

# METODOLOGIA PARA LA EXPLORACION DE URANIO EN LOS PAISES DE OLADE



RO-SS  
CS/O

# OLADE

ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

SEGUNDO GRUPO DE TRABAJO SOBRE  
LA EXPLORACION DE URANIO  
20-25 de octubre de 1980  
Chihuahua, México

GT/T/163  
25-X-80

Castellano  
Original: Castellano

---

PRELIMINAR

METODOLOGIA PARA LA EXPLORACION DE URANIO EN  
LOS PAISES DE OLADE

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL URANIO Y SUS USOS
3. OCURRENCIA GEOLOGICA DEL URANIO, TIPOS DE DEPOSITOS Y AMBIENTES GEOLOGICOS EN AMERICA LATINA.
4. TECNICAS DE PROSPECCION Y EXPLORACION DE URANIO
  - 4.1. Radimetría
    - 4.1.1. Método terrestre con cintilómetros portátiles
    - 4.1.2. Método con cintilómetros autotransportados terrestres y acuáticos (cuenta total).
    - 4.1.3. Método aéro-radimétrico con cintilómetros (cuenta total).
    - 4.1.4. Método terrestre con espectómetros de rayos gamma.
    - 4.1.5. Método con espectómetros de rayos gamma autotransportados terrestres y acuáticos.
    - 4.1.6. Método aéro-radimétrico con espectómetros de rayos gamma.
  - 4.2. Emanometría
    - 4.2.1. Medidas de Radón en suelo y subsuelo.
    - 4.2.2. Medidas de Radón en agua.
    - 4.2.3. Detección de partículas alfa en películas sensibles.
    - 4.2.4. Medidas de Helio en suelos.
    - 4.2.5. Medidas de gas sulfuroso (SO<sub>2</sub>) en suelos.
  - 4.3. Geoquímica
    - 4.3.1. Etapas de prospección geoquímica
      - 4.3.1.1. Regional (densidad baja)

- 4.3.1.2. Semidetallada (densidad intermedia)
- 4.3.1.3. Detallada (densidad alta)
- 4.3.2. Métodos analíticos
  - 4.3.2.1. Determinación del contenido de Uranio
  - 4.3.2.2. Otros métodos
- 4.4. Perforaciones
  - 4.4.1. Control geológico
  - 4.4.2. Perfilaje de pozos
- 4.5. Sensores remotos
- 4.6. Otros métodos geofísicos
  - 4.6.1. Sistema geofísico de prospección de fondos de lagos
  - 4.6.2. Métodos geofísicos no radimétricos

## 5. METODOLOGIA PROPUESTA EN EXPLORACION

### 5.1. Objetivos

### 5.2. Metodología

- 5.2.1. Compilación y evaluación de la información existente
- 5.2.2. Reconocimientos geológicos regionales
- 5.2.3. Selección de áreas
- 5.2.4. Desarrollo de la exploración
  - 5.2.4.1. Selección y aplicación de la técnica adecuada
  - 5.2.4.2. Verificación terrestre de anomalías descubiertas
  - 5.2.4.3. Levantamiento detallado de las anomalías

- 5.2.4.4. Exploración directa
- 5.2.4.5. Desarrollo del yacimiento
- 5.2.4.6. Computación de datos
- 5.2.5. Requerimiento de personal
- 5.2.6. Costos
  
- 6. CAPACITACION DE RECURSOS HUMANOS PARA LA EXPLORACION DE URANIO EN AMERICA LATINA
- 7. INTERRELACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES DE LA EXPLORACION DE URANIO
- 8. SISTEMA DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS, COOPERACION, ASESORIA E INTEGRACION EN LA METODOLOGIA DE EXPLORACION DE URANIO EN AMERICA LATINA
- 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
  - 9.1. Conclusiones
  - 9.2. Recomendaciones
- 10. LISTA DE PARTICIPANTES
- 11. ANEXOS

INTRODUCCION

La situación energética mundial, regional y particular de los países determina el desarrollo de todas las fuentes de energía disponibles con el objeto de superar las limitaciones de la oferta, las alteraciones del mercado y la elevación de los precios de los hidrocarburos que en la actualidad predominan en el abastecimiento energético.

En las perspectivas de las fuentes convencionales de energía, el carácter agotable de los recursos no renovables, las limitaciones naturales de la capacitación hidroeléctrica y el uso mínimo de las demás, se señala a la núcleo-electricidad como alternativa de vital importancia a mediano y largo plazo.

El desarrollo de esta clase de energía requiere de la disponibilidad de los insumos básicos y en especial de un incremento substancial y continuo de la producción de Uranio que a su vez depende de la magnitud del esfuerzo exploratorio que realicen los países.

En América Latina se ha iniciado la exploración de Uranio en varios países y al respecto, el grupo de trabajo, a manera de síntesis consideró la situación de la exploración de Uranio en sus países en los términos que constan en el documento anexo.

La Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) señala el desarrollo de estas actividades en Brasil, Bolivia y Chile, de acuerdo con el texto del respectivo anexo.

En la reunión los participantes manifestaron que la diversidad geológica de América Latina, presenta condiciones potenciales de favorabilidad para la existencia de depósitos minerales radiactivos. Por otra parte, la realidad energética de América Latina, las perspectivas regionales de la exploración de Uranio dieron lugar a que la Organización Latinoamericana de Energía, asumiera la responsabilidad de organizar la reunión del presente Grupo de Trabajo en la ciudad de Chihuahua, México, para definir las acciones que debe llevar a cabo la Secretaría Permanente

en esta materia.

El Grupo de Trabajo se conformó con la participación de especialistas de los países: Argentina, Colombia, Perú, México, Venezuela y República Dominicana. El trabajo de este grupo de especialistas se desarrolló en base a los lineamientos preparados por los participantes mexicanos y bajo la dirección del Ing. Roberto Iza Domínguez, que tuvo una destacada responsabilidad en la organización de la reunión, en el desarrollo de las sesiones y en los resultados obtenidos en este importante evento de la OLADE.

El Grupo de Trabajo consideró prioritario que para impulsar la exploración uranífera en América Latina, de acuerdo con el planteamiento de la Secretaría Permanente, se debe partir de la elaboración de una Metodología, que contemple los aspectos fundamentales de la actividad en base a la experiencia de los países de la región y con una redacción sencilla a fin de que se constituya en una guía para que los gobiernos tomen las decisiones administrativas correspondientes en tal forma que eviten las dificultades y la pérdida de tiempo que se genera en el desconocimiento de este proceso exploratorio.

Concordante con este propósito el texto del presente documento está orientado a resaltar los conocimientos generales de mayor importancia a los más amplios niveles de los sectores interesados en conocer estos asuntos. La profundización y amplitud del tema corresponde a la formación profesional de los especialistas en los diversos campos de esta actividad y de quienes se espera que aprecien el esfuerzo de síntesis logrado y complementen este resumen con la información y formación que se plantea en las reuniones, seminarios, cursos y más eventos del programa propuesto.

El Grupo de Trabajo después del intercambio de experiencias, del análisis de las exposiciones presentadas por los participantes sobre

la situación de sus respectivos países y una vez aprobado el temario preparado para esta reunión, procedió a conformar tres grupos a fin de distribuir la elaboración de los tópicos relacionados con el contenido de la agenda.

El grupo formado por los Ingenieros Humberto Cárdenas, Luis Canepa, Hernando Rodríguez, Carlos Manzanera y el Doctor Armando Ortega Furlotti, les correspondió elaborar el temario relativo a las técnicas de la prospección y de la exploración de Uranio.

Los Ingenieros Roberto Iza, Rafael Chávez, Manuel Morales, Valentín Iparrea y Néstor Silva, elaboraron la Metodología propuesta para la exploración de Uranio.

Los Doctores Javier Cureño y Luis Alberto Araúz, asumieron los temas relacionados con la Capacitación de Personal y el Sistema de Intercambio de Experiencias.

Actuó como Secretaria del Grupo de Trabajo la señora Margarita Torres.

El borrador elaborado se revisó por parte de todos los participantes y como resultado se aprobó el texto conteniendo los siguientes puntos:

1. Introducción
2. Características generales del Uranio y sus usos
3. Ocurrencia geológica del Uranio, tipos de depósitos y ambientes geológicos en América Latina
4. Técnicas de prospección y exploración de Uranio
5. Metodología propuesta de exploración

6. Capacitación de Recursos Humanos para la exploración de Uranio en América Latina
7. Interrelaciones nacionales e internacionales de la exploración de Uranio
8. Sistema de intercambio de experiencias, cooperación, asesoría e integración en la metodología de exploración de Uranio en América Latina
9. Conclusiones y recomendaciones
10. Lista de participantes
11. Anexos

Las conclusiones y recomendaciones manifiestan los criterios básicos sostenidas en las reuniones de trabajo y su aplicación en programas de acción concreta por parte de los países de OLADE, será la valoración efectiva del presente documento.

Se considera necesario la circulación de este documento entre los Países Miembros a fin de recabar las observaciones y las modificaciones que mejoren su contenido para la aprobación de la Reunión de Ministros que permitirá a la OLADE desarrollar los programas propuestos en esta reunión y llegar a la publicación y a la difusión de su contenido final.

Asimismo la Secretaría enviará este trabajo a la consideración de los Organismos Internacionales relacionados con el asunto y de manera especial a OPANAL para recibir las observaciones previas a la mencionada Reunión de Ministros.

En suma, el Grupo de Trabajo entregó este documento a la Secretaría Permanente de OLADE como una expresión concreta de la cooperación regional y una transferencia de conocimientos y experiencias que aspiran a tener el valor y la trascendencia que demanda el desarrollo energético de América Latina.

## 2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL URANIO

El Uranio es uno de las más importantes elementos radioactivos ya que puede proporcionar abundante energía a costos relativamente bajos. El que un elemento sea radioactivo significa que espontáneamente su núcleo se desintegra emitiendo radiaciones y/o partículas para convertirse en otro elemento que a su vez puede ser radioactivo o estable. La desintegración puede provocarse en condiciones controladas y liberará grandes cantidades de energía aprovechable.

