiores a las 20 000 toneladas de uranio en la categoría de costos de extracción de 80 dólares de los Estados Unidos/kg. Dichos países figuran en el Cuadro 2; en las Figuras 4 y 5 se indican los yacimientos y manifestaciones más importantes de uranio de los países en desarrollo.

INVESTIGACION Y DESARROLLO

La mayoría de los países en desarrollo están situados en la zona tropical, pero las técnicas de exploración de uranio que se utilizan ampliamente en la actualidad se han desarrollado en los países industrializados del hemisferio norte. Dado que los procesos de meteorización y los que tienen lugar en la superficie del terreno son notablemente diferentes en las regiones tropicales, no es siempre posible ni conveniente utilizar las mismas técnicas y procedimientos concebidos para zonas más templadas. Es por lo tanto, necesario realizar una labor de investigación y desarrollo con respecto a las técnicas y el equipo mejor adecuados en condiciones desérticas y en las condiciones climáticas existentes en las selvas tropicales con abundantes precipitaciones. Por ejemplo, se están realizando actualmente investigaciones con el fin de determinar los procedimientos óptimos para conseguir levantamientos radio-métricos en zonas con una capa gruesa de suelo vegetal y densa vegetación de elaborar procedimientos geoquímicos y geofísicos adecuados para dichos terrenos, y de poner a

Cuadro 1: Magnitud de la labor de los países en desarrollo en la esfera de la exploración y producción de uranio (no figuran los países de economía centralmente planificada), en diciembre de 1978

I. LABOR MUY IMPORTANTE

Argelia
Argentina
Brasil
Gabón
India
Irán
Níger

II. LABOR NOTABLE

Bolivia
Colombia
Chile
Imperio Centroatricano
Pakistán
Yugoslavia
Zambia

III. LABOR MODERADA

Arabia Saudita
Egipto
Filipinas
Indonesia
Libia
Malí
Marruecos
México
Nigeria
Paraguay
Perú
Portugal
República de Corea
Turquía
Uruguay
Venezuela

IV. LABOR REDUCIDA

Afganistán
Bangladesh
Camerún
Costa de Marfil
Chad
Ecuador
Etiopía
Ghana
Grecia
Kenya
Malasia
Sri Lanka
Sudán
Tailandia
Tanzanía
Túnez
Uganda

V. LABOR MINIMA

Birmania
Congo
Costa Rica
El Salvador
Emiratos Arabes Unidos
Guatemala
Haití
Iraq
Jamaica

Jordania
Kampuchea Democrática
Líbano
Nicaragua
Panamá
República Dominicana
Senegal
Sierra Leona
Siria

Cuadro 2. Reservas de uranio en países en desarrollo seleccionados*

País	Recursos razonablemente seguros (en toneladas de uranio)	Recursos adicionales estimados (en toneladas de uranio)
Argelia	28 000	50 000
Argentina	23 000	4 000
Brasil ¹	62 000	58 000
Gabón	20 000	5 000
India	30 000	24 000
Níger	160 000	53 000

* Uranium Resources, Production and Demand, NEA/IAEA, diciembre de 1977.

¹ Según datos actualizados en diciembre de 1978.

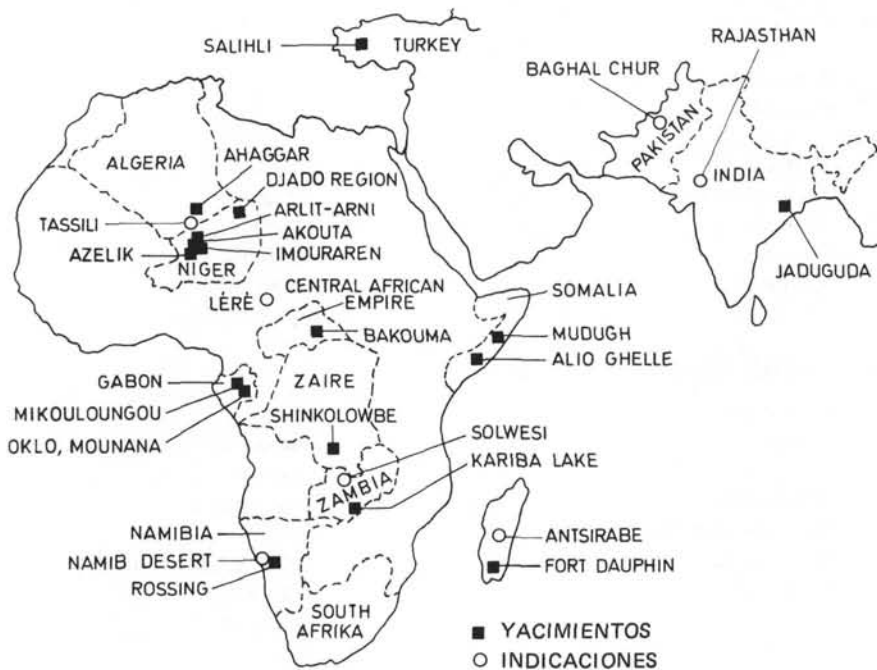


Figura 4. Yacimientos importantes e indicaciones de uranio en Africa y el Oriente Medio (Excluidas las mineralizaciones asociadas con fosfatos)



Figura 5. Yacimientos e indicaciones importantes de uranio en América Latina.

prueba los métodos de extracción de uranio a partir de los minerales refractarios que abundan en muchos países en desarrollo. Se están creando instalaciones de calibración para equipo radiométrico de superficie, subterráneo y aéreo, del que existe demanda general.

