

# El sistema internacional de información del OIEA sobre geología del uranio

---

por Linda Trocki

## INTRODUCCION

El OIEA ha reunido un vasto cúmulo de informaciones sobre la geología del uranio a escala global. Sus actividades de acopio de datos y de difusión incluyen: la administración de los proyectos de asistencia técnica en los países en desarrollo, la publicación, en cooperación con la Agencia de la OCDE para la Energía Nuclear, del informe titulado URANIO: Recursos, Producción y Demanda, el patrocinio de simposios relativos a los recursos uraníferos y a su explotación, y la participación en el Proyecto internacional para la evaluación de recursos de uranio.

En el marco de estas actividades, el Organismo también reúne informes técnicos, mapas, recortes de publicaciones y otros documentos relativos a la geología, exploración y minería del uranio en los países en desarrollo y, en menor medida en los demás países. El gran volumen de información resultante se archiva separadamente por países y se utiliza para los trabajos de asistencia técnica del Organismo para las actividades de evaluación de los recursos. Sin embargo, un sistema de archivo manual tiene poca flexibilidad. El buscar en todos los documentos pertinentes para determinar, por ejemplo, la situación de la exploración de uranio en los países en desarrollo, o dónde se encuentran los principales yacimientos de uranio del mundo, podría requerir una semana. He aquí la clase de problemas que el Organismo debe solucionar.

Una de las funciones del Organismo es proporcionar a los Estados Miembros información relativa a todos los aspectos del ciclo del combustible nuclear. Para cumplir esta función y satisfacer las propias necesidades del Organismo en cuanto a datos sobre los recursos de uranio, se requiere un sistema de almacenamiento y recuperación de la información que:

- archive sistemáticamente lo esencial de todos los informes, mapas, etc. importantes referentes a las actividades en materia de recursos de uranio,
- sea fácilmente accesible para el Organismo y los Estados Miembros,
- esté dotado de un índice no solamente por países sino también por centenares de materias distintas, a fin de que se pueda recuperar fácilmente una información determinada.

Se está creando un sistema de archivo por computadora que responda a las necesidades antes mencionadas, procediendo de las siguientes maneras: 1) toda la información pertinente se extrae de publicaciones y mapas y se almacena sistemáticamente en la computadora; 2) el acceso a esta información se realiza mediante terminales dentro del Organismo y podrá facilitarse a los Estados Miembros por medios de telecomunicación; 3) se pueden hacer búsquedas en todo el conjunto de datos para recuperar la información deseada en cuestión de segundos.

---

La Srta. Trocki fue funcionaria de la División de Energía Nucleoeléctrica y Reactores del OIEA.

Una ventaja de un sistema de datos computadorizado es que permite analizar y evaluar la información al instante. La evaluación de los recursos (estimación de la cantidad de recursos naturales que se pueden extraer de una región determinada) requiere un enorme volumen de información y las computadoras están desempeñando un papel cada vez mayor en la manipulación de datos. En su calidad de organización internacional encargada de la energía nuclear, el Organismo realiza evaluaciones de los recursos de uranio en todo el mundo con el fin de prever si la oferta global puede satisfacer la demanda en el futuro. Varias organizaciones que también están creando archivos computadorizados de datos sobre los recursos mundiales de carbón, petróleo y energía geotérmica, realizan evaluaciones similares. El archivo sobre la geología del uranio vendrá a complementar esos otros archivos sobre recursos energéticos, que podrán ser utilizados conjuntamente con él a fin de planificar en forma coordinada la oferta total de energía. Este archivo también servirá de complemento al Banco de datos energéticos y económicos del OIEA.

### EVALUACIONES DE LOS RECURSOS MUNDIALES DE URANIO

Los recursos de uranio del futuro procederán no solamente de los yacimientos de uranio conocidos hoy en día, sino también de los yacimientos que todavía no han sido descubiertos. (Las reservas actuales de uranio son suficientes para cubrir las necesidades mundiales durante aproximadamente quince años más (Ref. [1]). Por lo tanto, la evaluación de los recursos no se reduce simplemente a sumar el número de toneladas de uranio que se pueden extraer