El Uranio es un metal radioactivo con número atómico 92 y peso atómico 238 en su isótopo más abundante.

Isótopo de un elemento es otro elemento con el mismo número atómico pero diferente peso. En el caso del Uranio tenemos tres isótopos importantes: U 238, U 235 y U 234.

El de más interés es el U 235 ya que es más fácil y económicamente desintegrable en condiciones controlables. Sin embargo es poco abundante ya que en un kilo de Uranio sólo 70 gramos son U 235 y el isótopo U 234 es todavía menos abundante.

El Uranio se presenta principalmente en dos diferentes estados de oxidación formando diferentes minerales. Los compuestos que se forman con Uranio hexavalente son fácilmente solubles y por lo tanto los más ampliamente distribuidos. Los minerales más comunes del Uranio son:

Oxidos: Uraninita y pitchblenda  
Oxidos Hidratados: Becquerelita y gummita  
Oxidos Complejos: Brannerita y davidita  
Silicatos: Autunita y Torberita  
Vanadatos: Carnotita y tyuyamunita

El Uranio sustituye a los combustibles fósiles en la generación de la energía eléctrica. Se usa además para preparar radio-isótopos

que tienen aplicación en la industria, medicina, agricultura, investigación científica, etc.

3. OCURRENCIA GEOLOGICA DEL URANIO, TIPOS  
DE DEPOSITOS Y AMBIENTES GEOLOGICOS DE  
AMERICA LATINA

El Uranio es un elemento litófilo, es decir se concentra preferentemente en rocas silicatadas de la corteza terrestre. En el estado hexavalente, formando el ión uranilo, el cual es altamente soluble en aguas meteóricas, movilizándose hasta que precipita al encontrar ambientes reductores o la presencia de los iones fosfato, vanadato, arseniato, molibdato, etc. muy comunes en rocas sedimentarias.

En general, el uranio se encuentra en los tres tipos de rocas principales:

- En rocas ígneas, los depósitos de Uranio ocurren en vetas hidrotermales, cuerpos diseminados, pegmatitas en rocas intrusivas ácidas, alaskitas, etc.
- En rocas sedimentarias el Uranio se presenta en conglomerados, areniscas, calizas, lutitas, fosfatos, depósitos salinos y depósitos aluviales.
- En rocas metamórficas, puede encontrarse en cuarcitas, gneises, esquistos y filitas. Las fuentes de los depósitos de Uranio, pueden ser de origen singenético o epigenéticos.

Cronológicamente, los mayores depósitos de Uranio del mundo, corresponden a depósitos del Precámbrico en conglomerados y areniscas, siguiéndoles en importancia los depósitos hidrotermales e intromagmáticos de edades Precámbrico y Paleozóico.

La mayoría de estos ambientes han sido ubicados en América Latina, sin embargo es importante no considerar únicamente los modelos preestablecidos, mencionados anteriormente.

- Los expertos asignan mayores posibilidades en conglomerados y areniscas en Argentina, Brasil, Colombia, Guayanas y Venezuela. En rocas Proterozóicas del Macizo de Guayana. En

sedimentos Carboníferos y Pérmicos de Bolivia, Perú y Colombia.

- En lechos rojos del Mesozóico-Cenozóico en la Cordillera Central y Oriental, en Colombia, Perú, Bolivia, etc.

En sedimentos terciarios a todo lo largo de las Cordilleras y áreas sub-andinas. En rocas volcánicas y metamórficas, Ecuador, Colombia, Perú, Guatemala, Jamaica, Puerto Rico y México.

4. TECNICAS DE PROSPECCION Y EXPLORACION  
DEL URANIO

#### 4. TECNICAS DE PROSPECCION Y EXPLORACION DEL URANIO .

Si bien la mayoría de las técnicas de prospección y exploración se basan en la medición de la emisión radiactiva del Uranio, Torio y Potasio, ellas representan solamente un complemento de la investigación científica, que significa el conocimiento geológico correspondiente.

##### 4.1. Radimetría

Es la técnica de la detección de las radiaciones naturales provenientes de la desintegración de los elementos: Uranio, Torio y Potasio, mediante instrumentos detectores (contador Geiger-Muller, cintilómetros, espectrómetros, etc.). Los instrumentos más modernos son:

- Cintilómetro:

Instrumento que detecta radiaciones gamma a través de un cristal de yoduro de sodio activado con Talio.

- Espectrómetro:

Instrumento similar al anterior, pero que tiene la particularidad de discriminar la energía que producen los diferentes elementos radiactivos.

Las técnicas de detección radimétrica deben ser completadas con determinaciones analíticas, por cuanto los procesos de desintegración de los minerales radioactivos, producen un estado de desequilibrio entre la emisión radiactiva y el contenido real del mineral que la origina.

##### 4.1.1. Método terrestre con cintilómetros portátiles.

Este método se utiliza principalmente para detectar zonas anómalas(\*) en el reconocimiento geológico general (se realiza a pie).

-----  
(\* ) Zonas anómalas: Son zonas donde se registran valores que superan más de 2 veces las cuentas del fondo radimétrico.

4.1.2. Métodos con cintilómetros autotransportados terrestres y acuáticos (cuenta total).

Este método utiliza un cintilómetro con un cristal de mayor volumen que la técnica anterior, instalado en un vehículo terrestre o acuático.

- Terrestre

Se emplean vehículos motorizados capaces de transitar en carretera, camino y a campo traviesa.

El registrador y cintilómetro se instalan en el interior del vehículo en tanto que el sensor conteniendo el cristal, puede instalarse en la parte exterior del mismo.

Las ventajas de este método radican en su economía y la gran cobertura en zonas de condiciones ventajosas. Permite que las anomalías sean perfectamente localizadas en el mapa topográfico y verificadas simultáneamente.

Las posibilidades de aplicación de este método están supeditadas a la existencia de una densa red caminera y/o superficies topográficas favorables, requiriendo además frecuentes calibraciones y/o reparaciones por las características rigurosas de las superficies que recorren.

- Acuáticos

Este método utiliza transportes navegables capaces de transitar por zonas donde el volumen de agua lo permite (ríos, lagos, etc.). Emplea los mismos instrumentos que el método anterior. Presenta la ventaja de su utilización en zonas selváticas a través de los cursos de agua donde no son fácilmente aplicables las tecnologías terrestres. Esta supeditado a la existencia de una red de recursos hídricos favorables.

4.1.3. Método aéro-radimétrico con cintilómetros (cuenta total).

Este método utiliza aviones y/o helicópteros para la detección de contaje total de rayos gamma mediante un cintilómetro de cristal de gran volumen. Además emplea una cámara fotográfica de toma continua para la reconstrucción de línea de vuelo, un radioaltímetro para efectuar correcciones de altitud y un intervalómetro que correlacione las tomas fotográficas con las marcas fiduciales del registro.

El tipo de avión o helicóptero, así como la altura de vuelo y la densidad de las líneas deben seleccionarse de acuerdo a la topografía y características geológicas. Con este método se pueden utilizar los siguientes tipos de prospección:

- Reconocimientos generales

Se usa en reconocimientos generales de áreas preseleccionadas para determinar las condiciones de un programa regular de prospección radimétrica aérea. Representa un método de prospección en malla abierta.

- Prospección regional

Se aplica en la prospección de extensas áreas con sensores de gran volumen (30 a 50 litros) y en mallas de 4 a 5 kilómetros de separación. La altura de vuelo debe ser entre 100 a 120 metros y las variaciones de topografía deben corregirse usando fórmulas de atenuación.

- Prospección sistemática

Se utiliza como método de prospección detallada en mallas

de menor espaciamiento de separación, en altura de vuelos inferiores a 100 metros y aviones de poca velocidad.

4.1.4. Método terrestre con espectrómetro de rayos gamma.

Este método utiliza la misma tecnología señalada en 4.1.1. pero empleando un espectrómetro portátil capaz de distinguir elementos emisores de rayos gamma de diferente energía.

4.1.5. Método con espectrómetro de rayos gamma autotransportados (terrestres y acuáticos)

Utiliza la misma tecnología mencionada en el 4.1.2. pero empleando un espectrómetro capaz de discriminar elementos emisores de rayos gamma de diferente energía.

4.1.6. Método aéro-radimétrico con espectrómetros de rayos gamma.

Es similar a la empleada en el método mencionado en el 4.1.3., pero utiliza espectrómetros multicanales.

Los datos registrados digitalmente y el procesado se hará por medio de computadoras.

En los métodos 4.1.3. y 4.1.6. es necesario realizar correcciones debido a la radiación de fondo al principio y final de cada vuelo, así como también las del efecto compton, volando sobre áreas de concentraciones conocidas.

Con los métodos 4.1.3. y 4.1.6. se puede obtener, además la siguiente información:

- Variaciones radimétricas originadas por la composición geoquímica de diferentes tipos de rocas.
- Discriminación de energía para cada unidad geológica.
- Histogramas de frecuencia para cada formación geológica y la distribución de las mismas según su variable radimétrica.
- Mapas zoneográficos con curvas de isoradioactividad.

Las ventajas de los métodos 4.1.3. y 4.1.6. son fundamentalmente su gran cobertura, rapidez y amplia gamma de información en extensas regiones y/o zonas seleccionadas.

Los métodos 4.1.3. y 4.1.6. están limitados por las condiciones topográficas, climáticas y elevados costos, especialmente por el análisis de los datos a través de computadoras, la necesidad de utilizar cristales de gran volumen, aviones y/o helicópteros de mayor capacidad.

#### 4.2. Emanometría

Técnica basada en la detección y medición de los gases de Radón, Torón y Helio provenientes de la desintegración natural de los elementos Uranio y Torio.

Se usa para delimitar las anomalías emanométricas en la exploración de Uranio.