FORMACION DEL PERSONAL

Uno de los mejores métodos de estimar el interés de los Estados Miembros en la esfera de la explotación de los recursos de uranio es examinar sus peticiones en materia de capacitación. De nuevo en este caso las cifras indican un interés creciente (véase la Figura 6). Hay que señalar que, además del programa de becas, el Organismo patrocina periódicamente cursos de capacitación; el interés mostrado ha sido tan grande que ha sido necesario rechazar el 50% aproximadamente de los participantes oficialmente designados.

Se prevé que dichos cursos de capacitación continuarán organizándose en el futuro, dado que muchos países se han ofrecido para que se celebren en ellos. El próximo curso regional sobre técnicas de exploración de uranio está previsto para mayo o junio de 1980 en Bolivia.

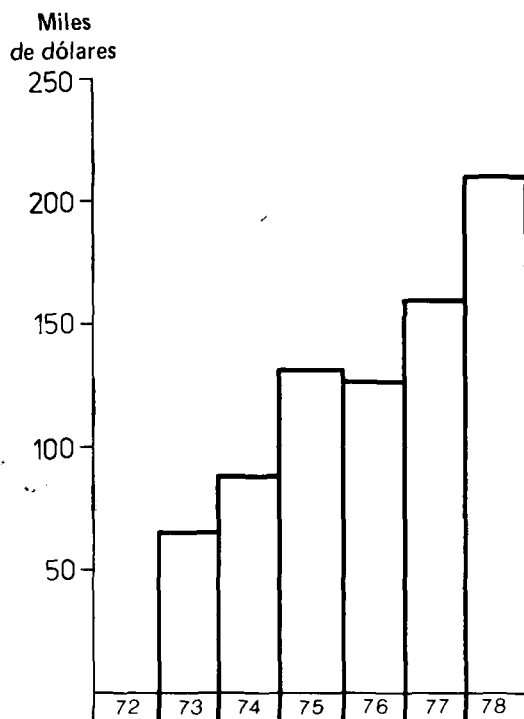


Figura 6. Capacitación facilitada por el Organismo en materia de exploración y producción de uranio (1973 a 1978)

POLITICAS NACIONALES

Muchos países en desarrollo no han adoptado todavía una decisión oficial a nivel nacional sobre la exploración, extracción y producción de uranio, aunque existen programas ya en ejecución. Es muy difícil conseguir progresos sin una política y una legislación adecuadas que definan las funciones de los organismos nacionales y regulen la participación de la industria privada (nacional o extranjera).

Recientemente el OIEA realizó una encuesta entre 50 países en desarrollo sobre sus políticas relativas a la extracción de minerales uraníferos y sobre los incentivos ofrecidos a la exploración o producción, caso de existir. Esta encuesta indicó que la cuarta parte de dichos países no realizaban labor alguna de exploración de uranio y que, por lo tanto, no habían pensado en formular políticas ni promulgar leyes relativas a dicha exploración y producción. La tercera parte de ellos han mostrado interés por el uranio manifestado por la legislación al respecto y por la realización de labores de exploración, hasta ahora limitadas a los gobiernos. Los restantes países tienen legislación en vigor por la que se permite concertar acuerdos y crear empresas conjuntas con el sector privado, nacional o extranjero.

Con respecto a los incentivos ofrecidos por el Gobierno para la exploración y la producción se observó que la mitad de los países encuestados no fomentan la exploración, ni destinan

fondos para muchas actividades oficiales o permiten la participación del sector privado. La tercera parte permiten (o podrían permitir) las inversiones extranjeras, pero no fomentan decididamente dichas actividades (algunos de estos países tienen programas de exploración bastante importantes a cargo de organismos oficiales). El resto de los países tienen mecanismos jurídicos y fomentan la participación de grupos privados.

Como indicó la citada encuesta, existe gran número de países en desarrollo que quizás tengan que estudiar la formulación de políticas nacionales relativas a la industria del uranio. Se prevé que se pedirá al OIEA que facilite asesoramiento, como ha venido haciendo hasta ahora.