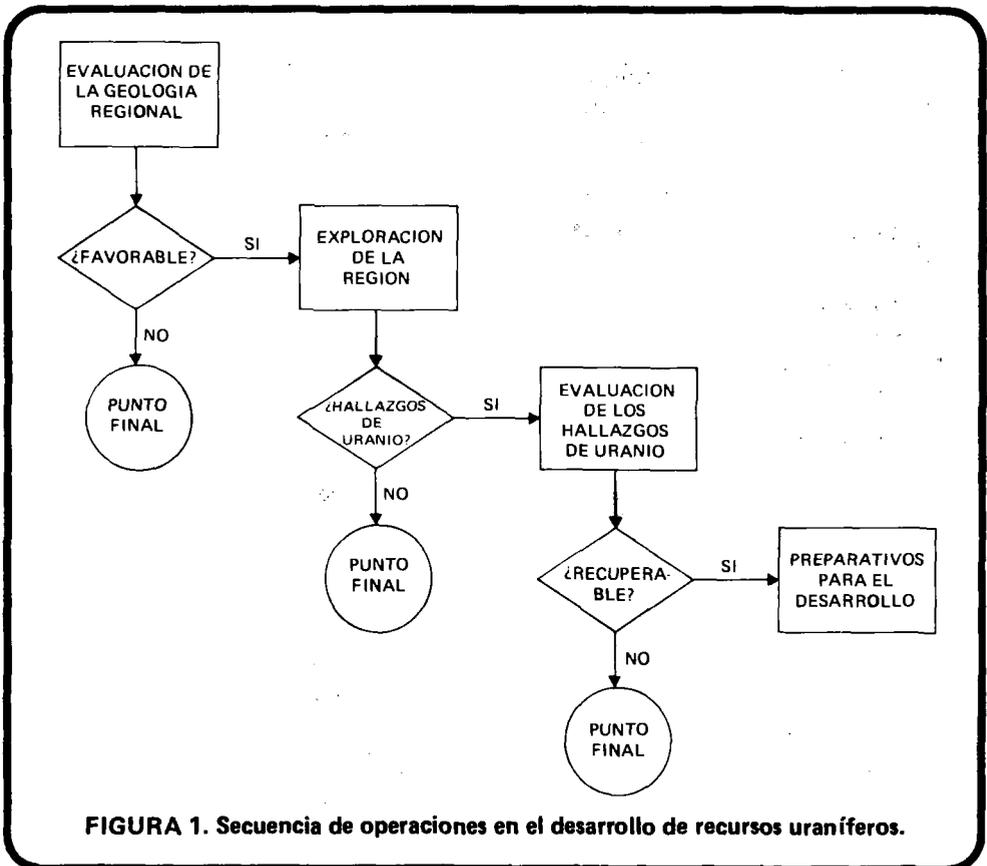


FIGURA 1. Secuencia de operaciones en el desarrollo de recursos uraníferos.

económicamente en la actualidad de los yacimientos mundiales; esa evaluación ha de tener en cuenta la cantidad de uranio explotable económicamente que probablemente se descubrirá o estará disponible en un futuro próximo. Por esta razón es menester evaluar:

- la geología de las regiones propicias para la mineralización del uranio, es decir, que ofrecen perspectivas favorables para nuevos descubrimientos de uranio;
- el volumen y los resultados de las exploraciones de uranio realizadas en una región determinada;
- todos los yacimientos y manifestaciones de uranio que se conocen;
- todas las plantas de tratamiento de mineral;
- las estadísticas sobre el uranio y políticas nacionales para la explotación de los recursos uraníferos (véase la Figura 1).

Para tal fin, la información se acumula en cinco archivos computadorizados diferentes, que corresponden a las materias que se acaban de citar. Estos archivos son: 1) Regional Reference File (RRF) (Archivos de referencias regionales); 2) Exploration Activity File (EAF) (Archivo sobre actividades de exploración); 3) Deposit/Occurrence File (DOF) (Archivo sobre Yacimientos/manifestaciones); 4) Ore Processing File (OPF) (Archivo sobre tratamiento de minerales); y 5) International Summary File (ISF) (Archivo sumario internacional). Estos cinco archivos constituyen el llamado Sistema de Información INTURGEO (de INTernational URanium GEOlogy, geología internacional del uranio) (véase el Cuadro 1 y la Figura 2).