El instrumento utilizado para la aplicación de esta técnica es el emanómetro y su unidad de medida es el emán.

Este instrumento extrae los gases del suelo o del agua, los cuales pasan a una cámara de ionización donde las partículas alfa ionizan el aire en la cámara, generándose flujos eléctricos proporcionales a la concentración del Radón y/o Torón presentes.

#### 4.2.1. Medidas de Radón en suelos y subsuelos

Técnica aplicada en las etapas de estudios a semidetalle, utilizada principalmente para verificar y ubicar en forma precisa anomalías radimétricas y geoquímicas, obteniéndose mejores contrastes entre valores de fondo y anómalos, con otras mediciones radiactivas.

El valor emanométrico de fondo en suelos varía usualmente de 5 a 25 emanos, mientras que en zonas uraníferas cubiertas por suelos porosos se obtienen valores que varían de cientos a miles de emanos.

#### 4.2.2. Medidas de Radón en agua

Técnica preferentemente aplicada en la etapa de estudio a nivel regional. Las medidas anómalas de Radón en lagos, manantiales y corrientes de agua comunmente indican áreas favorables para la búsqueda de Uranio. Al emanómetro se le adaptan filtros y dispositivos especiales.

#### 4.2.3. Detección de partículas alfa en películas sensibles

Método aplicable en zonas de reconocida favorabilidad para la exploración de Uranio, consiste en la implantación en forma de retícula de cápsulas que poseen -

una película fotográfica sensible a las partículas alfa.

Las cápsulas son enterradas unos 50 centímetros por un período de dos a tres semanas, luego son llevadas al laboratorio y se cuenta el número de impactos en cada película para establecer los valores de fondo y anómalos.

#### 4.2.4. Medidas de Helio en suelos

Siendo el Helio un isótopo estable y con mucha más difusibilidad que el Radón, las anomalías de Helio alrededor de un depósito de Uranio son muchos más extensas que las anomalías de Radón.

Las medidas de Helio han sido poco empleables, sin embargo se estima que serán más utilizadas en el futuro que las medidas de Radón.

Para el muestreo de Helio en suelos se utiliza un tubo hueco delgado que se introduce hasta 120 centímetros de profundidad y al gas extraído por medio de una jeringa de 10 centímetros cúbicos se le determina el contenido de Helio.

#### 4.2.5. Medidas de gas Sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) en suelos

Técnica basada en detectar emanaciones del gas  $\text{SO}_2$  producto de la oxidación de los minerales pirita y marcasita existentes en ambientes geológicos reductores. Es un método indirecto para delimitar ambientes favorables para la existencia de depósitos de Uranio.

Las muestras se toman similarmente a las de Helio.

- El objetivo de todos los métodos emanométricos es delimitar zonas anómalas correspondientes a posibles depósitos de minerales radiactivos en el subsuelo.
- Estos métodos de muestreo de gases están sujetos a variaciones de los siguientes parámetros: clima, condiciones atmosféricas, humedad, porosidad, permeabilidad, profundidad, pH, temperatura, desequilibrio radiactivo y movilidad geoquímica.
- Aunque estos métodos no se consideran cuantitativos, es posible que un perfeccionamiento en las medidas de Radón junto con la determinación de Helio solo pueden hacerlos cuantitativos, sino que podrían estimar la profundidad de un depósito uranífero.

#### 4.3. Geoquímica

Consiste en la recolección y análisis de muestras de sedimento activo, suelo agua y flora, para determinar sus contenidos de Uranio. Es una técnica sumamente práctica y económica tanto para la determinación de Uranio como de la mayoría de los elementos metálicos. A grandes rasgos, la prospección geoquímica podemos dividirla en tres etapas: Regional, semidetallada y detallada.

- Consideraciones sobre el comportamiento del Uranio en el ciclo de meteorización, sugieren que los resultados del muestreo de aguas son más valiosos que los resultados del muestreo de sedimentos activos de corriente, en la etapa de reconocimiento regional.
- Las muestras de sedimento activo deben ser sometidas a separación granulométrica, siendo la más fina (malla

80-100) la de mayor interés para determinar la presencia de Uranio.

- El método geobotánico y biogeoquímico ha sido aplicado particularmente en ambientes semidesérticos donde las plantas desarrollan largas raíces que pueden absorber Uranio a profundidades de hasta 30 metros. Particularmente se conoce el caso del arbusto Astragalus Pattersoni en la Meseta del Colorado, E.U. el cual debe su crecimiento normal a la presencia de Selenio que está asociado con el Uranio.

#### 4.3.1. Etapas de Prospección Geoquímica

Cada una de las tres etapas se distinguen entre sí en base a la superficie, densidad y tipo de muestreo

##### 4.3.1.1. Regional (Densidad Baja)

Superficie: Areas de 200 a 2.000 kilómetros cuadrados.

Número de muestras: Una por kilómetro cuadrado

Tipo de muestras: Sedimento activo de corriente. (Separación granulométrica y de minerales pesados); aguas superficiales y subterráneas (filtrada, acidulada y pura); sedimento de lago y flora.

##### 4.3.1.2. Semidetallada (Densidad Intermedia)

Superficie: Areas de 200 a 2.000 kilómetros cuadrados

Número de muestras: diez por kilómetro cuadrado

Tipo de muestras: Sedimentos de corrientes de agua; aguas superficiales, subterráneas y termales; suelo y flora

#### 4.3.1.3. Detallada (Densidad Alta)

Superficie: Menores de 200 kilómetros cuadrados

Número de muestras: Cien por kilómetro cuadrado

Tipo de muestras: Suelo, roca y flora

- En cada una de las etapas descritas el objetivo es la delimitación de áreas más reducidas con mejores posibilidades de albergar concentraciones anómalas de Uranio

#### 4.3.2. Métodos Analíticos

Paralelamente a la actividad exploratoria debe procederse a la instalación de equipos analíticos para obtener resultados inmediatos que indiquen la importancia de las zonas exploradas.

La radimetría detecta la radiación gamma emitida casi en su totalidad por el grupo del radio de la serie de desintegración del Uranio 238. Puesto que parte del grupo radio es muy móvil en regiones tropicales, a veces se da el caso de que las mediciones radimétricas sean insignificantes debido a desequilibrio radiactivo, sin embargo, las muestras pueden tener Uranio. Por esto, lo determinante es el análisis químico.

## 4.3.2.1. Determinación del contenido de Uranio

## - Método volumétrico:

Se usa preferentemente para altas concentraciones. Es relativamente lento y requiere de mucha práctica y cuidado.

## - Espectrofotometría (colorimetría)

Se usa más ampliamente porque se adapta mejor a concentraciones que se dan en exploración detallada (mayores que las concentraciones de fondo). Es más rápida que la volumetría.

## - Fluorimetría

Se usa para bajas concentraciones (en prospección y en análisis de minerales ya beneficiados). El fluorímetro a base de laser provee un análisis más rápido y eficaz que el método clásico ya que éste consume mayor tiempo y requiere de muchos materiales.

## - Fluorescencia de rayos X

Abarca casi todo el rango de concentraciones de Uranio. Las muestras requieren mínima preparación y además se pueden analizar cuantitativamente casi todos los elementos.

## - Método de lectura beta gamma

Analiza Uranio total en amplio rango de concentraciones. Además puede determinar el grado de equilibrio del mineral. La muestra no requiere mucha preparación previa y el análisis es relativamente lento.

- Activación neutrónica

Se utiliza principalmente para investigación científica. Los resultados son muy exactos, pero el equipo es caro ya que requiere un reactor nuclear u otras fuentes de neutrones para irradiar las muestras.

#### 4.3.2.2. Otros métodos

- Absorción atómica

Se usa para la mayoría de los elementos en un amplio rango de concentraciones, los análisis son rápidos y exactos.

- Métodos de rayos X

Se utilizan para identificar minerales a partir de cristalización de cada uno de ellos. Son de gran apoyo en mineralogía y petrografía.

Mediante la aplicación de los métodos de prospección geoquímica los objetivos perseguidos son:

- Establecer los valores de concentración de fondo, umbrales anómalos y altamente anómalos, tanto del Uranio como de otros elementos.
- Establecer la existencia de asociaciones geoquímicas, elementos indicadores, mineralogía de dispersión del Uranio y otros elementos.

- En la etapa regional establece la delimitación de cuencas hidrográficas con potencial uranífero favorable para la realización de estudios semidetallados y detallados.
- En la etapa semidetallada establece la delimitación de anomalías geoquímicas superficiales que sirvan de guía para la ubicación de depósitos uraníferos.
- En la etapa detallada establece la ubicación precisa de prospectos uraníferos y el diseño de redes de perforación para la evaluación de los prospectos.
- El método geobotánico o biogeoquímico en la actualidad es una técnica poco utilizada en Latinoamérica. Sin embargo, como promete mucho para la exploración en las zonas selváticas tropicales; es necesario su desarrollo ya que, las plantas que crecen cerca de depósitos uraníferos contienen de 2 a 200 veces más de Uranio en sus hojas que aquellas similares presentes en zonas no uraníferas.

#### 4.4. Perforaciones

Las perforaciones constituyen el método de exploración directa que se utiliza para complementar la información obtenida con los métodos ya descritos. Las mismas pueden realizarse con carácter de exploración general programadas con gran equidistancia, y/o exploración detallada planificadas en mallas regulares de menor distanciamiento (perforaciones evaluativas, mineras, etc.). Su ejecución puede realizarse por: Técnicas

rotativas con obtención de testigos o núcleos y/o fragmentos y, técnicas de percusión con recuperación principalmente de detritos.

#### 4.4.1. Control geológico

La información directa obtenida con los fragmentos y núcleos de las perforaciones debe ser procesada mediante el estricto control geológico de las mismas (perfiles litológicos, radiométricos, geoquímicos, etc.) y correlaciones con los respectivos perfiles de otros pozos.