LIMITACIONES PARA LA EXPLORACION

Al examinar las oportunidades existentes para la evaluación y desarrollo de los recursos nacionales de uranio, algunos países en desarrollo no conceden suficiente importancia a las dificultades o limitaciones que plantea el terreno, tales como el difícil acceso o la escasez de personal y los impedimentos jurídicos que harán ineficaz incluso los esfuerzos más decididos. Los problemas más corrientes a este respecto son los siguientes:

Geografía: Es un factor muy importante en muchos países. Aunque las condiciones desérticas imponen limitaciones a la exploración y desarrollo, dichas dificultades pueden resolverse; son ejemplos de logros en esta esfera los yacimientos de Arlit, Akouta y Azelit, en Níger. Análogamente difícil es la exploración en la jungla y en las condiciones climáticas existentes en las selvas tropicales con abundantes precipitaciones; no obstante no es imposible, el yacimiento Bákouma en el Imperio Centrafricano es un ejemplo. Debe tenerse en cuenta que los costos de exploración en zonas difíciles superan en varias veces a aquéllos en terrenos en que el acceso es adecuado y en que pueden utilizarse fácilmente los métodos corrientes. El tiempo necesario es también considerablemente más largo.

Personal: La escasez de personal adecuadamente capacitado y en cantidad suficiente es un impedimento grave para el éxito de la exploración, pues son necesarios muchos años para la formación de organismos competentes de exploración. Análogamente, lleva tiempo conseguir el personal auxiliar necesario, por ejemplo, químicos, ingenieros electrónicos y matemáticos así como juristas especializados en derecho minero.

Utilización del suelo: Los programas de exploración y producción perfectamente planificados pueden sufrir retrasos también a causa de disputas sobre la jurisdicción y utilización del suelo en zonas en las que se han realizado descubrimientos.

Legislación: La carencia de leyes o la existencia de una legislación que no es suficientemente específica o clara en lo que se refiere a las inversiones para la explotación de materias primas nucleares es probablemente la limitación más grave para la futura exploración de los recursos uraníferos en los países en desarrollo.

ESTRATEGIA PARA UNA EXPLORACION PRODUCTIVA

La búsqueda de uranio, aunque es similar en muchos aspectos a la exploración de otros metales escasos en la corteza terrestre, se diferencia por el hecho de que este elemento es naturalmente radiactivo. Aprovechando esta característica, los geólogos han elaborado métodos para medir la radiación gamma emitida y utilizar los productos de desintegración del uranio como pista para descubrir yacimientos del mineral. Por ello, en la exploración para descubrir este elemento se realizan amplios levantamientos radiométricos aéreos y de superficie con instrumentos sensibles para poder detectar las zonas con radiactividad superior a la normal. Dado que se conoce en gran parte el mecanismo de movilización y deposición del uranio, el geólogo prospector puede determinar los tipos de medio geológico en los que es probable

encontrar concentraciones de dicho elemento. También se emplean corrientemente métodos de exploración geoquímica para determinar cantidades variables de uranio y de productos descendientes, los cuales se encuentran en proporciones de partes por millón en rocas, suelos, gases retenidos en los suelos, sedimentos fluviales y aguas. Estos métodos de exploración y su interpretación geológica sirven como orientación para localizar concentraciones del elemento y, junto con la perforación, son indispensables para una exploración productiva y económica.

Se ha elaborado una amplia y eficaz estrategia en la que se combinan y aplican de un modo lógico y sistemático las técnicas particulares de exploración antes descritas. La experiencia ha demostrado que, además de contar con medios financieros y humanos suficientes, dicho método es necesario para garantizar que los recursos invertidos producen resultados fiables, ya que no económicos. Esta serie de actividades de prospección se denomina "exploración por fases" y la practican con éxito grupos de exploración en todo el mundo. La finalidad de esta estrategia es la evaluación del potencial de uranio de amplias zonas mediante la investigación y eliminación de regiones en las que no se cumplen los criterios para que existan yacimientos de uranio, lo cual se deduce de los indicios obtenidos con diferentes técnicas de exploración. En otras palabras, la labor de exploración se centra gradualmente en la zona en que es mayor la probabilidad de que existan yacimientos de uranio. Las fases de exploración son las siguientes: i) planificación; ii) elección de la zona; iii) reconocimiento en gran escala; iv) reconocimiento en pequeña escala y v) exploración detallada y desarrollo.

En la exploración de uranio es de capital importancia la coordinación de las diversas actividades esenciales. Deben obtenerse datos de un modo sistemático y continuo, evitando la omisión de fases particulares de exploración con el fin de conseguir resultados rápidos. Dichas "precipitaciones" solo conducen a la pérdida de valiosos recursos y a la prolongación innecesaria de un programa de exploración discutible. Solamente en la fase final, tras haber finalizado satisfactoriamente todas las etapas, una vez que se han eliminado las zonas que carecen de interés y se han interpretado todos los datos juiciosamente, resulta remuneradora la labor, consiguiéndose la evaluación final de la zona y la posible identificación de un yacimiento de mineral. Dado que este método requiere considerables inversiones de capital, un elevado nivel de competencia técnica, amplia experiencia y tiempo, los países en desarrollo raramente pueden iniciar programas eficaces de exploración de uranio sin el debido asesoramiento.