



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

**"EL COMERCIO INTERNACIONAL
DEL URANIO"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN RELACIONES
INTERNACIONALES**

PRESENTA

LUZ ARACELI GONZALEZ URESTI

DIRECTOR. DE TESIS

LIC. DAVID J. SARQUIS RAMIREZ



MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
SERIE DE ORIENTACIÓN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Prólogo	I
Introducción	III

CAPITULO I. Los productos básicos.

La situación actual de los productos básicos	pag. 1
Definición y clasificación de las materias primas	pag. 8
Situación del mercado de productos básicos al inicio de la presente década	pag. 14
Oferta y demanda	pag. 18
Precios	pag. 21
Sistemas de comercialización y distribución	pag. 31
Acuerdos Internacionales	pag. 35

CAPITULO II. El Uranio.

Aspectos generales	pag. 41
--------------------------	---------

De la tabla periódica de los elementos al mercado mundial: Reseña histórica del uranio	pag. 44
Ciclo del combustible nuclear	pag. 54
Exploración de yacimientos	pag. 56
Extracción	pag. 59
Enriquecimiento del uranio	pag. 62
Fabricación de elementos combustibles	pag. 66
Tratamiento de desechos o residuos radiactivos	pag. 68

CAPITULO III. El papel del uranio a nivel mundial.

Aspectos generales	pag. 80
El uso del uranio con fines bélicos	pag. 82
El uranio como materia prima	pag. 92
Desarrollo y necesidades energéticas	pag. 98
La nucleoelectricidad hoy en día	pag. 112

CAPITULO IV. El comercio internacional del uranio.

Aspectos generales	pag. 130
Situación del mercado internacional del uranio	pag. 134
Recursos de uranio	pag. 142
Oferta y demanda	pag. 150

Países Productores	pag. 167
Precios del uranio	pag. 182
Situación del Mercado Internacional del Uranio Enriquecido	pag. 189
CONCLUSIONES	pag. 204
BIBLIOGRAFIA	pag. 214

PROLOGO

La elaboración de este trabajo de investigación, que presento como tesis profesional para obtener el título de Licenciado en Relaciones Internacionales, es el resultado de una serie de inquietudes surgidas en mí a raíz de haber cursado la materia de Comercio Internacional de Productos Básicos con el Dr. Liborio Villalobos Calderón, y por la visita realizada al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) como actividad complementaria al curso de Introducción al Estudio de las Relaciones Internacionales con el profesor Roberto Peña Guerrero, lo cual me motivó a explorar las condiciones actuales en las que se desarrolla el comercio de diversos productos básicos, e identificar la estrecha vinculación que existe entre la situación de éstos en los mercados internacionales con los problemas que aquejan a la sociedad internacional; así mismo, pude observar que existe una amplia gama de materias primas cuya importancia es incuestionable por diversos factores, pero que no han sido ampliamente analizadas en el contexto actual de los mercados mundiales; tal es el caso del uranio, el cual se inserta dentro de las materias primas estratégicas debido a su gran potencial como fuente alterna de energía, lo que ha hecho, que su demanda haya ido aumentando paulatinamente, generando con ello un mercado mundial con características muy particulares las cuales he tratado de identificar en la presente investigación.

Deseo hacer patente mi reconocimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), por el apoyo que me brindó a través de su programa de becas para elaboración de tesis del cual tuve la fortuna de ser integrante durante el período del 6 de enero al 6 de julio de 1992; gracias a lo cual tuve la oportunidad de disponer de los materiales bibliográficos más actualizados y con sistemas de información como el International Nuclear Information System (INIS), que con el valioso apoyo del Ing. Rafael Ramírez pude aprovechar para el mejor desarrollo de mi trabajo.

También quiero agradecer el apoyo económico otorgado por la Universidad Nacional Autónoma de México a través de su Dirección General de Asuntos del Personal Académico, con su programa de becas nacionales para elaboración de tesis, por que gracias a éste pude dedicarme de tiempo completo a la elaboración de la investigación.

La asistencia brindada por la Sra. María del Carmen Golzárrri en los aspectos relacionados con el manejo de la computadora para la captura e impresión del texto en sus diversas fases, facilitaron enormemente mi labor, motivo por el cual deseo hacerle patente mi aprecio y agradecimiento por este invaluable apoyo.

Finalmente, merece mención especial mi asesor de tesis el Lic. David J. Sarquis R. por que gracias a su incansable apoyo, su asistencia e interés en la revisión de los borradores, además de la bibliografía y materiales proporcionados, el proyecto de investigación logró concretarse.

Luz Araceli González Uresti.

INTRODUCCION

Hablar de comercio internacional de uranio como tema de Investigación para un trabajo de tesis profesional puede resultar algo extraño para y difícil de comprender para muchos; y si además éste se desarrolla en el área de ciencias sociales y específicamente en Relaciones Internacionales, quizá la duda en algunos, o el escepticismo en otros sea mayor, sin embargo, con el presente trabajo de investigación pretendo demostrar la incidencia que problemas como el comercio de esta materia prima estratégica tiene en el devenir mismo de la sociedad internacional que a todo estudioso de las relaciones internacionales interesa como objeto de estudio.

Ante un escenario internacional de profundos cambios, y grandes incertidumbres en torno al futuro de la humanidad y del sistema internacional en su conjunto, surgen interrogantes sobre las posibilidades que el hombre tendrá para hacer frente a los nuevos retos que le plantea la necesidad de continuar su desarrollo, y al mismo tiempo la urgente necesidad de atender los problemas del deterioro ambiental que sufre el planeta.

Pareciera, según la historia lo demuestra, que la idea de desarrollo y crecimiento está divorciada de la noción de preservar el entorno natural, pues a través del desarrollo de las sociedades contemporáneas, sobre todo en este siglo, se han logrado metas nunca antes imaginadas en términos de avances científicos y tecnológicos con

aplicación directa en los procesos productivos y en el bienestar de la sociedad; pero paralelamente, en este mismo lapso, se ha afectado el entorno natural como nunca antes se había hecho.

Resulta paradójico pensar que el hombre del siglo XX ha llegado a la luna, posee satélites que lo enlazan con cualquier parte del mundo en cuestión de segundos, produce cada vez más mercancías en lapsos de tiempo menores, y además ha desarrollado una gama de adelantos tecnológicos que aplica en su vida diaria como microcomputadoras, señales láser, microconductores, fibra óptica, y además, avances en todas las áreas del conocimiento; pero por otra parte cada día aumenta la deforestación, minuto a minuto se pierden grandes cantidades de terrenos cultivables, la capa de ozono que protege la tierra se agota paulatinamente, el efecto de invernadero amenaza con cambiar radicalmente el clima del planeta, cada vez son más las sustancias que se arrojan a la atmósfera contaminando el agua, la tierra y el aire; y todo, como resultado de ese acelerado avance que el hombre moderno ha logrado.

Ante este escenario, me pregunto si realmente hay un divorcio entre desarrollo y preservación del entorno natural, o si lo que se ha dado, es más bien una falta de atención a problemas que sí tienen solución.

Sin lugar a dudas, y como se explora en el presente trabajo, existe un vínculo indisoluble entre desarrollo y generación de energía, ya que no se puede pensar en un estado, cualquiera que éste sea, que pretenda impulsar todo un proceso de industrialización si carece de la infraestructura necesaria que proporcione a tal proyecto la energía suficiente para su puesta en marcha; la misma realidad de nuestros días corrobora ésta idea, ya que se observa que países como Estados Unidos, Francia, Japón, Alemania, por mencionar algunos, son los que poseen los niveles más altos

de generación de GW(e) por año, mientras que países como Haití, Bangladesh, Etiopía y muchos más tienen los niveles más bajos de generación de electricidad anualmente. Desafortunadamente, los medios tradicionales por los que se ha producido esta energía promotora del desarrollo, han sido causa fundamental del deterioro ambiental actual, en la medida que la quema de carbón e hidrocarburos arroja a la atmósfera grandes cantidades de desechos sólidos y gaseosos. Por tal motivo, una hipótesis central de este trabajo de investigación es considerar a la energía obtenida a través de medios nucleares como una opción energética viable tanto en términos económicos como en su reducido impacto sobre el medio ambiente, además por su inmenso potencial energético. Ahora bien, si ésto es cierto, el comercio del uranio, materia prima a partir de la cual se genera dicha forma de energía, debe de ser analizado en el contexto mundial contemporáneo.

Hablar de comercio internacional de uranio, pareciera ser algo muy simple y perfectamente predecible en el sentido de que el uranio prácticamente tiene sólo dos usos: uno con fines militares y otro como fuente energética alterna en la generación de electricidad por medio de reactores nucleares. Por lo que atendiendo a las variables de oferta y demanda y su correlación en un mercado claramente identificado, poco problema habría para entender y explicar las condiciones que imperan actualmente en el mercado de este mineral. Sin embargo, nada más ajeno a la problemática real.