Los perfiles litológicos proporcionan la columna estratigráfica con detalle de espesores, radiactividad, materia orgánica, presencia de sulfuros, zonas de reducción y oxidación, descripciones macro y microscópica de las rocas que atravieza el pozo, etc.

Es necesaria la obtención de muestras bien representativas, evitando su contaminación por derrumbes o falta de selección de las mismas.

#### 4.4.2. Perfilaje de pozos

Registros obtenidos del efecto continuo de las paredes del pozo en sondas o sensores.

Una unidad típica de perfilaje de pozos, consiste en un instrumento sensor o sonda que descienda al pozo, conectado mediante un cable multiconductor al registrador de las medidas específicas que está localizado en superficie. Pueden ser sencillos o sofisticados. Estas últimas utilizan computadoras para el procesamiento electrónico de datos. Por lo general ambas montadas en vehículos

Los perfiles pueden ser radimétricos, eléctricos, sónicos de densidad, diámetro de pozo, etc. Se usan para determinar:

- Contenido de la mineralización
- Factor de corrección por desequilibrio
- Medidas directas del Uranio
- Datos litológicos
- Efectos de los sulfuros en arcillas
- Estructuras geológicas
- Zonas de oxido-reducción
- Otras

#### 4.3. Sensores remotos

Los métodos de sensores remotos se aplican para la determinación de las características físicas y químicas de los recursos naturales tomadas a grandes distancias.

Dentro de este campo se utilizan las imágenes ERTS (tomadas de los satélites), con canales multiespectrales y las fotografías convencionales (blanco-negro y color) de gran, media y baja altura, imágenes de radar lateral e infrarojo termal y multibandas.

Es útil porque determina la geometría de los rasgos geológicos de grandes áreas, vinculadas al control estructural de los recursos minerales. También se puede determinar el grado de alteración y decoloraciones de las rocas basadas en comparaciones con patrones ya conocidos. Esta tecnología no es determinante para la detección de minerales radiactivos pero si un complemento valioso para la investigación geológica de los mismos.

#### 4.6. Otros métodos geofísicos

Técnicas geofísicas que no han sido consideradas anteriormente y que se utilizan en la prospección de minerales radiactivos.

##### 4.6.1. Sistema geofísico de prospección de fondos de lagos

Consiste en el registro continuo de radimetría y resistividad realizado sobre el fondo de lagos, constituyendo a su vez una importante ayuda para el relevamiento geológico de los mismos. Utiliza tres sistemas diferentes de sensores:

- Cristal para rayos gamma (cintilómetro)
- Electrodo para radiaciones de resistividad
- Monitor de abrasión

Estos sensores están alojados en una sonda que se desplaza en los fondos acuáticos arrastrada por un cable multiconductor que la comunica con los instrumentos registradores instalados en el vehículo náutico:

La principal ventaja de este método es que posibilita la prospección de los fondos de los lagos evitando la distorsión que ocasiona la cubierta de agua

##### 4.6.2. Métodos geofísicos no radimétricos

Los métodos geofísicos convencionales no se han utilizado intensivamente en la exploración de minerales radiactivos por cuanto éstos carecen de propiedades físicas distintivas que produzcan anomalías geofísicas comúnmente vinculadas a depósitos de sulfuros o de hierro.

Estos métodos utilizados como técnicas complementarias son:

- Exploración gravimétrica, para determinaciones de estructuras geológicas de carácter regional o local y paleocanales.
- Exploración magnética en la determinación de estructuras geológicas de tamaño regional y zonas de alteración de minerales magnéticos.
- Métodos eléctricos  
Electromagnéticos para la determinación de concentraciones de pirita y paleocanales:
  - Resistividad, para la ubicación de paleocanales
  - Polarización inducida utilizada en la localización de los depósitos de sulfuros.
- Método sísmico  
Utilizado para determinación de estructuras geológicas regionales y locales, cambios de facies y paleocanales de amplitud local y localización de discordancia.

5. METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA  
EXPLORACION DE URANIO

En revisión de las técnicas de exploración de Uranio realizadas en diversas partes del mundo, dentro de la metodología propuesta se recomienda preferentemente utilizar la técnica radiométrica, por sus grandes pruebas de eficacia y resultados positivos en el descubrimiento de grandes yacimientos de minerales de Uranio. Esta metodología de exploración da idea precisa del equipo que se debe utilizar, personal necesario, las diferentes etapas de exploración a efectuarse y los costos de operación.

Tomando en consideración las condiciones particulares de cada proyecto, se efectúa una selección y combinación de técnicas para el mejor desarrollo de la metodología.

#### 5.1. Objetivos

Con las experiencias obtenidas por la metodología propuesta se pretende:

- Realizar la evaluación del potencial uranífero, de los países interesados de América Latina
- Orientar a los países en donde la exploración está en sus primeras etapas o que no han iniciado sus estudios
- Demostrar que la aplicación de la metodología, con sus técnicas particulares, produce resultados positivos en corto tiempo.

#### 5.2. Metodología

A continuación se detallan las etapas que constituyen la metodología propuesta

##### 5.2.1. Compilación y evaluación de la información existente

Recabar la información existente de carácter técnico que viene a constituir la infraestructura del programa de la exploración; ya que de ahí se derivarán las normas de trabajo.

Lo anterior implica coleccionar:

- Bibliografía Técnica
- Cartografía en general
- Material fotográfico

El análisis de la información recolectada conducirá a jerarquizar las áreas inmediatas a explorar, así mismo mostrará la carencia de información básica y la necesidad de producirla.

#### 5.2.2. Reconocimientos geológicos y regionales

Como resultado del análisis de la información de las áreas que se consideran prioritariamente favorables, deben realizarse campañas de reconocimiento preferentemente aéreas, siendo su propósito conocer los rasgos geológicos favorables, así como determinar su grado de accesibilidad y las características topográficas de la región.

#### 5.2.3. Selección de áreas

Durante los reconocimientos geológicos regionales es factible observar aquellos rasgos o características que son indicativos de la ocurrencia de yacimientos de Uranio.

Se pueden considerar como rasgos geológicos más importantes las zonas de alteración, litologías y estructuras favorables, áreas mineralizadas, etc.

El conocimiento previo de la existencia de localidades uraníferas otorgará mayor importancia al área seleccionada.

#### 5.2.4. Desarrollo de la exploración

La ejecución de los trabajos exploratorios consta de la serie consecutiva de etapas que a continuación se describe con el entendido que se puede abandonar cualquiera de estos pasos si con el desarrollo de los anteriores no presenta el interés suficiente.

5.2.4.1. Selección y aplicación de la técnica adecuada. Es este aspecto se recomienda el método radimétrico como una de las primeras técnicas de investigación a utilizar, ya por las características del Uranio es el método más efectivo de su prospección, considerando que a nivel mundial ha comprobado su eficacia.

Es recomendable utilizar de manera preferente el método aeroradimétricos y subordinadamente un forma autotrasportada. En el supuesto caso que las condiciones del terreno o circunstancias especiales del lugar impidan el empleo de esta metodología, podrían utilizarse técnicas alternativas como es la geoquímica, emanometría, etc. Sin embargo, a nivel regional estas técnicas presentan más desventajas que ventajas. El método geoquímico, aunque puede conducir a resultados positivos, requiere de personal altamente especializado, laboratorios adecuados con instrumentación y materiales costosos y en la interpretación de los resultados, deben tomarse en cuenta factores numerosos y complejos. Los programas de exploración directa basados en anomalías emanométricas han

dado resultados negativos, algunas veces inexplicables, por ejemplo, la ocurrencia de fuertes anomalías en areniscas ligeramente alteradas que contenían cantidades mínimas de Uranio, contrariamente existen casos donde los estudios emanométricos no detectaron anomalías aún cuando estos hicieron sobre depósitos someros con alto contenido de Uranio, siendo un ejemplo clásico los yacimientos de Jabiluka en Australia. Los métodos geobotánicos en el caso del Uranio, están confinados al reconocimiento del Astragalus, que es una planta acumuladora de Selenio y no puede considerarse como una técnica efectiva. En la exploración aeroradimétrica es conveniente utilizar espectrómetros complementados con cámara fotográfica, radioaltímetro sistema de posicionamiento y magnetómetro. La información es grabada en cinta magnética para su posterior procesamiento en computadora.

Los vuelos radimétricos son sistemáticos y/o detallados. Los vuelos sistemáticos cubren del 60% de la superficie, en tanto que los detallados el 100%, estando estos últimos sujetos a los resultados positivos de los primeros.

Con este método, se obtienen planos con la configuración radimétrica de los diferentes canales; Uranio, Torio, Potasio y cuenta total, así como las relaciones entre ellos. En dichos planos se reflejarán los valores anómalos.

5.2.4.2 Verificación terrestre de anomalías descubiertas. Las configuraciones obtenidas proporcionan la localización de las anomalías descubiertas en el área estudiada, las que deberán ser objeto de su verificación directamente en el terreno. Esta operación consiste en el examen superficial del área anómala con detectores radimétricos, para determinar naturaleza, forma, tamaño y comportamiento de la zona de anomalía. La investigación geológica implica determinación de roca huésped, control geológico de la anomalía y todos los aspectos relativos al proceso de mineralización. Estos estudios determinan si la anomalía es causada por mineralización de Uranio, así como los trabajos procedentes a realizar.

5.2.4.3. Levantamiento detallado de las anomalías

Si la anomalía verificada presenta el grado de interés suficiente, se realizan estudios detallados del área, los que fundamentalmente consisten en hacer levantamientos geológicos, topográficos y radimétricos a escala adecuada.

La información obtenida en esta etapa dará idea de:

- Conocimiento del control geológico de la mineralización.
- Distribución superficial de la anomalía.
- Comportamiento de la mineralización en superficie.

- Características topográficas del terreno.

Mediante estos datos se estará en posibilidad de programar la exploración directa procedente.