La distribución física de los recursos de uranio conocidos indica por qué es necesario tomar en consideración todas las materias abarcadas por el sistema INTURGEO. El 80% de los recursos mundiales de uranio conocidos se concentra en solamente cuatro países: Australia, Canadá, Sudáfrica y los Estados Unidos (Ref. [1]). ¿Representa esto la distribución natural del uranio en la superficie terrestre? Es poco probable. Tal distribución de los recursos conocidos es principalmente el resultado de las exploraciones intensivas realizadas en esos países, que se han traducido en una gran cantidad de datos sobre el uranio. A medida que se

**Cuadro 1. Contenido del sistema INTURGEO**

Nombre del Archivo	Finalidad
1. Regional Reference File RRF	Describir la geología de las regiones con el fin de poder evaluar el potencial uranífero.
2. Exploration Activity File EAF	Resumir los trabajos de exploración de uranio realizados en una región a fin de poder evaluar la necesidad de nuevos trabajos de exploración.
3. Deposit/Occurrence File DOF	Caracterizar las manifestaciones de uranio para poderlas clasificar y comparar.
4. Ore Processing File OPF	Describir en particular cada instalación de tratamiento de mineral de uranio para poder comparar los métodos de tratamiento y su eficacia.
5. International Summary File ISF	Resumir las estadísticas sobre el uranio a escala nacional para que esta información sea fácilmente accesible.

**INTURGEO**  
Sistema de información

**RRF**

**EAF**

**DOF**

**ISF**

**OPF**

Número ID  
Nombre de la región  
Situación  
Importancia  
Recursos uraníferos

Nivel de exploración

Ambiente geológico

Mapas

Referencias  
Registro

Número ID  
Nombre de la zona  
Situación  
Importancia

Nivel de exploración  
Detalles de exploración

Mapas

Referencias  
Registro

Número ID  
Nombre del yacimiento  
Situación  
Recursos uraníferos  
Propietario-explotador  
Producción de uranio  
Nombre de la fábrica

Método de descubrimiento

Geología de la roca hospedadora  
Geología regional  
Tipo de yacimiento  
Mineralogía

Geometría del yacimiento

Mapas

Referencias  
Registro

Número ID  
Nombre del país  
Situación  
Importancia  
Recursos uraníferos

Producción de uranio

Geología de uranio del país

Estadísticas geográficas  
Organizaciones de explotación y minería

Legislación del uranio  
Referencias  
Registro

Número ID  
Nombre de la planta  
Situación  
Capacidad

Propietario-explotador

Tipo de mineral

Proceso utilizado  
Características especiales  
Costos de producción

Referencias  
Registro

**FIGURA 2. Comparación esquemática de los archivos del sistema INTURGEO.**

conozcan mejor las manifestaciones de uranio de otras partes del mundo, gracias a su exploración y evaluación, es probable que América del Sur o nuevas regiones de África se conviertan en el futuro en importantes proveedores potenciales de dicho metal.

## DESCRIPCION DE LOS ARCHIVOS DEL SISTEMA INTURGEO

Los archivos están organizados sobre una base geográfica y cada registro describe una localidad determinada o una zona de referencia. En el Regional Reference File (RRF), cada registro describe una zona particular, que puede ser política, geológica, fisiográfica o seleccionada por cualquier otra característica apropiada. En el Exploration Activity File (EAF), la zona de referencia es la zona concreta abarcada por una exploración particular. Cada registro del Deposit/Occurrence File (DOF) describe un yacimiento, una manifestación o una anomalía particular. La zona de referencia del International Summary File (ISF) está definida por fronteras nacionales o internacionales. Cada registro del Ore Processing File (OPF) describe una instalación de tratamiento del mineral.

El Regional Reference File archiva sistemáticamente información sobre la geología de las regiones de modo que se pueda evaluar su potencial uranífero. El método adoptado para describir sistemáticamente la geología es el de codificar la información tomada de un mapa geológico de cada región. En este mapa se utilizan distintos colores para indicar las diferentes formaciones geológicas que cubren la superficie de la región; una formación geológica está constituida por rocas de la misma edad y generalmente del mismo tipo. Así pues, un granito de 500 millones de años aparece en el mapa con un color diferente que una arenisca de 200 millones de años. Un geólogo determina el porcentaje de la zona cubierta por cada formación y lo registra con el nombre de la formación, su edad, tipo de roca, contenido orgánico, alternaciones y otros datos.