Actualmente, el comercio internacional del uranio, pareciera ante los ojos de cualquier observador casual, un gran rompecabezas sin sentido alguno por el hecho de que el uranio, si bien es una materia prima en la que inciden las variables económicas tradicionales, existen también otros factores de naturaleza distinta a lo económico propiamente, que afectan el mercado, como son las políticas energéticas, las crisis

económicas, las cuestiones ambientales, e incluso la opinión pública y las tendencias mundiales en la generación de energía. Así mismo, el desarrollo de los acontecimientos políticos y económicos a nivel internacional de la década de los ochentas y lo que va de la presente, inevitablemente han afectado el mercado del uranio. Particularmente, el derrumbamiento de las barreras entre oriente y occidente ha modificado la perspectiva en el balance entre la oferta y la demanda del uranio y demás servicios en el ciclo del combustible nuclear en la medida que han ingresado a los mercados, que tradicionalmente y de forma exclusiva habían sido occidentales, nuevos proveedores como China y la ex-URSS. Además, cambios como los que se han dado en Sudáfrica en función del apartheid y de la independencia de Namibia han influido y transformado el mercado tradicional de uranio, y hoy en día pareciera que el caos es la característica básica de esta actividad.

Ante este aparentemente incierto panorama, el objetivo de la presente investigación es el de tratar de entender cómo se desarrolla la dinámica actual del comercio internacional del uranio, qué variables inciden, qué factores lo afectan y condicionan para tratar de clarificar cuáles serán las perspectivas a futuro de este importante recurso frente a los problemas ecológicos actuales y el panorama energético del siglo XXI.

Para tal objetivo, se ha tomado como punto de partida la consideración del uranio como materia prima estratégica cuya importancia radica en su potencial energético como fuente alterna de energía, por lo que en el capítulo uno se aborda la problemática general de las materias primas, su clasificación y la situación actual de los mercados en términos generales.

En el capítulo dos, se explica, por medio de una reseña histórica, qué es el uranio, cómo se descubrió, y cómo desde finales del siglo pasado y las tres primeras décadas del presente pasa de ser un elemento prácticamente desconocido a la posición de una materia prima estratégica, lo cual va generando paulatinamente un mercado internacional, debido a su utilización como recurso básico en la generación de energía.

El capítulo tres, nos introduce en el papel que desempeña el uranio, desde sus aplicaciones con fines bélicos hasta su utilización en reactores nucleares para generar electricidad. Así mismo se explica el porqué de ese cambio de percepción en su utilización a nivel mundial, y el papel que actualmente desempeña como fuente alterna de energía. Finalmente, en el capítulo cuatro, se aborda específicamente las condiciones actuales del mercado internacional de éste mineral a través de las tendencias en la oferta y la demanda, los principales productores, consumidores, la dinámica de los precios, y la correlación que se da entre estas variables económicas con otros factores de índole político, social y ecológico. Todo lo cual con el objetivo final de tratar de encontrar, si es que existe, un sentido al rompecabezas que parece ser el comercio internacional del uranio.

CAPITULO 1. LOS PRODUCTOS BASICOS.

"La naturaleza, que no entiende de divisiones políticas o tensiones intergubernamentales ha sido caprichosa al repartir las materias primas básicas en el planeta."

PETER STEELE

La situación actual de los productos básicos.

Del 12 al 20 de noviembre de 1990 se celebró en Ginebra, Suiza, el 14º periodo de sesiones de la Comisión de Productos Básicos de la Conferencia de Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo (UNCTAD por sus siglas en inglés) como parte de los preparativos para la realización de la VIII UNCTAD. Las discusiones y reflexiones en torno a la situación de los productos básicos en el contexto del comercio mundial durante estas sesiones, sirven como punto de partida para el siguiente análisis el cual, a su vez será empleado como marco introductorio de la reflexión central de este trabajo sobre el uranio en el mercado internacional.

El comercio mundial de productos básicos es una de las actividades más intensas que se realizan actualmente como resultado de la compleja trama de interacciones entre los diferentes actores de la sociedad mundial, dadas las características de interdependencia prevalentes hoy en día en el sistema internacional; por ello, durante las tres últimas décadas, ha crecido paulatinamente la necesidad de atender los problemas que subyacen a dicha actividad, sobre todo a partir de la creación de la Conferencia de Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo en 1964, bajo los auspicios de las Naciones Unidas, la que, entre sus principales objetivos, señalaba la necesidad de discutir los problemas que se padecen en el comercio internacional, sobre todo los que afectan a los países en vías de desarrollo, buscando hacer del comercio

un medio más eficaz para promover el desarrollo económico.¹ Uno de los resultados tangibles de este esfuerzo fue el establecimiento del Programa Integrado para los Productos Básicos, aprobado por la Conferencia antes citada en su cuarto período de sesiones celebrado en Nairobi, Kenia en 1976 mediante la resolución 93 (IV). Dicho programa se constituyó como el primer paso real de la comunidad internacional para enfrentar el problema mundial de los productos básicos.

La situación general de los productos básicos que impera en la presente década se caracteriza por una gran incertidumbre resultante de la inestabilidad política, económica y social que se ha vivido a nivel mundial, sobre todo a partir de la segunda mitad de la década pasada y que se ha visto exacerbada recientemente por problemas como la crisis del Golfo Pérsico, las tasas de crecimiento lentas particularmente en los países desarrollados o industrializados, los cuales son los principales mercados para los productos básicos, la formación de nuevos bloques comerciales, la desintegración de la comunidad de países de economía centralizada, lo cual dificulta predecir a corto y mediano plazo las repercusiones de los cambios ocurridos en Europa oriental y en otras regiones del mundo. Por otro lado, la deuda externa que padecen los estados en vías de desarrollo impone una serie de restricciones tanto a la exportación como a la importación de productos básicos.

Adicionalmente, los problemas ecológicos a nivel mundial han venido a dificultar aún más el panorama general en torno a los productos básicos. En este sentido el

¹ Véase: VILLALOBOS Calderón, Liborio: *L'Amérique Latine et la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement*. Thèse pour le Doctorat. Toulouse France 1968 Ch. I.

comercio del uranio como materia prima se enfrenta a una situación muy específica ya que si bien es un energético con un gran potencial, también existe la interrogante, en términos ecológicos, sobre la viabilidad y conveniencia de su uso.²

La problemática imperante en torno a los productos básicos no sólo depende de coyunturas político-sociales como las señaladas anteriormente, sino además, a éstos procesos hay que añadir las tendencias negativas que se han venido dando en las últimas décadas, desde el punto de vista específicamente económico. Entre las principales podemos señalar la tendencia constante de los precios a la baja. Cabe señalar que en muchos productos, los precios alcanzados en la década pasada son los más bajos jamás registrados, lo cual provoca la agudización en los déficits de las balanzas comerciales de los principales países exportadores de dichos productos. La baja de los precios se ha visto agravada por la falta de diversificación en la producción de productos básicos, lo que genera una excesiva oferta de ciertos productos que a su vez provoca una baja mayor de los precios como consecuencia lógica de las leyes del mercado. Aunado a estas situaciones también se deben considerar los cambios ocurridos en el área tecnológica que impone una mayor competencia de materiales sintéticos, y las nuevas dimensiones de la conciencia mundial en términos ecológicos y de preservación de los recursos naturales.

Frente a los problemas a los que se enfrentan los productos básicos y sus procesos de comercialización, la comunidad internacional ha intentado una serie de medidas que permitan, si no solucionar, sí al menos disminuir los efectos negativos de las principales tendencias adversas que les afectan. Para ello han convocado tanto a

² Véase: cap. 4 de esta tesis.

países exportadores como importadores a participar en reuniones y conferencias para discutir y tratar de encontrar mecanismos que permitan un mejor funcionamiento del comercio de las materias primas. Entre los principales logros obtenidos se encuentran la entrada en vigor del Convenio Consultivo del Fondo Común para Productos Básicos, el Convenio Internacional del Caucho Natural en 1987, la negociación satisfactoria del Convenio Internacional del Yute y productos del mismo, la negociación de los mandatos del grupo internacional de estudios sobre el cobre y el estaño; la reunión inaugural del Grupo Internacional de Estudios sobre el Niquel, y otras como la decisión de crear y celebrar reuniones de exámen especial sobre ciertos productos como la bauxita.³

No obstante todos estos intentos por establecer instrumentos que regulen el comercio de los productos básicos, hasta el momento han sido insuficientes frente a la magnitud real de los problemas, dado que sólo se han negociado acuerdos de muy pocos productos frente la amplia gama de materias que conforman el grupo de productos básicos en general. Aquí cabría hacer mención que respecto a minerales existen muy pocos acuerdos de carácter multilateral, por ejemplo en el caso del uranio, que es el producto básico que en el presente trabajo nos interesa, no existen aún ningún tipo de convenios internacionales multilaterales que regulen su comercialización; lo más que existe en éste sentido son acuerdos bilaterales prácticamente impuestos por los países vendedores ante los compradores.⁴

³ Cfr. UNCTAD. Informe de la Comisión de Productos Básicos, 14 periodo de sesiones, 12-20 nov.1990. Naciones Unidas, Nueva York Doc.of.TD/B/1281.

⁴ Véase cap.4 de esta tesis.