#### 5.2.4.4. Exploración directa

Esta etapa proporciona el conocimiento del yacimiento mineral desde la superficie del terreno hasta la profundidad que alcance en el subsuelo, lo cual se obtiene mediante programas de perforación y obras mineras. Dependiendo de las características propias de la anomalía superficial, de la interpretación del fenómeno mineralizante y naturaleza del terreno, se seleccionará la aplicación de cualquiera de las dos técnicas de exploración.

Considerando la premura del conocimiento del yacimiento, es preferible la perforación y subordinadamente las obras mineras.

Según la información que se desea obtener, las perforaciones pueden ser de reconocimiento, sistemática y de muestreo.

Las perforaciones de reconocimiento son proyectadas en las zonas de estudio, con separación amplia entre sí y a profundidades variables para dar idea de la continuidad de la mineralización tanto a lo largo y ancho de las estructuras, así como a profundidad, se ejecutan con recuperación de núcleos.

Las perforaciones sistemáticas se programan en base a los resultados de la perforación de reconocimiento, éstas se ubican a mallas más cerradas determinando las formas, dimensiones, actitud, espesores y leyes de los cuerpos mineralizados. Normalmente estas perforaciones de percusión se efectúan con martillo neumático de diámetros reducidos para recuperar polvos.

Estas perforaciones son rápidas y de bajo costo. También se pueden utilizar perforaciones rotatorias con trépano o corona.

Es importante que en los pozos resultantes se lleven a cabo sondeos gammamétricos y otros adecuados.

Las perforaciones del muestreo se hace con máquinas rotatorias de diamante recuperando núcleos. Debido al elevado costo de operación, estas perforaciones se programan estratégicamente, obteniendo muestras solamente en los intervalos mineralizados detectados previamente con la perforación sistemática.

Los resultados de estos muestreos tienen por objeto determinar las leyes del mineral, características mineralógicas y petrográficas, además de proporcionar una muestra representativa del yacimiento para pruebas metalúrgicas.

#### 5.2.4.5. Desarrollo del yacimiento

En esta etapa de la exploración debe obtenerse la morfología del yacimiento para decidir

el tipo de explotación, determinar las especies minerales de la mena y la ganga para decidir el método de metalurgia a seguir y la concentración en que ocurre la mineralización para determinar, en toneladas, las reservas encontradas.

Con estos datos se procederá a realizar el estudio de factibilidad y el cálculo económico de la operación.

#### 5.2.4.6. Computación de datos

En todas las etapas del desarrollo de la exploración, es conveniente contar con el auxilio de una computadora, la cual entre otros, tendrá las siguientes aplicaciones:

- Archivo de datos
- Procesamiento de datos aeroradimétricos, para la elaboración de planos de configuración de los diferentes canales registrados.
- Archivo y cálculo de registros de pozos
- Elaboración de secciones de los registros de pozos de exploración y de desarrollo de los yacimientos uraníferos.
- Confección de planos de "bancos" de los yacimientos uraníferos geoestadísticamente evaluadas.
- Procesamiento de datos administrativos

#### 5.2.5. Requerimiento de Personal

En el desarrollo de los diversos programas de exploración de Uranio, se debe considerar al elemento humano como factor de suma importancia, enfatizándose la necesidad de geólogos experimentados, que además de las consideraciones geológicas, deberán utilizar equipos geofísicos sofisticados, así como tecnología geoquímica especializada. La experiencia no es fácil ni rápidamente adquirible, pero es esencial para conducir con éxito los programas de exploración.

El personal requerido se distribuye en las siguientes áreas:

Exploración:

- Geológica de campo
- Análisis e interpretación de información
- Mantenimiento de equipo

Investigación:

- Yacimientos minerales
- Investigación aplicada y regionalización

Consultoría:

- Personal especializado que ayude a resolver problemas específicos

#### 5.2.6. Costos

Los organismos nacionales, internacionales y las compañías privadas dedicadas al desarrollo de la industria nuclear, manifiestan que estos trabajos se basan en análisis económicos.

Los más grandes yacimientos de Uranio conocidos se encuentran en los países donde se ha invertido mayor capital en la exploración y poseen más del 80% de las reservas mundiales de Uranio.

Estadísticamente las empresas a nivel mundial gastan 18% en exploración primaria, 7% en comprobación de anomalías; 12% en trabajos de evaluación de localidades uraníferas; 39% en explotación y 24% en procesamiento metalúrgico.

6. CAPACITACION DE RECURSOS HUMANOS  
PARA LA EXPLORACION DE URANIO EN  
AMERICA LATINA

CAPACITACION DE RECURSOS HUMANOS PARA LA EXPLORACION DE URANIO  
EN AMERICA LATINA

- La exploración de Uranio en América Latina requiere de la formación del personal especializado en los conocimientos relacionados con esta actividad y en todos los niveles de participación profesional, técnica y laboral, en base a las recomendaciones del Grupo Regional de Asesoría, a la experiencia existente en varios países miembros de OLADE y en otros de reconocido desarrollo en la investigación nuclear.
- La OLADE propiciará la elaboración de programas específicos de perfeccionamiento del personal que tiene a su cargo las actividades de la exploración de Uranio para difundir las innovaciones técnicas desarrolladas en esta materia.
- La Organización identificará a las instituciones de educación superior de América Latina para desarrollar programas de los cursos de post-grado, especialización, nivelación y capacitación necesarios para el personal profesional, técnico, obrero y administrativo que necesita el desarrollo de la exploración de Uranio en los países miembros de OLADE.

Proporcionará también la colaboración de los países para facilitar la práctica del personal formado y organizará seminarios y reuniones técnicas periódicas entre los especialistas de la región.

- En la elaboración de las normas de radio protección sanitaria y de seguridad en el trabajo de la exploración del Uranio, debe considerar la experiencia regional y de otros países así como aprovechar las salvaguardias de los organismos internacionales pertinentes.

- Elaborará análisis periódicos de la exploración de Uranio y de las perspectivas internacionales y de cada país miembro, a fin de que los gobiernos orienten oportunamente la formación de los recursos humanos correspondientes.

7. INTERRELACIONES NACIONALES E INTER  
NACIONALES DE LA EXPLORACION DEL  
URANIO

INTERRELACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES DE LA EXPLORACION  
DEL URANIO

- La programación de las actividades de organización administrativa para la implementación de una metodología en la exploración del Uranio, determina, de manera especial, la responsabilidad de la OLADE en las acciones aquí señaladas.
- Cuando el caso lo requiera, la OLADE solicitará la cooperación de las organizaciones internacionales involucradas en programas nucleares del desarrollo de los trabajos a fin de evitar duplicidad de esfuerzos.
- A su vez OLADE servirá de instrumento de coordinación del Grupo Regional de Asesoría para la exploración del Uranio y mantendrá contacto directo con sus integrantes a fin de designar las fechas y el lugar de las reuniones para los casos de capacitación y seminarios sobre la materia y el intercambio de experiencias, conocimientos e informaciones entre los expertos de la región que se deberán llevar a cabo por lo menos una vez por año.
- La creación en OLADE del Grupo Regional de Asesoría para la exploración del Uranio con la participación de los especialistas más destacados de los países miembros, de otros países y del Organismo para la Proscripción de Armas Nucleares de la América Latina, tendrá los objetivos siguientes:
  - a. Asesorar a la Secretaría Permanente en la materia que se encomiende;
  - b. Elaborar y actualizar la metodología relativa a la exploración del Uranio;
  - c. Asesorar y apoyar a la OLADE en cursos de capacitación y seminarios sobre la materia; y,

- d. Intercambiar experiencias, conocimientos e informaciones entre los expertos de la región.

8. SISTEMA DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS,  
COOPERACION E INTEGRACION EN LA METODO  
LOGIA DE EXPLORACION DE URANIO EN AME  
RICA LATINA

Dentro de la OLADE sus países miembros deberán establecer los mecanismos necesarios para crear un sistema de información, transferencia de tecnología, difusión de licencias, patentes y conocimientos técnicos y científicos

La implementación de este Programa requiere de un presupuesto específico de la Secretaría Permanente, que comprenda la realización de las siguientes acciones:

- a. Institucionalizar el Programa a través de la designación de un Jefe de Proyecto;
- b. Reuniones periódicas del Grupo de Trabajo;
- c. Organizar el I Seminario Latinoamericano sobre la Exploración de Uranio en 1981;
- d. Constituir el Grupo Asesor; y,
- e. Elaborar pilotos de exploración geologica-uranífera y otras.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La I Reunión del Grupo de Trabajo para la elaboración de la Metodología en la Exploración de Uranio, realizada en la ciudad de Chihuahua, México, del 20 al 25 de octubre de 1980, llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones

#### 9.1. Conclusiones

- En el desarrollo de las fuentes convencionales y no convencionales de energía de los países latinoamericanos, para satisfacer sus necesidades energéticas fundamentales, el Uranio, es un recurso disponible, cuyo aprovechamiento regional con fines pacíficos requiere de una amplia tecnología.
- En la actualidad, la localización rápida de yacimientos uraníferos en la región es de vital importancia para el futuro abastecimiento de energía en América Latina.
- En América Latina no existe un desarrollo significativo del ciclo del uso del Uranio debido a la insuficiencia de la exploración de yacimientos y a la falta de personal especializado y recursos financieros.
- En América Latina existen pocos países que están explorando intensamente a fin de encontrar yacimientos uraníferos. Por lo tanto, el potencial de la región no es suficiente conocido y en consecuencia esta metodología para la exploración del Uranio tiende a llenar ese vacío, a despertar en los gobiernos la conciencia de la importancia de dar a este punto un impulso verdaderamente prioritario y a desarrollar un instrumento básico que sirva de guía a los gobiernos de los países miembros para el desarrollo de esta actividad.