A continuación figura un ejemplo de cómo se puede aprovechar la información del archivo. En siete países del Sur de África existe una formación sedimentaria geológica particular denominada Karroo Supergroup. En la formación Karroo de tres de estos países se ha descubierto uranio y es una roca favorable al descubrimiento de nuevas manifestaciones de uranio. Por lo tanto, si la formación Karroo cubre 30% de una región determinada, ésta posee un claro potencial uranífero y debería ser evaluada por un geólogo. Una tarea muy fácil de realizar con el RRF sería elaborar una lista de todas las regiones en las que existe la formación Karroo y usarla para juzgar la existencia de uranio. También se podría utilizar la computadora para buscar otras formaciones geológicas que sean semejantes a la Karroo en edad y tipo de roca, pero que hayan recibido nombres diferentes.

Se espera que este archivo pueda ser utilizado para evaluar la idoneidad de las regiones inexploradas, comparando sus características geológicas con las de las regiones que se sabe que contienen abundantes recursos de uranio. Por esta razón, también se acumulan otros datos descriptivos de la región, tales como la producción de uranio y el volumen de los trabajos de exploración de uranio en la misma.

El Exploration Activity File describe los trabajos de exploración de uranio realizados en una región determinada, de forma que permite juzgar su idoneidad para la presencia de uranio, así como la necesidad de nuevas exploraciones. Por ejemplo, un registro del archivo referente a una parte de Madagascar contiene una descripción de todos los trabajos de exploración realizados en esta región. En él se indica quién realizó la exploración, la fecha, la forma en que se realizó (por ejemplo, por avión con un espectrómetro o sobre el terreno, recogiendo muestras de sedimentos fluviales), el número de zonas con anomalías uraníferas que revela el estudio, el coste y un resumen de los resultados. El volumen pasado y presente de los trabajos de exploración realizados en la región también figura en la descripción. Al tener almacenada en la computadora una descripción sistemática de toda exploración realizada en

una región, será posible determinar si ésta ha sido adecuadamente explorada o si proceden trabajos adicionales. Otros análisis, por ejemplo para decidir la técnica de exploración más fructífera en un medio ambiente determinado, también pueden realizarse con el archivo. Evidentemente, con este archivo es posible un resumen instantáneo de los trabajos de exploración realizados en una región o en un país.

En el Deposit/Occurrence File se acumulan los datos geológicos que caracterizan los yacimientos o las manifestaciones de uranio, de modo que se puedan comparar y clasificar. La caracterización del marco geológico de un tipo de yacimiento determinado proporciona al geólogo una serie de criterios que pueden aplicar para juzgar la idoneidad de otras regiones, comprobando si las características son similares en las dos regiones. Por ejemplo, la mayor parte de los recursos uraníferos de Sudáfrica se presentan asociados con oro en yacimientos conglomeráticos de guijarros de cuarzo. Este tipo de yacimiento está circunscrito a un cierto tipo de sedimento de más de dos mil millones de años de edad, situado sobre rocas de basamento que generalmente sobrepasan los 2600 millones de años. Otros yacimientos parecidos se encuentran en Ontario y en el Brasil. Este tipo de medio ambiente geológico se presenta en otras partes del mundo y, por semejanza, posee potencial uranífero. Pero generalmente se necesita mayor cantidad de datos para caracterizar otros tipos de yacimientos. La geología de la roca encajante (formación geológica en la que se encuentra el yacimiento) se describe detalladamente en el archivo, así como los minerales del yacimiento, las dimensiones, la ley (porcentaje de uranio), el propietario, los recursos, la producción, otros minerales presentes y cómo se descubrió el yacimiento. Por lo tanto, se puede utilizar el archivo para distintos tipos de análisis. Por ejemplo, se podría hacer una distribución según leyes y tamaños de todos los yacimientos de una región, o se podrían totalizar los recursos y la producción por regiones o por países. La información del Regional Reference File también podría combinarse con los datos sobre los yacimientos de una región, a fin de obtener una correlación perfeccionada de la presencia de uranio y las características regionales. Los resultados podrían emplearse para realizar una evaluación del potencial uranífero de regiones similares sobre las que exista información geológica adecuada pero en las que se hayan realizado pocos trabajos de exploración. Los geólogos matemáticos están trabajando en la actualidad en esta técnica.