La relación de intercambio entre países importadores y exportadores y en consecuencia, la situación de los principales productores de productos básicos, sigue empeorando cada vez más y la dependencia de los países en desarrollo del sector de materias primas del que obtienen el grueso de sus ingresos por exportación, prácticamente no ha cambiado, lo cual ha llevado a que la brecha entre países ricos y pobres se haga cada vez mayor (cuanto más crecen los países ricos, más pobres se hacen los países en desarrollo. El 80% de la riqueza mundial está concentrada en los países desarrollados donde viven únicamente el 20% de la población mundial). Un dato interesante que ilustra la situación anterior es el hecho que:

"en 1988 año de expansión económica en el mundo desarrollado, los ingresos totales de los países en desarrollo por las exportaciones de todos los productos básicos fueron los más bajos de los últimos diez años, tanto en valor real como en relación con el valor de las exportaciones de manufacturas de los países desarrollados".⁵

Lo anterior ha provocado que el problema de la insuficiencia del poder adquisitivo se haga más agudo en lo que concierne a la mayoría de los países en desarrollo, lo que se conjuga con la inflación y la recesión que experimentan los países desarrollados de economía de mercado, todo lo cual se revierte en una situación más difícil para los países en desarrollo. En realidad muchos de estos países han tenido que hacer frente a déficit comerciales de una magnitud sin precedentes y se han visto obligados a interrumpir o frenar el proceso de desarrollo o a endeudarse mucho más para poder seguir importando los productos esenciales que necesitan y que ellos mismos no

⁵ UNCTAD. Informe de la Comisión de Productos Básicos. 14º periodo de sesiones. Nov.1990. Doc.TD/B/1281 pag.3.

producen. Por otra parte, la sangría de recursos reales en el sector de los productos básicos de los países en desarrollo, como consecuencia de la continua disminución del valor real de sus exportaciones ha conducido inevitablemente a suspender o frenar las inversiones para fomentar la expansión de su capacidad productiva.⁶

Esta situación pone de manifiesto la apremiante necesidad, sobre todo para los países que dependen económicamente de sus exportaciones de productos básicos, de modificar la estructura actual del comercio de este tipo de bienes, la cual en términos generales observa la siguiente situación: precios bajos, inestabilidad y continuas fluctuaciones, dificultad de acceso a los mercados de las economías desarrolladas, e innovaciones tecnológicas que afectan la oferta. Asimismo factores de orden cíclico y estructural que reducen la demanda mundial. Una serie de políticas y medidas proteccionistas que restringuen el acceso a los mercados de los países desarrollados, aunadas a otras medidas restrictivas y barreras comerciales. Ante este oscuro panorama para la década de los noventa el reto fundamental es el de invertir la tendencia a la baja de la participación de los países en desarrollo en el sistema mundial de intercambio, sobre todo de aquellos que paralelamente registran un nivel muy bajo de ingresos de exportación aunado a una pesada carga de deuda externa.

Actualmente la comunidad internacional ha reconocido, a través de organismos como la Organización de Naciones Unidas o conferencias especializadas en el tema como la UNCTAD que la manera poco sistemática como se han venido abordando las cuestiones internacionales de los productos básicos no es la indicada para resolver los principales problemas de las transacciones de esos productos. Los intentos por

⁶ Véase: UNCTAD 1978. Documento Básico TD/184. Medidas sobre productos básicos. p.2-4.

regular los mercados de productos básicos por medio de convenios internacionales no han tenido el éxito esperado por lo que el comercio de este tipo de productos sigue sujeto a las repentinas variaciones de la oferta y la demanda que repercuten directamente en drásticas fructuaciones de precios.

En este contexto se puede decir que el comercio de productos básicos es un elemento clave en la dinámica de las transacciones internacionales; además es un factor de gran trascendencia para el desarrollo de los países menos avanzados, por ello requiere de la atención de la sociedad internacional en su conjunto para que a través de la concertación y la negociación se logren establecer marcos más apropiados de regulación que permitan hacer de dicha actividad un elemento real de fomento y no un medio que ensanche la brecha del desarrollo entre los diferentes países. Por otra parte se debe tener en cuenta que los productos básicos son muy diversos, por lo que para un tratamiento más efectivo de los mismos, habrá que considerarlos por grupos de productos en base a las características y a la situación particular de cada uno de ellos.

Asimismo la participación de instituciones financieras, organizaciones internacionales que den apoyo y asesoramiento técnico y demás instancias internacionales que promuevan los intercambios y el desarrollo efectivo del comercio de productos básicos es vital para la consecución de los objetivos mencionados. En este sentido, los países menos avanzados propugnan por dar una nueva orientación a la política internacional de los productos básicos, que abarque incluso la adopción de nuevas estructuras y mecanismos, con el objetivo de hacer frente a los urgentes problemas de la economía mundial de los productos básicos. En realidad esa nueva

orientación debe concebirse como un elemento indispensable de la formación de un nuevo sistema de relaciones económicas internacionales, esencial para el establecimiento de un nuevo orden internacional.⁷

Definición y Clasificación de las materias primas.

Dentro de la economía internacional y en términos de política comercial es indispensable contar con una terminología bien definida para el manejo conceptual del tipo de categorías que se utilizan en la dinámica de las transacciones, lo cual permite un entendimiento más eficaz al momento de celebrar cualquier tipo de acuerdo o negociación comercial.

En este sentido resulta indispensable para los objetivos del presente trabajo, contar con una definición clara y comúnmente aceptada sobre lo que en términos comerciales se entiende por productos básicos. La definición actual que se utiliza internacionalmente es la surgida de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) en 1964, la cual tiene como antecedente más directo la definición propuesta en la Carta Internacional de Comercio y Empleo, más comúnmente conocida como Carta de la Habana.

Dicha Conferencia fué convocada en noviembre de 1947, con el objetivo de erigirla como una institución especializada de Naciones Unidas que promoviera la estructuración, organización y reglamentación del comercio internacional, y al mismo tiempo que sirviera como promotora del desarrollo económico de todos los países al propiciar la elevación del nivel de vida de los pueblos. Además proponía una

⁷ Véase: *Informe General del Presidente de la UNCTAD a la Conferencia, titulado: Nuevas orientaciones y nuevas estructuras para el comercio y el desarrollo. Naciones Unidas, N.Y. 1988 capítulo II.*

reglamentación nueva y original para los productos básicos. Sin embargo, la Carta de la Habana no pudo entrar en vigor, ya que para tal efecto requería de la ratificación de, por lo menos veintisiete estados signatarios, lo cual no se logró, por lo que la citada conferencia nunca entró en vigor.⁸ Sin embargo quedó como un claro ejemplo de la voluntad y la necesidad internacionales de crear una institución que velara por el comercio mundial, sobre todo de los países menos desarrollados cuyas principales exportaciones siguen siendo los productos básicos.

Siguiendo con el espíritu emanado de la Carta de la Habana y retomado por la UNCTAD, actualmente se tiene generalizada la idea de que producto básico es toda materia obtenida de la agricultura, los bosques, los mares o la tierra, ya sea que se encuentren en su forma natural o que haya sufrido algún tipo de transformación requerida para su comercialización en el mercado mundial, las cuales se utilizan como elementos primarios en la elaboración de otros productos.

La definición general de las materias primas según el diccionario Larousse señala que son los materiales no elaborados producidos por el subsuelo o las actividades agropecuarias, que se emplean en la industria para su conversión en artículos más elaborados. Según este diccionario, la clasificación de materias primas se hace en base al origen de las mismas, por lo que hay materias de origen animal, vegetal y mineral. Para efectos del comercio internacional la clasificación que se utiliza de manera general es la establecida por la Conferencia de Naciones Unidas de Comercio y Desarrollo, en su primer período de sesiones de 1964 celebrado en Ginebra, durante la cual se acordó que las materias primas se clasificarían en tres grupos principales:

⁸ Véase: VILLALOBOS Calderón, *Liborio Ob.cit.pag.5-8.*

productos de regiones templadas, productos agrícolas tropicales y minerales. Sin embargo al paso del tiempo y a medida que se ha puesto más atención al comercio de productos básicos se ha podido observar que dicha clasificación es demasiado general en términos prácticos, por lo que en sesiones posteriores de la misma Conferencia se han adoptado nuevas clasificaciones más acordes a los requerimientos de ciertos momentos según las discusiones celebradas.

En el tercer período de sesiones de la UNCTAD celebrado en Santiago de Chile se adoptó una clasificación basada en los siguientes grupos: G1. Producto alimenticios, bebidas aromáticas y tabaco. G2. semillas oleaginosas, grasas y aceites. G3. Materias primas agropecuarias. G4. Minerales y concentrados y G5. Petróleo y productos derivados. Estos grupos a su vez se dividen en subgrupos dependiendo de la naturaleza de los productos de la siguiente manera: el G1. se divide en: cereales, azúcar, carne, productos lácteos, productos pesqueros, frutas, legumbres, especias, café, cacao, té, bebidas aromáticas, vinos y tabacos. El G2. se divide a su vez en: aceites, nueces y almendras de palma, linaza, ricino, copra y harinas. El G3 se divide en: fibras, caucho, pieles y cueros, madera y productos de madera. El G4 por su parte se divide en: minerales de hierro y concentrados, minerales del cobre y concentrados, minerales de níquel y concentrados, bauxita, minerales del plomo y concentrados, minerales de manganeso, de cromo, tungsteno, antimonio y fosfatos. Finalmente el G5 se divide en: Petróleo crudo, carburantes y derivados.⁹

⁹ Véase: UNCTAD 1972, Informe de la Secretaría de la UNCTAD tercer período de sesiones Santiago de Chile. Doc. TD/113 p.36-38.