## 9.2. Recomendaciones

- Impulsar la ejecución de programas para lograr la aplicación de la metodología en la exploración del Uranio propuesta por este Grupo de Trabajo.
- Organizar y coordinar la formación del personal especializado que requiere la exploración para encontrar yacimientos uraníferos en América Latina.
- Fortalecer las actividades de la Organización en esta materia mediante la institucionalización del proyecto; la coordinación de las actividades con los países interesados y los organismos internacionales que desarrollan actividades en este campo, de manera especial con la Comisión Interamericana de Energía Atómica (CIEN), con el Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (OPANAL) y con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Sugerir a la Secretaría Permanente de la OLADE que distribuya entre los países miembros este documento elaborado por el Grupo de Trabajo para la elaboración de la Metodología en la exploración de Uranio para su estudio y lo presente a consideración en la XI Reunión de Ministros de Energía

10. LISTA DE PARTICIPANTES

ARGENTINA: Dr. Armando Ortega Furlotti  
COLOMBIA: Ing. Hernando Rodríguez Triana  
PERU: Ing. Luis Canepa Purizaga  
VENEZUELA: Ing. Humberto Cárdenas Egui  
MEXICO: Ing. Roberto Iza Domínguez  
Ing. Manuel Morales Ruiz  
Ing. Rafael Chávez Aguirre  
Ing. Valentín Iparrea Valencia  
Ing. Néstor Silva Mejía  
Ing. Carlos Manzanera Quintana  
  
OBSERVADOR: Ing. Javier Cureño Pérez  
OPANAL  
  
COORDINADOR: Dr. Luis Alberto Araúz  
OLADE

11. ANEXOS

ARGENTINA

La Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina fué creada el 31 de mayo de 1950. Posee 1.500 profesionales especializados en Centros de Investigaciones Nacionales y Extranjeros. Desde su creación sus primeros esfuerzos se orientaron a la exploración de minerales de Uranio. En ese sentido cabe destacar que la Argentina posee 900.000 kilómetros cuadrados de superficie con posibilidades uraníferas, de las cuales 400.000 kilómetros cuadrados, son áreas prioritarias de interés inmediato. En su territorio se ha delimitado 18 ambientes geológicos clasificados como potencialmente importantes por la favorabilidad de sus características anómalas por minerales radiactivos.

Hasta la fecha se han realizado como principales tecnologías de Prospección:

500.000 kilómetros de aeroradimetría, 1.500 kilómetros de espectrometría aérea, 100.000 de prospección geoquímica, 50.000 kilómetros cuadrados de autotransportada, 5.000 hectáreas de perfiles emanométricos, 300.000 metros de perfiles geoelectrónicos, como así también se han realizado más de 200.000 metros de perforaciones.

Las reservas actuales se han calculado en 40.000 toneladas de Uranio como recursos notablemente asegurados y se estiman otras 270.000 toneladas como recursos especulativos.

Los principales recursos uraníferos son: Tonco Amblazo (yacimientos Don Otto y otros); Distrito Conquire (yacimientos Rodolfo y Los Gigantes, etc.); Distrito Mendoza (yacimientos Sierra Pintada-Huelmul, etc.) y Distrito Patagonia (yacimientos Adobes, Sierra Cuadrada, etc.) con sus respectivas plantas de tratamiento.

El plan futuro prevé la exploración anual de 150.000 kilómetros cuadrados en diferentes metodologías, perforación, 500.000 metros en un período de 3 años y la producción anual de 700 toneladas de Uranio en plantas convencionales y de lixiviación natural.

Por ley de reciente sanción, se aprobó el Plan Nuclear Argentino que prevé fundamentalmente la constitución de otras cuatro centrales de potencias y planificar la libre exploración de todo su territorio y asegurar los suministros y tecnologías para desarrollar el ciclo completo del combustible nuclear.

#### PERU

El Perú, país tradicionalmente minero, empezó la exploración por minerales radiactivos a mediados de la década del 50, habiendo tenido un gran impulso hasta aproximadamente a fines de 1962.

A partir de 1976, la exploración por minerales radiactivos toma nuevamente fuerza pero tiene como principal aspecto limitante el aspecto económico.

En la primera etapa de la exploración, se revisan la mayoría de las ocurrencias hidrotermales de la época, habiéndose obtenido dos prospectos de importancia, pero que al ser evaluados no fueron considerados económicamente explotables. Así mismo se hizo una primera evaluación del potencial uranífero del país, con conclusiones muy alagadoras.

En la segunda fase, con la asesoría del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se realiza una evaluación del país, para efectuar una preselección de áreas, las cuales se están trabajando en la actualidad.

Como resultado de estos trabajos de preselección se han detectado cinco áreas anómalas en el Sur Este del país y dos en la Cordillera Oriental (sector central y sur oriental).

La política futura del país deja prever que serán reservados por el Gobierno Peruano, alrededor de 30.000 kilómetros cuadrados, para su exploración exclusivamente por él, y tomar contrato de exploración por terceros para el resto del país.

Los primeros resultados de la exploración en el país han sido bastantes alentadores, existiendo un gran potencial de minerales radiactivos.

#### VENEZUELA

En 1976 elaboró el Plan Nacional de Exploración de Uranio, el cual fué favorablemente acogido por el V Congreso Geológico Venezolano.

En dicho plan se toman en cuenta los ambientes geológicos favorables, la accesibilidad de las áreas y el costo de los métodos a aplicarse.

En forma paralela se procedió a la instalación de laboratorios para el análisis de las muestras provenientes de la actividad exploratoria y de métodos para la obtención de concentrados de Uranio.

En forma resumida se presenta a continuación el estado actual de la exploración en las diferentes regiones del país.

Región Occidental.- Se realizó la radiometría autotransportada en los estados de Táchira, Mérida, Trujillo, Lara, Falcón, Barrinos, Apure, Portuguesa y Sulie. Como resultados principales se detectaron importantes anomalías radimétricas actualmente en

estudio. También se realizó la prospección geoquímica regional en los Estados de Táchira y Mérida. En general es una región de excelente potencial uranífero.

Región Central.- Se realizó la radimetría autotransportada de los Estados de Cójeles, Carabobo, Miranda y Guárico. Como resultado principal se determinó que la zona de Baúl, Estado Cójeles es de gran importancia uranífero y para 1981 se realizarán estudios evaluativos. El resto de la región es de poca favorabilidad uranífera.

Región Oriental.- Fue realizada la exploración radimétrica autotransportada en los Estados de Anzoátegui, Araguá y Sulia. Merecen especial atención las zonas adyacentes al Río Orinoco por su gran potencial uranífero. El resto de la región es de mediana favorabilidad uranífera.

Región Sur.- La integran el Estado de Bolívar y el Territorio Federal Amazonas, los cuales son geológicamente parte del Escudo Guayanés. Esta región representa el 46% del territorio nacional y posee un excelente potencial uranífero, pero carece de una infraestructura favorable para la exploración. En el Estado Bolívar se realizó la radimetría autotransportada y se delimitaron tres zonas de interés y el territorio Federal Amazonas ha sido cubierto casi totalmente con el método aeroradimétrico del cual resultaron numerosas anomalías de interés.

Se recomienda intensificar la actividad exploratoria conforme a los planeamientos del Plan Nacional de Exploración de Uranio con la consecuente captación de personal idóneo y asignación de los recursos necesarios.

MEXICO

La exploración de Uranio en México se inició en 1957 por la Comisión Nacional de Energía Nuclear, con recursos financieros limitados, desarrollándose principalmente la prospección radimétrica terrestre. Posteriormente, se intensifica la prospección tanto aeroradiométrica como terrestre; realizada en su mayor parte en los estados de: Chihuahua, Sonora, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Oaxaca. Descubriéndose en esta etapa la mayoría de las localidades uraníferas que actualmente se conocen.

Con la creación del Instituto Nacional de Energía Nuclear (actualmente Uranio Mexicano) se inicia la cuantificación de las reservas de Uranio y elaboración de proyectos de explotación y beneficio; continuando la exploración de Uranio en nuevas áreas de la República Mexicana.

COLOMBIA

En Colombia se ha hablado de Uranio desde 1910, en las regiones de California (Santander) y Bochalema (Norte de Santander), en el período 1949-1954 se hicieron esporádicos trabajos en su mayor parte en las localidades antes mencionadas.

El I.A.N. por decreto de fundación (1956/1959), fué encargado de las labores respectivas para Uranio, pero por diferentes razones estas fueron discontinuas hasta 1969, generalmente con un solo profesional.

De 1970 hasta la fecha han venido trabajando 3 ó 4 profesionales, 6 en 1976/1977 y 10 en 1980, debido fundamentalmente a los bajos salarios estatales en relación con las firmas privadas.

En 1967 luego de estudiar los diferentes trabajos referentes a Uranio y una exhaustiva revisión de los registros gamma petroleros y de controlar radiométricamente más de 70 mil especímenes de roca colectadas por el antiguo Servicio Geológico Nacional, posteriormente INMINERO (1965) hoy INGEOMINAS (1971) y mediante consideraciones bibliográficas de Geología Regional Colombiana en relación con los conceptos internacionales que determinaban las características más favorables para la existencia de Uranio y en especial por razones de ubicación, accesibilidad topográfica o vial por cartografía y fotografías aéreas existentes, se seleccionaron 321.000 Km<sup>2</sup> como susceptibles de poseer minerales radiactivos. (Área Nacional .... 1.150.000 Km<sup>2</sup>) equivalentes aproximadamente al 28% del Área Nacional. Previamente a la firma de los contratos (1973) ya se poseían 106 anomalías. De la selección se halla contratado el 85% así: en 1976 con TOTAL (MINATOME Francia), 1977/1978 ENUSA (España), 1980 COGEMA (Francia), 1980 PNC (Japón).

En 1980 se han logrado ubicar más de 400 anomalías luego de haberse trabajado el 50% de las áreas prioritarias y 20.000 Km de la red vial nacional (+ 50.000 Km).

Las técnicas utilizadas han sido primordialmente radiometría a pie, vial, geoquímica de aluviones, agua y minerales pesados.

Prospección aérea no sistemática usada por MINATOME-ENUSA y sistemática para el programa I.A.N., PNUD en 13.000 Km<sup>2</sup>; además emanometría en sectores muy restringidos.