El Ore Processing File caracterizará las operaciones de extracción de uranio de cada instalación. Los resultados de un cuestionario enviado a los Estados Miembros y elaborado por el Grupo mixto de trabajo AEN/OIEA sobre extracción de uranio serán computadorizados en cuanto se reciban. Con la información de este archivo será posible seleccionar la técnica óptima de tratamiento para un tipo dado de mineral. También debería ser posible una estimación del total de personal, consumo de energía y materiales necesarios para extraer y tratar el mineral. Estas cuestiones son importantes para los países que se disponen a extraer y tratar minerales de uranio.

El International Summary File resume la información sobre el uranio de los distintos países o regiones políticas. Esta información incluye el potencial uranífero del país, sus recursos, la producción de uranio en el pasado, las organizaciones que trabajan en la exploración o en la minería, así como la actitud oficial acerca de la explotación de los recursos uraníferos. El archivo constituye una fuente de información para el Banco de datos energéticos y económicos del OIEA sobre los recursos y la producción de uranio. También permite responder con actualidad a preguntas tales como: "¿Cuál es la situación de la exploración de uranio en Níger?" o "¿Qué países tienen mayores posibilidades de descubrir recursos uraníferos adicionales?"

Un registro, es decir, el acervo de información sobre un país, debería ser un buen resumen de las actividades referentes al uranio en ese país. Se registrarán todos los países que posean potencial uranífero o todos los países que consuman y/o produzcan uranio.

## ACOPIO DE DATOS

El sistema INTURGEO fue organizado en una reunión de consultores que se celebró en abril de 1978 y acabado de poner en práctica en la computadora en febrero de 1979. La puesta en práctica requirió aproximadamente 38 personas-semana de trabajo, que comprendió: la definición de datos, la codificación preliminar, las pruebas y demostraciones, la preparación de formularios, la programación de la entrada y verificación de datos y la adquisición de los datos. Están en servicios cuatro archivos y la recuperación de la información se realiza con éxito.

El sistema INTURGEO contiene en la actualidad 450 registros aproximadamente, es decir, existen 450 descripciones de regiones geológicas, de zonas de exploración, de manifestaciones de uranio o de países en el RRF, EAF, DOF e ISF. Este cúmulo de datos constituye una pequeña parte de lo que será en definitiva necesario para una aplicación efectiva. En otras palabras, el sistema INTURGEO está en su etapa inicial, y se necesitan muchos más datos para que alcance su plenitud. Los datos actuales han sido registrados en el archivo por un funcionario del OIEA y un consultor del Servicio Geológico de los Estados Unidos. Esta información fue codificada en formularios especiales concebidos para tal fin. Esta es la etapa considerada como de "esbozo" de la base de datos.

La experiencia adquirida durante esta etapa inicial de codificación y experimentación con los datos en la computadora ha permitido advertir otros puntos que es necesario añadir, o cambios que hay que introducir en la estructura. Próximamente se imprimirán nuevos formularios para incorporar estos cambios y el sistema INTURGEO se encontrará listo para la recepción de datos en gran escala.

La creación de la base de datos no es una tarea baladí. El extraer de diferentes publicaciones y mapas la información requerida para cada país exigirá mucho tiempo y considerables esfuerzos, especialmente los datos para el Regional Reference File que deben determinarse por medio de mapas. Por esta razón, se solicitará la ayuda de organizaciones nacionales para la adquisición de los datos referentes a los respectivos países.

La principal tarea para 1980 y 1981 será la adquisición de datos. Se realizará enviando formularios a las diferentes organizaciones nacionales para que los rellenen, contratando por plazos cortos a consultores para que codifiquen los datos que ya existen en el OIEA, pidiendo a los expertos técnicos enviados en misión por el OIEA que rellenen formularios referentes a su trabajo o, incluso, comprando los datos. Independientemente de los medios que se utilicen, es preciso un gran esfuerzo para codificar y registrar todos los datos. En 1980 y 1981, el sistema INTURGEO servirá principalmente para almacenar y recuperar los datos. En 1982, debería ser posible la gama completa de aplicaciones.