El interés por la clasificación de los productos básicos, con fines prácticos no ha sido inquietud exclusiva de la UNCTAD, ya que en la Ronda de Uruguay del GATT, Estados Unidos propuso que a las tres categorías de productos básicos ya consideradas en el acuerdo se incluyera los productos energéticos para que finalmente quedara su clasificación de la siguiente manera: productos forestales, pesqueros, minerales y metales no ferrosos y productos energéticos.¹⁰ La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) hace otra clasificación en los siguientes grupos: productos agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros.

Una clasificación más que resulta conveniente señalar es la formulada por la UNCTAD durante su quinto período de sesiones celebrado en Manila en 1980. Esta clasificación se basa, no en el origen de los productos básicos, sino más bien en el grado de elaboración en el cual se encuentran en el momento de su comercialización. Esta reflexión fue un resultado de los análisis celebrados previamente para observar las condiciones prevalecientes en el mercado de materias primas. Se llegó a la conclusión de que la comercialización de productos básicos se enfrenta a obstáculos cada vez mayores que frenan su expansión, por lo que muchos productos básicos requieren tener algún grado de elaboración para poder penetrar a ciertos mercados. En este contexto se estableció que los productos básicos se pueden dividir en productos en forma de materias primas, productos semitransformados y productos plenamente transformados.¹¹ Esta clasificación resulta interesante no por sí misma, sino por la serie de reflexiones que se formularon en torno a ella. El problema de pensar en los productos en términos del grado de elaboración en el que se encuentran al momento

10 Véase: FAO Roma 1990. *Situación y Perspectiva de los Productos Básicos, 1989-90* p.17

11 Véase: UNCTAD, *Actas Quinto Período de Sesiones, Manila 1980. Doc. TD/228* p.p.117-120.

de ser comercializados llevó a observar que los países en vías de desarrollo, altamente dependientes de éste tipo de mercancías no poseen la infraestructura necesaria para poder vender sus productos básicos con cierto nivel de elaboración, por lo que los deben de vender en forma de materia prima obteniendo por ello precios más bajos que los que podrían obtener si sus productos llevasen cierto valor agregado como resultado del procedimiento de transformación.

Aquí cabría hacer mención que si bien, el uranio es un producto básico que entra en la categoría de materiales de origen mineral también se puede ubicar en la clasificación hecha por la UNCTAD en su tercer período de sesiones en el grupo cuatro que contempla minerales y concentrados; sin embargo no hay que perder de vista que el uranio también es un energético, el cual para su comercialización requiere tener un cierto grado de elaboración, por lo cual podría considerarse dentro de este otro grupo.

Los estudios elaborados por la UNCTAD llevaron a la conclusión de que entre los productos exportados por países en desarrollo, son muy pocos los que han sido sujetos a un proceso aunque sea mínimo de transformación. Esto se debe a que:

"El aumento de la elaboración de los productos primarios en los países en desarrollo depende de varios factores importantes tales como las políticas económicas que adopten los países en desarrollo y el grado de colaboración entre los propios países en desarrollo así como la acción concertada entre los países en desarrollo y los países desarrollados. Desde el punto de vista de la política

económica de los países en desarrollo y de la colaboración entre ellos, el problema está ligado con sus respectivos procesos de industrialización, e implica la mejora de los intercambios comerciales entre países en desarrollo".¹²

Por otra parte existen limitaciones al proceso de transformación como resultado de las propias políticas gubernamentales de los países productores de productos básicos así como las restricciones que impone la estructura del mercado mundial y las prácticas comerciales.

No obstante que la preocupación en torno a los productos básicos ha ocupado un lugar importante en las negociaciones internacionales, sobre todo en el área comercial y que se han dado constantes intentos por clasificarlos, aún existen grandes limitaciones para resolver los problemas debido al restringido número de productos que son contemplados tanto en las diversas clasificaciones como en los acuerdos internacionales relativos a las transacciones mundiales de dichos productos.

Un claro ejemplo de las insuficiencias y limitaciones existentes en el sector es la situación prevalecientes en torno al producto básico que nos interesa en el presente trabajo, es decir, el uranio. Este producto básico, como muchos otros, no está considerado en aquellas clasificaciones que se han elaborado producto por producto, así mismo sus características le dan un carácter muy específico al tipo de transacciones que se dan en los mercados. Es más, como ya se mencionó en torno al uranio aún no se han concertado ningún tipo de acuerdo con carácter multilateral, y tampoco ha sido objeto de estudio por las principales conferencias y organizaciones preocupadas por los productos básicos (UNCTAD, FAO, GATT entre las principales) por lo cual, el

¹² Actus de la UNCTAD 5º periodo de sesiones ob.cit.p.124.

uranio entre otros productos en situaciones similares se enfrenta a graves problemas en el mercado por el hecho de carecer de un marco de reglamentación comercial internacionalmente aceptado lo que conlleva a una inestabilidad notable del mercado y los precios¹³.

Situación del mercado de productos básicos al inicio de la presente década

La situación del comercio mundial de productos básicos es poco alentadora al comienzo de la década de los 90's, debido a las tendencias negativas del mercado observadas a raíz de la inestabilidad política y económica del mundo en general. Resulta interesante observar que a finales de la década pasada las tendencias parecían ser positivas en el sector de los productos básicos, sin embargo el panorama tuvo un cambio drástico al inicio de los noventa.

Entre 1987-1988 las tendencias en el valor nominal de los productos básicos aumentaron en un 14% sobre todo en lo que respecta a productos agrícolas, pesqueros y forestales; sin embargo el poder adquisitivo permaneció prácticamente invariable observando más bien una ligera contracción debido al incremento de los precios de productos elaborados y manufacturas.

En éstos mismos años se observó una considerable recuperación de los precios de los productos básicos, la cual se proyectó hacia 1989, lo que aunado a un pequeño incremento en el volumen de las exportaciones dió como resultado un aparente crecimiento de dicha actividad. Pero sólo en términos nominales, ya que la relación real de intercambio en éstos años fué inferior en un 25% a la correspondiente en

¹³ Véase cap.4 de esta tesis.

1980. Aunado a ésto, continuaron creciendo los valores de exportación de las manufacturas, por lo que no se pudo preveer ningún cambio considerable en términos reales. El contínuo crecimiento de la economía mundial entre 1987 y 1989 contribuyó a una nueva subida de los precios de varias materias primas agrícolas. Pese al aparente auge del comercio, éste sólo se dió en un reducido número de productos y las tendencias reales empezaban a manifestarse, por lo que a finales de 1989 se pronosticaba que la demanda se contraería aún más debido a la sobreproducción de ciertos productos agrícolas, combinado ésto con la recesión económica en los países desarrollados, principales compradores de productos básicos, ya que desde 1987 y 1988 su balanza comercial favorable empezó a invertirse, debido entre otras causas al colapso de las bolsas de valores en octubre de 1987, lo que generó una progresiva recesión que provocó la disminución de las compras al exterior:

"Un factor especial que influyó en el comportamiento de ciertos mercados de productos básicos en 1988 fue la magnitud e inestabilidad de las corrientes de capital de inversión. Cuando la relación básica de la oferta y demanda en el mercado de un producto básico determinado brinda perspectivas de inversión más atractivas, se transfieren grandes cantidades de capital a las bolsas alternativas de bonos, acciones, obligaciones y otros instrumentos financieros".¹⁴

A finales de 1989 y 1990 el comportamiento del mercado mundial de productos básicos se fue haciendo más problemático por la agudización de la crisis mundial, agravada por la inestabilidad política existente. Así mismo, el cambio en los tipos de interés que aumentaron, a pesar de los intentos por evitar la inflación por parte de los

14 FAO Roma 1989. Situación y Perspectivas de los Productos Básicos 1988-1989, p.5.

países desarrollados, provocó el agravamiento de las condiciones del mercado ya que obstaculizó aún más las perspectivas de crecimiento de los países en desarrollo, principales productores y exportadores de materias primas, los cuales al ver incrementado el peso de su deuda, se vieron forzados a reducir los precios de sus exportaciones dándose una baja del índice de precios.¹⁵

Otros factores adversos que contribuyen a dar una sombría imagen de las condiciones actuales del mercado de los productos básicos son las fluctuaciones de los tipos de cambio de las principales monedas, las políticas proteccionistas y las medidas de apoyo a la producción local de productos básicos por parte de los países desarrollados, la poca capacidad de diversificación de las exportaciones de los países en desarrollo, las constantes fluctuaciones de los precios, la baja de la demanda mientras crece la oferta, la competencia creciente de materiales sintéticos; en general se puede señalar que esta situación se debe tanto a elementos cíclicos de la economía mundial, como problemas estructurales internos a nivel estatal y externos del sistema internacional.

Las tendencias anteriores se refieren a las condiciones de los mercados de productos básicos en términos generales; sin embargo es importante señalar que, dependiendo del tipo de producto o grupos de productos, las condiciones del mercado varían en base a las características específicas de éstos. Es decir, las condiciones del mercado de los productos tropicales no son exactamente las mismas que las de los

¹⁵ Véase: *FAO Roma 1990, Situación y Perspectivas de los Productos Básicos 1989-1990 p.p.4-8.*

productos de las zonas templadas; por lo que se deduce que el mercado de metales y minerales posee una dinámica propia en términos de las características específicas de éstos productos.