En la actualidad se viene efectuando un modesto plan de sondeos dentro del programa I.A.N., PNUD de 1.500 m (Objetivo 10.000 m.), lográndose comprobar la continuidad radiométrica de la formación Girón (Jurásico) en profundidad, pero sin poderse hablar con exactitud de tonelaje alguno.

Las perspectivas uraníferas en Colombia se consideran ampliamente positivas pues aunque sólo se posean anomalías, estas no son 100% puntuales si no areales con amplia distribución geológica-geográfica así:

- a. California (Santander): Depósito de veta sin evaluar claramente con Pechblenda y Coffinita y ley de 0.05-2% de  $U_3O_8$  en rocas porfiríticas y neísicas de tipo Meso-Epitermal (Bueno 1955).
- b. Zapatoca (Santander). Formación Girón. Jurásico. Secuencia areno-conglomerática-limolítica-lutítica. Facies continental, 90 anomalías. Los tenores fluctúan entre 0.02 a 0.54 con un tenor medio de 0.5% de  $U_3O_8$ .
- c. Contratación (Santander). Formación Girón. (Jurásico). Continuidad Sur del Area de Zapatoca. Alternancia de areniscas arcóscicas grises verdosas con limolitas y lutitas grises verdosas y rojas, 30 anomalías.

Minerales amarillos Torbermita-Autunita. Presencia de Manganeso, con materia orgánica, sulfuros y carbonatos de cobre en paleocanales, abundante Pirita con tenores de 0.1-0.8%  $U_3O_8$  extensión 2 a 3 km., espesor medio 1.50 m.

- d. Quetame-Sumapáz-Cundinamarca-Meta). Formación Toquiza. (Carbonífero). Secuencia Deltaico-Lagunar con sucesión arcillo-arenosa, conglomerática.

Tenor variable entre 0.1 a 3.8 de  $U_3O_8$ . Mineralizaciones asociadas a materia orgánica con control litopetrográfico y tectónico. Se han identificado Pechblenda y Coffinita en paragénesis con cobre, plata, cobalto y níquel. 32 anomalías.

- e. Berlín (Caldas). Cretáceo Medio e Inferior, Facies Marina, anomalías urano-fosfáticas en areniscas fosfáticas y lutíticas.

Tenores entre 0.1 y 0.5 con promedio de 0.3 y 5-22%  $P_2O_5$ . Adicionalmente altos contenidos en vanadio (5%) y Bario (1%).  
67 anomalías.

- f. Ocaña (Norte de Santander). 14 anomalías en Pegmatitas y/o neises intruídos por granodioritas. Basamento del Escudo Guayanés y el Silgará intruído por Dioritas y Paleozoicas.
- g. Irra (Caldas). Anomalías en Diabasas y Basaltos en zonas diaclasadas del contacto con un stock monzonítico. 14 anomalías en el sector oriental de la Cordillera Central.
- h. Tarra, Tunebia, Isabeles, Aratocha, Santa Bárbara, Santa Elena. Diques pegmatíticos en esquistos, meta-areniscas y cuarcitas. Formación Silgará (Pre-Devónico). 36 anomalías.
- i. Sectores Urano-fosfáticos  
Sardinata, Iza, Paipa, Pesca, Tuta, Vanegas, Tocaima, Palermo. Tenores 0.02-0.078  $U_3O_8$  y 12-28% de  $P_2O_5$ , fosforita y cuerpos areno-fosfáticos. 40 anomalías.
- j. Tesalia, Iquira, Palermo (Huila), Natagaima-Chaparral (Tolima). Formación Gualanday (Terciario "Oligoceno"). Alternancia de arcillolitas rojas y grises con areniscas y conglomerados ligeramente arcósicos de igual tonalidad. Tenores de 0.02-0.5  $U_3O_8$ . 24 anomalías.



11. 1. ANEXO II

BOLIVIAExploración de Uranio

La fase de exploración actual de Uranio comenzó en Bolivia a principios de la presente década y estuvo dirigida, en sus orígenes, hacia la correlación de las formaciones del sistema Cretáceo, con aquellas en las que se encuentran los depósitos uraníferos de Don Otto, en el norte de Argentina.

Posteriormente, se levantaron planos usando los resultados de un estudio mineralógico piloto de la Cordillera, que se llevó a cabo por la Swedish Consulting Company (Compañía Consultora Sueca), en 1965, cubriendo un área de 15.000 Km<sup>2</sup>. Durante este estudio geofísico integrado, se prestó atención especial a la magnetometría aérea y al electromagnetismo. El propósito ha sido el de ampliar el estudio usando un espectómetro. Desgraciadamente, el procedimiento ha sido el ampliar el estudio usando un espectómetro. Desgraciadamente, el procedimiento normal de aplicación de esta técnica no se utilizó.

Con los datos radiométricos obtenidos, aunque incompletos, la Comisión Boliviana de Energía Nuclear (COBOEN), ha podido llevar a efecto planes prospectivos de Uranio para la Cordillera de los Frailes (10.000 Km<sup>2</sup>). Esta es una cadena formada por un complejo de rocas volcánicas, compuesto principalmente por lavas, ignimbritas y tobas volcánicas de tipos riolíticos y riodacíticos de edad Miocena-Pliocena y con intrusión de cuerpos dacíticos más recientes. Se han identificado varias áreas prometedoras en este ambiente y están siendo estudiadas por medio de la aplicación de varias técnicas de exploración. Cabe destacar que la mina de Uranio Cotaje, descubierta por COBOEN en 1970, se halla dentro de estas formaciones volcánicas.

Con la expansión de programas de prospección, se han podido encontrar muchas indicaciones de Uranio en otros tipos de ambientes geológicos, tales como cuencas sedimentarias continentales y formaciones marinas, algunas de las cuales están probablemente asociadas con fuentes termales, mientras que otras son de naturaleza mixta.

Se han concentrado los esfuerzos sobre una parte de las formaciones terciarias de las Planicies Andinas (Altiplano) y sobre la zona Sub-Andina meridional, debido especialmente a las condiciones de deposición, a la presencia de materia orgánica y a la naturaleza de los sedimentos.

Además, usando el conocimiento de la mineralización en la regiones metalogénicas tradicionales en Bolivia, de posibles asociaciones con depósitos de Uranio en estas regiones, se han seleccionado áreas del límite oeste de la Cordillera Central. Se han encontrado allí varios yacimientos radiactivos que serán estudiados en el futuro.

## DATOS SOBRE EXPLORACION DE URANIO - BOLIVIA

AÑO	ESTUDIOS RADIOMETRI LOS AEREOŚ (Km <sup>2</sup> )*	OTROS ESTUDIOS (Km <sup>2</sup> )**	PERFORACION SUPERFICIAL		TOTAL EGRESOS EXPLORACION
			(m)	(Nº AGUJEROS)	
Pre-1975	8.600	15.000			500.000
1975	10.000	7.000	600	10	2.000.000
1976	8.000	7.000	11.000	100	3.300.000***
1977	8.500	3.000	7.000	65	2.200.000***
1978	2.500	3.000	3.000	30	1.000.000
1979	15.000	5.000	1.000	10	2.500.000
(Planifica do)					
TOTAL	49.600	40.000	22.600	215	11.500.000

- \* 24.000 Km lineales con 1.000 m de espaciados y 38.000 Km Lin. con 500 m de espaciados.
- \*\* Prospección geoquímica y de suelo
- \*\*\* Incluye arrendamiento de helicópteros para el transporte de equipo y personal

El área ocupada por compañías comerciales para la exploración fue de 5.000 Km<sup>2</sup> en 1978. Solamente una compañía participó.

En 1974, COBOEN firmó un contrato con la compañía italiana AGIP-Uranium para la prospección y la posible explotación minera del Uranio que se extiende sobre un área de más de 50.000 Km<sup>2</sup>. Además, se piensa firmar un contrato con otra compañía extranjera en el presente año para la prospección y la posible exploración minera del Uranio en un área de más de 90.000 Km<sup>2</sup>.

Más aún, existen planes de un programa prospectivo financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), cuyas características principales se están elaborando actualmente.

En cuanto a la política de exploración del Uranio, Bolivia ofrece oportunidades para la firma de contratos con terceras partes, respaldados por fondos mancomunados para la cobertura de riesgos, los cuales pueden tomar la forma de acción conjunta o contratos de servicio y cubrir operaciones para la producción de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. De este modo, Bolivia ha alentado la inversión de fondos mancomunados y participa de los beneficios. También se está considerando la exportación del Uranio descubierto hacia los países de origen de las compañías participantes.

#### Recursos de Uranio

Una de las regiones con potencial uranífero es la Cordillera de los Frailes, donde COBOEN ha descubierto varias áreas prometedoras.

Estas incluyen la mina de Uranio Cotaje, donde se está llevando a cabo la explotación minera a escala piloto, principalmente con propósitos de adiestramiento de personal a fin de poder emprender futuros programas de producción a escala comercial.

Los afloramientos en la Cordillera de los Frailes, que se extienden a más de 10.000 Km<sup>2</sup>, consisten especialmente en rocas volcánicas de composición riolítica, riódacítica y andicítica, compuestas de tobas ignimbríticas y lavas de la Edad Mioceno-Plioceno. Los depósitos principales son: Cotaje, Mina Amistad y Los Diques.

#### COTAJE

La mina está situada en el límite occidental de la formación Los Frailes y la mineralización se encuentra en una zona de fallas sub-verticales asociadas con ignimbritas brechificadas, trituradas y fuertemente decoloradas de composición riódacítica. Esta zona mineralizada se encuentra en tobas, en el contacto tectónico con sedimentos lutíticos cretáceos, los cuales están intruídos por un cuerpo dacítico que forma el cerro Cotaje.