## APLICACIONES DEL SISTEMA INTURGEO

Una vez se haya registrado la mayor parte de los datos, el sistema INTURGEO podría ponerse a la disposición de todos los Estados Miembros, inicialmente, mediante medios de telecomunicación conectados directamente con la computadora del Organismo. En el futuro, sería preferible que hubiese una copia de la base de datos en cada continente, de forma que sea más fácilmente accesible para los Estados Miembros. El idioma de computadora que se utiliza para preguntar a la base de datos es semejante al inglés básico y está concebido para los no expertos.

Al tiempo que sirve para el almacenamiento de información, el sistema INTURGEO desempeñará una función de enseñanza. Podría actuar como "experto" en recursos de uranio dotado de una memoria infalible, de forma que un geólogo inexperto podría servirse de la base de datos como de un "profesor" que contestase sus preguntas sobre la geología, la exploración y la explotación del uranio. El sistema proporcionará una serie completa y

correctamente indexada de casos típicos y su producto estándar serán cuadros pulcramente presentados, listos para su inclusión en informes. Se espera que el contenido de la base de datos sea publicado periódicamente, lo que será otro medio de difusión de la información.

El sistema INTURGEO también será empleado para la evaluación de recursos. Esta evaluación se viene basando generalmente en las opiniones de expertos que estudian los datos geológicos de una región determinada y que realizan una estimación del potencial uranífero. La exactitud de la evaluación depende evidentemente de la cantidad y calidad de los datos disponibles (es decir, del volumen de los trabajos de exploración de uranio realizados y del detalle con que se conoce la geología). Sin embargo, dada la naturaleza subjetiva del proceso, las estimaciones pueden variar considerablemente entre los expertos. Como ayuda para el procedimiento de evaluación, el sistema INTURGEO brindará un cúmulo de información geológica sobre la región que puede utilizarse directamente. También se pueden analizar los datos mediante métodos computadorizados que están elaborando actualmente geólogos matemáticos para eliminar en parte la subjetividad en la evaluación de recursos. Estos métodos matemáticos consisten en una comparación numérica de las características de una región de interés con las de zonas cuyos recursos uraníferos son conocidos. Estas técnicas se prestan muy bien para el empleo de una computadora, puesto que requieren un gran volumen de datos y su tratamiento. Si bien los resultados son mucho más objetivos que una evaluación basada exclusivamente en la opinión humana, naturalmente solo son fidedignos en la medida en que lo sean los datos de entrada y dependen de los conocimientos de la persona que aplica el método para hacer la evaluación. En otras palabras, la computadora no da todas las respuestas, sino que su función es la de un valioso instrumento que permite manipular el inmenso cúmulo de información necesaria para una evaluación acertada de los recursos.

En la anterior exposición del contenido del sistema INTURGEO, se dan ejemplos para mostrar el tipo de información almacenada y por qué es importante registrar esta información. La ventaja más inmediata de crear los archivos computadorizados es que se pueden utilizar para responder a preguntas que antes requerían un prolongado acopio de datos. Por ejemplo, para un trabajo reciente de la INFCE fue necesario reunir información sobre las legislaciones nacionales en materia de uranio y las políticas de explotación del mismo. Se necesitó una semana para obtener y compilar esta información, extrayéndola de varios documentos referentes a cada país. Si hubiesen estado codificados todos los datos en el International Summary File, esto se hubiese realizado en minutos.

La aplicación del sistema INTURGEO debería ser también beneficiosa para la labor de asistencia técnica del Organismo. Por ejemplo, el Exploration Activity File podría utilizarse para controlar los resultados de las exploraciones realizadas en los países de interés y para proporcionar resúmenes sobre los trabajos de exploración en una región dada. Esto ayudaría a delimitar las regiones inexploradas o que deben explorarse más a fondo.

Para finalizar, el sistema INTURGEO permitirá recuperar instantáneamente datos específicos y combinar de mil formas distintas los datos sobre los recursos uraníferos. Varias organizaciones nacionales e internacionales a las que incumbe cuidar de que el mundo tenga recursos uraníferos suficientes en el futuro, han reconocido las ventajas de dicho sistema. Han aportado cierta ayuda monetaria, pero se necesitarán más contribuciones así como donaciones en forma de servicios de personal para dar cima a la empresa. El resultado de esta labor internacional será el sistema más completo y al día de información sobre los recursos uraníferos mundiales.

#### Referencia

- [1] OECD/IAEA (1977 Uranium Resources, Production and Demand, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), París (diciembre de 1977).