Una dificultad adicional para el comercio mundial de productos básicos que debe mencionarse son las políticas internas de los países industriales, sobre todo en lo que se refiere en la agricultura y recursos minerales, ya que este tipo de productos no tienen la libertad de acceso a los mercados debido a las políticas proteccionistas de los países desarrollados que provocan una reducción considerable de los mercados.

Las trabas al comercio propenden a disminuir las posibilidades del mercado por la tendencia a la baja en el límite máximo de la demanda internacional lo cual agrava las dificultades cambiarias que los países en desarrollo confrontan, como consecuencia de los altos niveles de endeudamiento en los que se encuentran .

En general se puede decir que: *"los mercados mundiales de los productos primarios han adquirido en algunos casos, características de mercados residuales inestables sobre los cuales recae una parte desproporcionada de la lucha por lograr un ajuste entre la producción y el consumo, tanto en los mercados internos como en los internacionales"*.¹⁶

Para la agilización del mercado internacional es preciso llevar a cabo medidas tales como la eliminación de las políticas preferenciales y discriminatorias que muchos países desarrollados adoptan; además ampliar el campo de los acuerdos de estabilización de precios, acuerdos bilaterales y multilaterales, tratando de eliminar

¹⁶ Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, "El Problema de la Estabilización de los Precios de los Productos Primarios". Washington D.C. 1969. p.181

los obstáculos al comercio y realizar negociaciones que armonicen las relaciones comerciales y se disminuya en lo más posible las diferencias de intereses entre los protagonistas de estas transacciones, mejorando con ello las relaciones económicas entre países productores y consumidores. Para ello, los países se basan en el firme propósito de la cooperación internacional buscando corregir los desequilibrios que presenta la oferta y la demanda.

Oferta y Demanda.

En el comercio mundial de productos básicos las fuerzas naturales del mercado desempeñan una función fundamental en la determinación de los precios de éstos y por ende en la situación de los mismos. Por ello es importante determinar cuáles son las principales tendencias que prevalecen en torno a la oferta y la demanda.

Las perspectivas de la demanda de productos básicos en términos generales resultan cada vez más preocupantes, sobre todo para los países que dependen de sus exportaciones de productos básicos como principal fuente de ingreso de divisas es decir, para los países en desarrollo; ya que se ha observado que debido a la sustitución de insumos naturales por materiales sintéticos, la demanda de productos básicos naturales ha observado una tendencia constante a la baja. Es cierto que las tendencias de sustitución de materiales naturales ha beneficiado a un reducido número de productos básicos como al petróleo, del cual se obtiene una amplia gama de materiales sintéticos; sin embargo la tendencia general prueba que la revolución científico-tecnológica en la búsqueda de materiales alternos a los naturales ha provocado una baja considerable en la demanda de estos productos.

Según un estudio realizado por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento a principios de la década de los setentas señalaba tres factores principales como los causantes fundamentales que limitaban el aumento de la demanda y provocaban la continua propensión a la disminución relativa en el uso de materias primas, estos factores eran según aquel estudio:

"El primero de ellos es que como resultado de los adelantos tecnológicos y otros procedimientos, la utilización total de insumos de materias primas ha venido disminuyendo en relación con el producto nacional bruto.

En segundo lugar, las variaciones en la estructura industrial de los países desarrollados ha incidido desfavorablemente sobre la demanda de materias primas: las actividades de producción en que el insumo de dichas materias es relativamente bajo han aumentado a un ritmo mucho mayor que aquellas en que dicho insumo es elevado. El doble impacto surtido por el ahorro en la utilización de materias primas en la industria manufacturera y por la cambiante estructura tanto de esa industria como del insumo total de bienes y servicios, se ha reflejado en la disminución del empleo de materias primas por unidad de producción total.

En tercer lugar, el creciente fomento industrial en los países desarrollados ha provocado un rápido aumento de los materiales reemplazantes de productos naturales. Los productos primarios que más gravemente se encuentran afectados por la competencia ofrecida por los materias artificiales son el caucho, el algodón, las fibras duras, incluso algunas maderas y minerales."¹⁷

¹⁷ Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Ob.cit. p.p.28-30.

Entre los factores señalados adquiere gran importancia el referente a la sustitución de productos primarios por materiales sintéticos, ya que esta tendencia continúa aumentando. Muchos son los factores que propician y fomentan esta situación, entre los principales tenemos las características que se les pueden dar a los materiales sintéticos haciéndolos con ello más competitivos, puesto que cubren de una manera más eficaz los requerimientos y especificaciones técnicas que se necesitan para su elaboración; además, frecuentemente los materiales sintéticos resultan más baratos que los naturales y tienden a ser más estables en precio por lo que los compradores están en mayor posibilidad de realizar proyecciones a futuro con respecto a sus compras, mientras que con las materias naturales no se puede hacer lo mismo dada la inestabilidad de los precios y las constantes fluctuaciones de la oferta y la demanda.

Otro elemento fundamental que incide en las variaciones de la oferta y la demanda es la crisis económica internacional generalizada, que al hacerse cada vez más aguda tiende a provocar que la demanda de productos básicos disminuya como consecuencia de políticas nacionales tales como la de subsidios a la producción nacional, las restricciones a las importaciones en base a aranceles, las restricciones cualitativas y otra serie de barreras no arancelarias al comercio, sobre todo por parte de los países industrializados y desarrollados que son los principales compradores de productos básicos; provocando con ello fuertes desequilibrios en el mercado de dichos productos cuyas principales consecuencias negativas las padecen los países en desarrollo.

En términos generales, como se ha venido insistiendo el comercio de productos básicos se caracteriza hoy en día por la continua tendencia descendente de los precios, la abundancia de la oferta y un crecimiento relativamente lento de la demanda aunado

a la debilidad de la misma producto de las acentuadas fluctuaciones de los precios a causa de la evolución tecnológica y de las variaciones estructurales en el sector consumidor.¹⁸

Este mismo tipo de tendencias generales que han afectado los mercados internacionales de materias primas, también se observan en el mercado mundial de productos básicos estratégicos como el uranio, sin embargo dichas tendencias adquieren una dinámica particular derivada de la naturaleza específica del producto.¹⁹

Se puede concluir, respecto a la oferta y la demanda, que éstas varían dependiendo del producto básico de que se trate ya que también hay que considerar los niveles de escasez y sobre todo, no hay que perder de vista que estas tendencias del mercado son variables económicas en constante movimiento y adaptación en base a las condiciones económicas mundiales.

Precios

El precio en su acepción más amplia se refiere a la cantidad monetaria que representa el monto al cual se puede intercambiar una mercancía o servicio, es decir la cantidad de dinero dada a cambio de un bien²⁰, sin embargo, esta asignación está sujeta a muchas variantes, siendo de este modo, el problema de los precios una de las mayores preocupaciones por la serie de implicaciones que representan.

Respecto a los productos básicos, el problema de los precios es uno de los principales rubros que conforman las diversas agendas de negociación a nivel

18 Véase: UNCTAD 1988, Informe de la Comisión de Productos Básicos. 13º período de sesiones. Doc. oficial: TD/B/C.1/304 p. 18.

19 Véase capítulo 4 de esta tesis.

20 Véase: SELDON, Arthur. Diccionario de Economía, Hispanamérica España 1984 p.p.433-435

internacional y además forman parte imprescindible de las preocupaciones de todos los gobiernos, no sólo de los países exportadores, sino también de los compradores, ya que la situación del mercado mundial y de las condiciones de los productos básicos en el escenario mundial está estrechamente vinculada con la cuestión de los precios.

Como ya hemos dicho, las tendencias actuales de los precios de productos básicos son poco alentadoras, en relación con la remuneración que éstos representan en términos reales y no sólo nominales, ya que para 1988, los precios reales de los productos básicos continuaron estando excepcionalmente bajos, y la relación de intercambio fue empeorando a la par de los precios. Actualmente se observa que la situación inestable de los precios no muestra síntomas de mejoría debido a la disminución persistente de éstos y las continuas fluctuaciones. Esto ha provocado que los países en desarrollo dejen de percibir un alto nivel de ingresos, lo cual dificulta aún más su situación por el hecho de que un considerable porcentaje de sus ingresos por concepto de sus exportaciones tiene que destinarse al pago de los servicios de la deuda externa. La tendencia general de los precios de los productos básicos indica que la situación de los países en desarrollo se está deteriorando, ya que están sujetos a las tendencias adversas de los precios, que junto con el encarecimiento de los productos manufacturados importados merman sus posibilidades de atender el servicio de su deuda y financiar su propio desarrollo.

Frente al sombrío panorama indicado por los precios, el Banco Mundial realizó un análisis en 1988 de la situación prevaleciente en torno a los productos básicos, y sus resultados tampoco fueron muy alentadores ya que se observó que el índice de precios en aquel año estuvo incluso por debajo de los niveles del año anterior, los

cuales habían sido los más bajos de todos los registrados en los últimos diez años " *los precios de los productos básicos en 1988 estaban por debajo del nivel de 1979 tanto en valor nominal como en valor real.*²¹ Sin embargo, cabe hacer la aclaración que éstas se refieren a las tendencias generales, ya que algunos productos han observado ciertas diferencias.