El Uranio y sus minerales asociados están contenidos preferentemente en fracturas que forman sistemas desordenados de venas, las cuales están mejor desarrolladas en fracturas abiertas. Las rocas de la región son brechificadas y riódacíticas con facies ignimbríticas en la base, sin que exista un límite definido.

Existen minerales uraníferos secundarios del grupo del Uranio (autinita, meta-autinita, torbenita y cuprosklodowskita), todas las cuales están en cristales aislados y en grupos microcristalinos. De sus propiedades ópticas, se han clasificado la coffinita como mineral reciente. Se halla pechblenda en forma de pátina.

El contenido promedio de esta depósito es de 0.07% de  $U_3O_8$  con reservas probadas de 40t. de  $U_3O_8$ . Se pretende llevar a cabo el trabajo de exploración intensiva para cuantificar reservas adicionales.

#### MINA AMISTAD

Este depósito está compuesto de tres niveles que están casi concordantes con la estratificación de yacimientos de arenisca altamente porosa de la edad Terciaria Superior. Los minerales de Uranio presentes son: Torbenita y autunita, asociados con carbonatos de cobre y un contenido promedio de  $U_3O_8$  del 0.23%, aún no se han realizado estimaciones de las reservas de la mina.

#### LOS DIQUES

Esta área está ubicada en una amplia depresión erosiva que probablemente esta también una cuenca de subsidencia, en la cual afloran siete diques silicificados. Estos diques están contenidos en fallas paralelas en tobas diadacíticas de la formación de los Frailes. La mineralización de Uranio (autunita y torbenita) parecen estar asociadas con ópalo y fuertes oxidaciones de hierro.

El contenido promedio de Uranio es de 0.1% y se está llevando a cabo el trabajo exploratorio para determinar las reservas.

BRASIL

Exploración de Uranio

Las anteriores actividades de exploración de Uranio en el Brasil pueden resumirse como sigue:

1. Primera Fase

Desde 1952 a 1960 - U.S. CNEN - Período de cooperación

Desde 1961 a 1966 - Francia CNEN - Período de cooperación

Desde 1967 a 1970 - Exploración dirigida por CNEN - Técnicos Brasileños.

2. Fase de Exploración de Gran Desembolso

Desde 1972:

Se instaló: "Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear"  
CBTN (Compañía Estatal)

Desde 1974: CBTN se transformó en "Empresas Nucleares Brasileiras" NUCLEBRAS, Compañía comercial encargada del Programa Nuclear Brasileño.

La primera fase puede llamarse "Fase Preparatoria". Además del adiestramiento de equipos de geólogos y del establecimiento de una metodología exploratoria, se llevó a cabo la exploración por medio de métodos geológicos, geoquímicos y radiométricos tanto aéreos como de campo. Se descubrieron anomalías significativas en rocas sedimentarias de la Cuenca de Tucano, Cuenca de Maranhao, rocas alcalinas de Pozos de Caldas, conglomerados autíferos de la Cordillera Jacobina y yacimientos carboníferos de Cambui-figueira. Desde 1970 hasta la fecha, se han asignado grandes sumas de dinero

para las actividades exploratorias del Uranio. Para esa fecha, se estableció una compañía estatal, CPRM, con el propósito de desarrollar trabajos relacionados con la geología y la prospección minerales, llevando a cabo programas CNEN, hasta la creación de NUCLEBRAS. De allí en adelante se han realizado estudios y evaluación de minerales en la mayoría de las áreas anómalas. Actualmente se han descubierto 8 depósitos de Uranio. Uno de ellos fue descubierto en el estado Paraíba, por NUCLAM, una empresa Germano-Brasilera (NUCLEBRAS-URANGESELLSCHAFF).

### Recursos de Uranio

#### 1. Yacimientos de Pocos de Caldas (Estado de Minas Gerais)

El Yacimiento está ubicado en el Complejo Alcalino de Pocos de Caldas. Las rocas de la región son granitos, gneises y precámbricos. Los principales tipos litológicos alcalinos son foyaita, tinganita y fonolita. Los minerales aparecen en venas discontinuas e irregulares que rellenan brechas y fracturas. La mineralización es tanto primaria (hidrotermal) o secundaria, relacionada a procesos de meteorización y de lixiviación. El grado promedio es de los 0.34%  $U_3O_8$ . La explotación está en marcha.

#### 2. Yacimiento de Figueira (Estado de Paraná)

El yacimiento está ubicado cerca del límite oriental de la Cuenca de Paraná. Las rocas de la región son sedimentos carboníferos y pérmicos. La mineralización de Uranio está ubicada entre dos niveles, uno calcáreo y el otro carbonáceo, asociados como areniscas y lutitas carboníferas. Con el Uranio están asociados: Molibdeno, plomo, zinc y cobre.

DATOS SOBRE EXPLORACION DE URANIO

AÑO	ESTUDIOS RADIOMETRICOS AEREOS (Km <sup>2</sup> )	PERFORACION SUPERFICIAL (m)	EGRESO TOTAL DE EXPLORACION \$ MILLONES
Pre-1975		264.614	39.8**
1975	27.000	43.500	12.0
1976	336.000	39.241	25.4
1977	757.600	41.536	25.6
1978	67.600	76.200	29.3
1979	-	?	?

	1975	1976	1977	1978
Kilómetros lineales volados	18.000	302.331	164.292	77.500
Estudios Topográficos (km <sup>2</sup> )	128.000	8.889	76.225	3.500
Estudio Radiométrico (ha)	10.657	2.056	542	5.000
Estudio Geoquímico (muestras)	364	3.541	12.963	12.000
Programas (áreas)	26	38	64	118

\*\* Desde 1969 a 1975

### 3. Yacimiento de Ganderala y Serra das Gaviotas (Estado de Minas Gerais)

Los yacimientos están ubicados dentro del "Cuadrilátero Ferrífero". Las rocas de la región son metasedimentos precámbricos. La mineralización del Uranio se encuentra en metaconglomerados de la Formación Moeda. La pirita es abundante, comprendiendo desde el 5% al 20% de la roca mineralizada.

#### 4. Yacimiento Amorinópolis (Estado de Goiás)

El yacimiento está localizado en sedimentos de la Cuenca del Paraná. La roca de caja es una arenisca arcósica. La mineralización está controlada por condiciones físico-químicas, tamaño del grano de los sedimentos y procesos tectónicos locales responsables del flujo de los fluidos mineralizadores. La mineralización de tipo laminado es evidente en por lo menos un área anómala.

#### 5. Campos Belos - Yacimiento de Rio Preto (Estado de Goiás)

Las rocas de la región son gneises, anfibolitas y las rocas básicas del basamento y esquistos del Grupo Araxá están altamente tectonizadas. Se descubrieron varias anomalías; sin embargo, los controles de mineralización aún se debe identificar.

#### 6. Yacimiento Itataia (Estado de Ceará)

Las rocas regionales son meta-sedimentos precámbricos localmente representados por gneises con biotita y mármol con calco-silicatos. Existen dos tipos de mineralización en el área.

- a) Colofonita masiva que rellena cavidades en el mármol
- b) Colofonita diseminada en el mármol y en los gneises

#### 7. Yacimientos de Lagos Real (Estado de Bahia)

La geología regional está representada por rocas metamórficas precámbricas recubiertas por sedimentos terciarios y cuaternarios. La roca de caja de la mineralización es un gneis plagioclásico y pyroxeno, el cual aparece como cuerpos alargados de norte a sur. Los minerales primarios de Uranio son uranitita y pitchblenda y los secundarios, uranófanos y gummite. Los grados del Uranio varían desde 850 ppm a 6.800 ppm.

#### 8. Yacimiento de Espinharas (Paraiba)

El yacimiento está ubicado en rocas precámbricas del Noreste del Brasil. La mineralización tiene lugar en diques feldespáticos relacionados con Metasomatismo sódico. Los principales minerales han experimentado una alteración total. El grado del Uranio promedio es 0.07%.

GT/T/163

25-X-80



UBICACION DE DEPOSITOS DE URANIO EN EL BRASIL

RECURSOS DE URANIO AL 1° DE ENERO DE 1979

TONELADAS U			
RECURSOS RAZONABLEMENTE ASEGURADOS		RECURSOS ADICIONALES ESTIMADOS	
Recuperables a menos de \$80/Kg U	Recuperable a \$80-130/Kg.U	Recuperable a menos de\$80/Kg U	Recuperable a \$80-130/Kg U
17.000 a		5.800	
5.900 b		800	
4.200 c		8.500	
1.700 d		2.500	
400 e		400	
40.700 f		63.200	
- g		4.700	
4.200 h		4.200	
a. Pocos de Caldas-MG b. Figueira - PR c. Quadrilatero Ferrifero -MG d. Amarinopolis - GO TOTAL: 74.200 y 90.100 respectivamente.		e. Campos Belos - GO f. Itataia - CE g. Lagos Real -BA h. Espinaras -PB	

PRODUCCION DE URANIO

AÑO	TONELADAS U (EN CONCENTRADO)
Pre-1975.....	
1975.....	
1976.....	
1977.....	
1978.....	
1979*.....	103
Total	
*Planificado	

CAPACIDADES DE PRODUCCION DE URANIO ACTUALES  
Y PROYECTADAS, CONSUMO

AÑO	TONELADAS U	
	CAPACIDADES DE PRO- DUCCION PLANIFICADAS	REQUERIMIENTOS DE CON- SUMO INTERNO
1979.....	103	13.1
1980.....	510	106.0
1981.....	510	103.5
1982.....	810	93.7
1983.....	970	92.0
1984.....	970	207.8
1985.....	970	311.6
1986.....	970	513.9
1987.....	970	696.2
1988.....		
1989.....		
1990.....		

Empresas Nucleares Brasileiras S.A. (NUCLEBRAS está construyendo un molino para procesar la minería de Pocos de Caldas, para comenzar con la producción de "yellowcake", en 1979.

EXISTENCIAS E INVENTARIOS DE URANIO

a) URANIO NATURAL	TONELADAS U REFINADAS
Existencias del Gobierno	170