En 1990, la Comisión de Productos Básicos en su 14º período de sesiones señalaba que los países pobres vendían sus productos básicos a los países ricos a precios que eran la mitad de lo que habían sido en los últimos veinte años.²²

Un elemento importante en la problemática que subyace a los precios, es el de las fluctuaciones, es decir los continuos movimientos en los índices de cotización que propician alzas y bajas constantes, lo que impide contar con proyecciones de las posibles perspectivas futuras de los mercados, y que a su vez genera un ambiente de incertidumbre. Las tendencias a las bajas cotizaciones pueden ser ocasionadas por fenómenos cíclicos, o bien por condiciones coyunturales como pueden ser guerras, variaciones de la demanda, movimientos especulativos o progresos tecnológicos que conllevan una sustitución de los materiales naturales por sintéticos, entre otros. Al respecto el Dr. Villalobos Calderón señala que entre las causas principales de las fluctuaciones de los precios de las materias primas podríamos considerar el distanciamiento entre la oferta y la demanda existentes en el mercado internacional; el auge o retroceso de la actividad económica en los países desarrollados; incrementos o decrementos importantes en los precios de los productos básicos resultado directo

21 UNCTAD, Informe de la Comisión de Productos Básicos 1988 Doc.of.TD/B/C:1/304 p.15

22 Véase: UNCATD 1990, Informe de la Comisión Doc. Of. TD/B/C:1/316 p.p. 16-20.

del juego de la oferta y la demanda en el mercado; además de otros factores que pueden incidir también como es el caso de las barreras arancelarias y no arancelarias, costos en el transporte de las mercancías, sustitución de productos naturales por sintéticos y sucedáneos, problemas climatológicos, crisis políticas internacionales, dificultades laborales guerras, etc.²³ Además entre las causas de las fluctuaciones se encuentran las provocadas por las variaciones de la demanda y las motivadas por variaciones en la oferta.

Es evidente que las fluctuaciones también son originadas por el conflicto Norte-Sur, dado que el deterioro de las relaciones entre estos bloques conlleva una situación de tensión que se proyecta a los intercambios comerciales como resultado de la situación de dependencia que prevalece en los países en desarrollo respecto a sus ventas de productos básicos, provocada por su necesidad apremiante de divisas para hacer frente a sus compromisos internacionales producto de sus deudas externas. Estas fluctuaciones son más perjudiciales para los países subdesarrollados, ya que al afectarse sus exportaciones, también se afectan los programas nacionales de desarrollo. La gravedad de las fluctuaciones se acentúa cuando las exportaciones de un país dependen en elevada proporción de un sólo producto básico.²⁴

*"Las fluctuaciones a corto plazo de los precios de los productos básicos obedecen, entre otras, a complejas interacciones de factores temporales o aleatorios y a los movimientos estacionales y cíclicos de la producción como de la demanda en los principales mercados consumidores"*²⁵

23 Véase: VILLALOBOS Calderón Liborio. *Los Materias Primas en la Encrucijada Internacional*. México S.R.E. 1974 p.p.69-70.

24 Véase: VILLALOBOS Calderon L. Ob. cit. p. 44.

25 UNCTAD 1973. Doc.Oficial TD/113 UNCTAD 3º periodo de sesiones p.4.

Dada la importancia que tienen los precios en la dinámica del comercio de los productos básicos, para el establecimiento de los mismos deben de considerarse distintas variables que intervienen en este proceso entre las que destacan:

- 1.- *"El proceso de reconversión industrial, los cambios en las preferencias de los consumidores y la revolución tecnológica registrada en los países industrializados, todo lo cual refuerza la tendencia hacia una mejor utilización de las materias primas por unidad producida, especialmente energéticos, y a la difusión de productos sintéticos, sustitutos de insumos naturales"*²⁶
Estos elementos conllevan un deterioro sostenido en la cotización de los productos básicos, todo lo cual viene a agravarse por las políticas nacionales de subsidios que provocan exceso de oferta.
- 2.- *"El crecimiento mundial del comercio de mercancías que se ha frenado considerablemente, lo cual repercute necesariamente en los precios de las materias primas".*
- 3.- *Otro elemento importante en la fijación de los precios son los efectos que provoca la tendencia a la desaceleración del ritmo de crecimiento de los países industrializados, pues en los últimos años se ha observado un estancamiento de la economía mundial, la cual no debe de confundirse al observar las tasas de crecimiento industrial, pues aunque éstas han sido positivas, en términos reales han sido menores a las de años atrás"*²⁷

26 GARCIA Acevedo, Arturo. "La caída de los precios internacionales de las materias primas". Anuario Mexicano de Relaciones Internacionales 1986 p.p.225-226.

27 GARCIA Acevedo Arturo. Ob.Cit. p. 227.

Un elemento más que es determinante en la fijación de los precios de los productos básicos es el acelerado avance tecnológico que se ha observado en los últimos años el que ha permitido una mejor utilización de los productos primarios reduciendo al máximo los desperdicios, además a ésto hay que añadir el perfeccionamiento de los procesos de elaboración. Todos estos elementos tienen efectos depresivos en los precios, además la sustitución de éstos por productos sintéticos viene a agravar la situación. A esto hay que agregar que:

*"La atomización de la oferta de productos primarios impide que las negociaciones para la fijación de precios se realice en forma global, teniendo los países que recurrir aisladamente a los mercados externos, con ofertas limitadas y requerimientos de divisas apremiantes. Ante esta situación el intercambio comercial se caracteriza por la inequitatividad derivada de las tendencias en los precios de los productos negociados. Esto implica que los exportadores de productos básicos incurran en pérdidas y los oferentes de manufacturas en ganancias, lo que se convierte en una transferencia implícita de ingresos a través del comercio exterior, provocando una pérdida del poder adquisitivo de los productos básicos primarios exportados"*²⁸

Como podemos observar, la fijación de los precios de los productos básicos a nivel internacional está determinada por una serie de factores que si bien, en un momento dado pueden favorecer el incremento de los precios, en las condiciones actuales de la economía mundial, podemos ver que la tendencia es a la baja. Sin embargo, es de gran prioridad establecer a nivel internacional una política de precios

28 GARCIA Acevedo Arturo. Ob.Cit.p.228.

que permita aminorar en lo más posible los problemas en los que se encuentran. Durante el tercer período de sesiones de la UNCTAD, expertos de esta conferencia señalaban que era necesario establecer medidas para resolver los problemas de los precios poniendo especial atención según productos o grupos de productos, ya que no se puede hablar de precios en general dadas las características particulares de cada uno de ellos. Además establecían que, en la esfera de las políticas fiscales por ejemplo, había varias posibilidades: establecer niveles mínimos de precios de exportación, reembolsar a los países exportadores una parte de los gravámenes fiscales impuestos a la importación o venta de algunos productos, adoptar acuerdos de pagos compensatorios con arreglo a los cuales la totalidad o parte de la diferencia entre los precios reales y un precio de referencia convenido se acreditaría a los países exportadores, hacer extensivo el sistema de precios preferenciales, y tratar de fomentar la concertación de acuerdos internacionales en materia de productos básicos referentes a estabilización de precios y comercio de productos primarios.²⁹

Otra de las medidas propuestas para la estabilización de los precios de los productos básicos fue el establecimiento de un index. La primera vez que se usó la noción de indexación fue en la sexta sesión especial de la Asamblea General de Naciones Unidas en 1974. El propósito de la indexación era establecer un vínculo entre el nivel de prosperidad en los países desarrollados industrializados y el de los países en desarrollo que exportan productos básicos. La ventaja de utilizar un index para fijar precios, en especial en el caso de los productos que son comercializados internacionalmente era, que mientras el precio de una materia prima no es directamente

²⁹ Véase: UNCTAD, tercer período de sesiones Doc. Of. TD/113 p.p. 5-7.

comparable con el precio de los bienes manufacturados, el índice de los movimientos del precio sí puede compararse. Así pues, si el precio de un producto está relacionado con el de los productos manufacturados, el índice de precios de los bienes registraría una constante a la alza similar en magnitud al índice de precios para los bienes manufacturados.

Desde hace ya buen tiempo, los exportadores de productos básicos han observado como disminuyen sus ingresos en el mercado internacional. Al fluctuar los precios, los bienes se han venido devaluando progresivamente. Un esquema de indexación tendría como objeto no sólo mejorar en forma general el precio de un producto, sino también asegurar que la producción de una cantidad específica de un bien compre la misma cantidad de importaciones manufacturadas año tras año.

Sin embargo es muy difícil establecer un esquema de indexación debido a que hay que conocer muy bien la oferta y la demanda del producto prácticamente a un nivel de caso por caso. Por ello, aunque fué un buen intento para estabilizar los precios, la noción de indexación dejó de utilizarse a principios de los ochentas. Posteriormente surgieron nuevas alternativas para tratar de lograr el mismo efecto. Una de ellas consiste en basar el índice en las importaciones que realizan los productores del bien en cuestión. Otra es elaborar un índice general de importación para todos los países en desarrollo; sin embargo, la complejidad de la indexación va más allá de aspectos técnicos, pues intervienen factores de orden político y estructural.³⁰

Otro modo de abordar el problema de la estabilización de los precios de los productos básicos a fin de reducir las fluctuaciones es mediante las operaciones de

30 Véase: CONTEXTOS (revista) año 2 No.8 "Perspectivas de la Indexación", feb-mar.1981. p.p.37-38

las existencias internacionales, o por medio de una coordinación de las existencias nacionales. El corolario a este tipo de política sería el establecimiento de acuerdos sobre cuotas de exportación con el fin de regular el volumen que los países productores hayan de exportar

*"La clase de operación a base de existencias en que más frecuentemente se piensa es la de existencias reguladoras internacionales destinadas a mantener el precio entre determinados límites convenidos mediante las compras que se efectúen cuando el precio desciende por debajo del nivel mínimo y las ventas que efectúen del producto cuando el precio se eleve por encima del nivel tope. Este método se emplea, conjuntamente con la cuotas de exportación. A fin de poder estabilizar el precio, el organismo encargado de las existencias reguladoras necesita tener recursos financieros a fin de poder comprar y conservar las existencias durante el período requerido. Al determinar la conveniencia de los acuerdos para estabilizar los precios mediante operaciones a base de existencias reguladoras, es preciso evaluar las ventajas que se espera derivar comparándolas con los costos del mecanismo estabilizador, sobre la base de cada producto independientemente."*³¹

Si bien es cierto que en lo fundamental las principales tendencias de los productos básicos, respecto a precios ha sido a la baja, es importante señalar que un cierto grupo de productos ha escapado a estas tendencias, si no de manera total, si en forma parcial. Dicho grupo es el de los metales y minerales, y aunque, la situación y las perspectivas en este sector varían de acuerdo con cada uno de los productos que

³¹ Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. "El problema de la estabilización de los precios de los productos primarios". Washington D.C. p. 184.

integran al grupo, las tendencias generales nos muestran que, por tratarse de recursos con carácter no renovable y en ciertos productos su sustitución es poco probable, los precios han mantenido una dinámica especial.

La demanda mundial de minerales y metales es relativamente dinámica debido a que son insumos básicos de la industria moderna, la cual es la clave del crecimiento económico actual en los países desarrollados, y aunque durante las dos décadas pasadas se observó una cierta tendencia a la alza, en la presente se observa una constante presión hacia la baja debido a la considerable expansión de la capacidad minera. Como ya se mencionó, los mercados de minerales no se comportan todos de la misma manera; en un extremo están aquellos minerales cuya demanda es a la vez inelástica en relación con el precio y relativamente dinámica, y en cuyo suministro total tienen una considerable participación los países en desarrollo. En otro extremo se encuentran los minerales que corren el peligro de verse desplazados en sus usos finales por materiales sintéticos o sucedáneos, o por nuevas tecnologías que utilizan otros materiales, en este tipo de productos el problema estriba en lograr una reducción suficiente de los costos y una mejora de la calidad que permitan al material natural ser competitivo.

La mayoría de los productos minerales están situados entre ambos extremos y las posibilidades para ellos varían según los elementos señalados. Cabría hacer mención en éste momento que el uranio, producto que especialmente nos interesa en este trabajo está sujeto a algunas de las tendencias ya señaladas, como las fluctuación de los precios, lo limitado que ha sido su mercado hasta la fecha, el establecimiento de precios y volúmenes de venta aunado a costos de extracción y elaboración son factores

que definitivamente condicionan el mercado de este mineral, sin embargo, debe de ser analizado con más detenimiento pues en este tipo de producto juega un papel decisivo el factor político ya que es un mineral estratégico.³²

Sistemas de Comercialización y Distribución.

El comercio internacional de productos básicos, como se ha venido mencionando a lo largo del presente capítulo, es una actividad de gran importancia en la economía mundial pues representa un volumen importante del total de las transacciones comerciales a nivel internacional. Dada la importancia que tiene esta actividad es necesario hacer una reflexión en torno a los canales y sistemas de comercialización y distribución ya que son éstos, los medios por los cuales fluye la gama de productos y partiendo de las condiciones bajo las que están organizados se podrá entender mejor la serie de problemas a los que se enfrenta el comercio mundial de productos básicos.

La influencia que el sistema de comercialización ejerce en el funcionamiento de determinados mercados de productos primarios constituye, en cierto sentido, un aspecto especial de la política internacional tanto de comercio como de precios.

Los sistemas de comercialización y distribución influyen considerablemente en los beneficios que los países en desarrollo puedan obtener de su comercio de exportación. Las características técnicas de los sistemas de comercialización y distribución varían considerablemente según los diversos mercados de productos básicos. En algunos, las ventas en subasta son la característica fundamental, en tanto

³² Véase cap. 4 de esta tesis.

que en otros, una gran parte del comercio se realiza en virtud de contratos a mediano o largo plazo, o también puede tratarse de un comercio cautivo que se desarrolla dentro de una sola empresa o entidad financiera.

Una de las principales características de los sistemas de comercialización y distribución de los productos básicos de los países en desarrollo que ha prevalecido durante las últimas cuatro décadas, es el hecho de la creciente influencia de las grandes empresas transnacionales con domicilio en países desarrollados, las cuales hoy en día han llegado a controlar una gran proporción del mercado mundial de materias primas. Es más, en muchos casos, las empresas transnacionales a través de sus filiales se han dedicado a producir y no sólo comercializar productos básicos en los países en desarrollo, de manera que pueden transferirlos a la empresa matriz a precios menores, aumentando con ello sus utilidades globales.

"En el plano internacional el sistema de comercialización está dominado por las empresas manufactureras y mercantiles de los países desarrollados de economía de mercado, ya sean empresas transnacionales o grandes compañías comerciales".³³

Por lo general las empresas transnacionales que intervienen en el comercio de productos básicos de los países en desarrollo poseen un poder de negociación considerable, ya que sólo una de ellas controla toda una red de comercialización y distribución, limitando de este modo toda posibilidad a los pequeños vendedores que no tienen la capacidad de venta ni de cobertura comercial.

33 UNCTAD, Actes quinto período de sesiones. Doc. Of. TD/228 p.109.

En muchos mercados de productos básicos en los que dominan las empresas transnacionales, lo característico es que haya competencia en el mercado del producto final junto con una situación monopsónica de cada empresa en cuanto que éstas son compradoras del producto básico en forma total, es decir, la demanda de los productos básicos está dominada por un reducido número de empresas, en ocasiones una sola, que compra toda la producción del producto básico y luego ella se encarga de elaborarlo y distribuirlo en los mercados mundiales. Resultado de esto es que los precios se mantienen a niveles competitivos en los países consumidores, lo que beneficia a las transnacionales, en tanto que en los países productores de los productos básicos, los precios se mantienen a niveles sustancialmente bajos.³⁴ Esta situación de desigualdad en el poder de mercado, aunque bien, es producto de la evolución histórica y de la forma como se ha ido desarrollando el sistema capitalista; aún, los países en desarrollo no han podido superar su posición subordinada en la comercialización y distribución de sus exportaciones.

Otros sistemas de comercialización son las bolsas de productos básicos. Por ejemplo la bolsa del cacao, del algodón de Nueva York, entre otras, las cuales se establecen en los principales países consumidores, ejerciendo una gran influencia en las cotizaciones de los productos que manejan. El tipo de sistema de comercialización varía según las características específicas del producto que se trate. En este sentido, las "bolsas" pueden ser operativas para algún producto, mientras que para otros es mejor un sistema de subasta las cuales se celebran en los principales países productores y consumidores, tal es el caso de productos como el té y el tabaco.

³⁴ Véase: *Actas de la UNCTAD cuarto período de sesiones Doc. Of. TD/184 p.p. 10-13.*

Otra forma de comercializar es mediante grandes empresas, o bien por medio de monopolios estatales, que comercializan los productos cuya importancia comercial se refleja en una recaudación fiscal importante. Un mecanismo mas que permite regular de una forma más eficaz y amplia los mercados de productos básicos es el de la coordinación de los países productores por medio de asociaciones de productores, ya que éstas permiten contrarrestar el poder mercantil que ejercen las empresas transnacionales en varios mercados de productos básicos.³⁵

En el caso de los minerales, revisten gran importancia ciertos tipos de sistemas de comercialización. Un fenómeno notable en los últimos años ha sido el rápido crecimiento de las ventas hechas por empresas mineras de los países en desarrollo mediante contratos a largo plazo con empresas metalúrgicas de los países desarrollados. Este tipo de contrato a largo plazo pueden llegar a tener una vigencia de hasta veinte años, y en algunos casos aún más. Otra forma de comercialización de los minerales puede ser a través de transferencias hechas por minas de países en desarrollo a empresas matrices de países desarrollados.

Actualmente se mantiene la posición dominante de los países desarrollados respecto a la comercialización y distribución a través del poder de las empresas oligopolísticas transnacionales las cuales se integran de una red más compleja que incluye controles financieros, tecnológicos, de producción, de transportes, mercados y servicios, así como los canales de información y distribución constituyéndose de esta manera en verdaderos centros de poder económico. Esta situación de control por

³⁵ Cfr: UNCTAD Doc:Of.TD/184 p.11-13.

parte de las empresas transnacionales les permite manipular los precios de los productos básicos, sobre todo en aquellos casos en que no existe un precio de mercado fácilmente identificable perjudicando aún más la posición de los países productores.

Respecto a las bolsas de productos básicos o lonjas, de éstas casi han sido excluidos los países productores por lo cual, las grandes casas comerciales o los agentes, como controlan grandes porcentajes de los contratos futuros durante los meses de entrega, pueden manipular los precios en provecho propio. Así pues, los países en desarrollo no tienen relación directa con la bolsa y están a merced de la función de fijación de precios de ésta.³⁶

Es un hecho innegable que los problemas que subyacen a la comercialización y la distribución de los productos básicos requieren de una pronta atención dado que éstos participan de manera determinante en el establecimiento de los precios. Es necesario mejorar los canales de comercialización así como los de transporte para de este modo permitir a los países en desarrollo participar en la dinámica comercial y poder defender sus propios intereses en el marco de las transacciones internacionales y superar la situación de dependencia y subordinación de la que son objeto.

Acuerdos Internacionales.

La dinámica internacional que subyace al comercio de los productos básicos se enfrenta a graves problemas tanto de orden estructural como de organización, los cuales provocan una situación de desigualdad entre los países productores y consumidores, que generalmente son países en desarrollo y desarrollados

³⁶ Véase: UNCTAD Doc. Of. TD/228 ab. cit. p. 109-112.

respectivamente. Los problemas que imperan provocan que la brecha del desarrollo se haga cada vez más grande entre los países y por ende, los países en desarrollo, principales productores y exportadores de productos básicos se vean más limitados en su participación de la política mundial sobre comercio de productos básicos y menos beneficiados de su comercio, dada las condiciones de dependencia y subordinación a que están sujetos y cuyo efecto más obvio es la carencia de un poder real en los mercados.

Ante esta situación, la comunidad internacional ha intentado crear los marcos legales que regulen dicha actividad, buscando promover el desarrollo de los países mas atrasados. Para tal efecto ha promovido continuas negociaciones destinadas a establecer acuerdos multilaterales sobre el comercio de materias primas.

Los acuerdos internacionales pretenden ser los instrumentos mediante los cuales se logre un enfoque concertado para afrontar los problemas del comercio de productos básicos. Los objetivos que persiguen los convenios sobre productos básicos son:

" 1.- El de aumentar, o sostener los ingresos derivados de las exportaciones mediante acuerdos entre los productores, limitando la producción o las exportaciones o ambas a la vez.

2.- El de tratar de fomentar la estabilidad económica, tanto en los países productores como en los consumidores, evitando para ello las fluctuaciones excesivas de los precios y de las cantidades que entran en el comercio, pero sin pretender influir en las tendencias a largo plazo.

3.- *El de aminorar los problemas y perjuicios propios de la necesidad de reajustes a largo plazo en casos de constantes desequilibrios entre producción y consumo, particularmente en situaciones de escasa elasticidad de la oferta y la demanda.*

4.- *El de contrarrestar la contracción de los mercados que para los productores primarios suponen las medidas proteccionistas o los acuerdos preferenciales adoptados en los países importadores.*

5.- *El de servir de instrumentos para la formulación de planes intergubernamentales en materia de productos básicos de más amplio alcance, teniendo en cuenta tanto las transacciones de carácter comercial como las ajustadas en condiciones especiales, las políticas nacionales en materia de producción, precios y reservas, y la estrecha vinculación que guardan entre sí los problemas del comercio de productos básicos como comercialización, distribución y transporte y los programas de desarrollo*³⁷

Los convenios internacionales de productos básicos, son instrumentos a partir de los cuales se busca establecer un orden en el comercio mundial; sin embargo pese a las buenas intenciones por establecer un marco reglamentario a nivel internacional, los resultados hasta el momento han sido poco satisfactorios, ya que si bien los bienes o mercancías que integran la lista de productos básicos es muy extensa, el número de convenios celebrados es todavía muy reducido y más aún los que se encuentran en vigor son muy pocos.

³⁷ FAO, Roma 1965, "Acuerdos y Política Internacionales sobre Productos Básicos". Estudio sobre políticas de productos básicos. No.1 Programa de Estudios Especiales p.6.

En los últimos años, las negociaciones en torno a la comercialización de los productos básicos, precios, producción y consumo se han dado principalmente en el seno del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), y la Conferencia de Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), En estas instancias se han preparado varios grupos especiales para estudiar la situación de algunos productos básicos y tratar de establecer convenios específicos, sin embargo, en muchas ocasiones las negociaciones se han visto caracterizadas por el empantanamiento de las discusiones debido a la difícil tarea que resulta conciliar intereses tan disímiles que representa cada una de las partes contratantes, pues, por una parte se encuentra la postura de los países desarrollados y por otra la de los países en desarrollo.

Actualmente los convenios existentes son: El Convenio Internacional del Café, el del Cacao, el de Caucho Natural, el del Yute y productos del yute, y el del Azúcar, sin embargo para 1990, varios de estos convenios dejaron de estar en vigor tras la suspensión del sistema de contingentes de exportación en el Convenio Internacional del Café y de las disposiciones económicas del Convenio Internacional del Cacao, quedando de esta manera en vigor, sólo el acuerdo internacional del caucho natural. Los Convenios sobre el café y el cacao fueron prorrogados para renegociación. Si bien, los acuerdos internacionales no han logrado su cometido original si al menos han permitido cierta capacidad de maniobra para los países exportadores.

Otros instrumentos que existen para estudiar los problemas de los productos básicos, con miras a celebrar acuerdos en la materia son: El sistema de contingentes del convenio internacional del café, el Consejo Internacional de las maderas tropicales, el de productos lácteos, el de la carne, el Comité de problemas de productos básicos,

el Grupo Intergubernamental del arroz, el subgrupo sobre cueros y pieles, el Grupo Intergubernamental sobre la carne, el grupo sobre semillas oleaginosas, aceites y grasas, el comité de pesca, y los grupos intergubernamentales sobre el té, frutos cítricos, sisal y henequen, fibras duras, banano, y el grupo sobre el yute, el kenaf y fibras afines. Sin embargo ninguno de ellos ha logrado establecer todavía un convenio internacional, por el contrario, se ha observado que los aún vigentes se enfrentan a varios problemas. Las dificultades para lograr el funcionamiento de los diversos convenios no sólo son imputables a la propia esencia del acuerdo, sino fundamentalmente a los serios problemas que afectan a los productos básicos y la falta de una voluntad real de cooperación entre las partes involucradas en la dinámica comercial de dichos productos. No obstante este sombrío panorama se piensa que los convenios sobre productos básicos con mecanismos de estabilización siguen siendo el instrumento más aceptable para la cooperación internacional, a pesar de las dificultades que implica negociar nuevos acuerdos y renegociar los convenios vigentes, sin perder de vista la diversidad de variables que deben intervenir en la celebración del acuerdo, por ejemplo aspectos relativos con disposiciones económicas de carácter pleno o parcial, los convenios con disposiciones sobre investigación y desarrollo y promoción del mercado o simplemente grupos de estudio destinados a proporcionar estadísticas y reportes sobre la situación prevaleciente de cierto producto con miras a realizar un acuerdo futuro.

La problemática que subyace a los productos básicos es sin lugar a dudas demasiado compleja. Sin embargo las reflexiones anteriores nos permiten observar que no se trata sólo de un problema de precios, de acuerdos internacionales o de sistemas de comercialización lo que provoca la pobreza y el subdesarrollo de los países

productores de materias primas, sino que existen otros elementos más profundos, por lo que nuestro enfoque no debe limitarse al análisis de las condiciones del mercado y tampoco a la búsqueda de formulas ideales para el intercambio, sino profundizar en la situación de las estructuras productivas nacionales de estos países.

Es necesario observar que el atraso tecnológico y la baja productividad aunada a la poca capacidad de diversificación de la producción son factores que realmente inciden en el rezago de los países productores de productos básicos. Sin embargo el problema se agrava cuando se observa que la solución no sólo es industrializar y diversificar economías atrasadas, ya que para tal efecto es fundamental contar con las fuentes energéticas suficientes que respalden dicho desarrollo, en este sentido es donde la generación de energía como motor de desarrollo se convierte en una prioridad. Por todo ésto y por el continuo proceso de agotamiento de los hidrocarburos, otras materias primas energéticas empiezan a cobrar gran relevancia entre ellas, de las más importantes, tenemos al uranio cuyo análisis se desarrolla en los capítulos posteriores, desde la doble perspectiva de su potencial energético y su problemática como materia prima.

CAPITULO 2. EL URANIO

"¿Es correcto indagar tan profundamente los secretos de la naturaleza? La pregunta que debemos hacernos es si ésto beneficiará a la humanidad o si dicho descubrimiento resultará perjudicial. El Radio podría ser muy peligroso en manos de un criminal. Los descubrimientos de Alfred Nobel son característicos de este problema; los explosivos poderosos pueden ayudar a los hombres a lograr metas admirables, pero también pueden significar un medio terrible de destrucción en las manos de los grandes criminales que conducen a los pueblos a la guerra."
Pierre Curie.

Discurso de agradecimiento por el Premio Nobel. Estocolmo 1903.

El objetivo del presente capítulo es abordar, desde la perspectiva histórica, el estudio del uranio como un elemento químico que al paso del tiempo se ha convertido en una materia prima básica con carácter estratégico, y además, plantear las fases principales del ciclo del combustible nuclear, para de este modo poder establecer un panorama general a partir del cual podamos apreciar la importancia que dicho mineral ha logrado alcanzar en el momento actual. De tal manera, que al abordar la problemática de su comercio internacional (capítulo cuatro), tengamos ya claramente identificadas las diferentes formas en que se maneja el material, ya sea recién extraído de las minas, o con algún grado de elaboración, enriquecimiento o reprocesado, pues en cada una de estas fases el comercio del mismo adquiere características y dinámica particulares.

El uranio es un elemento químico radioactivo del grupo de los actínidos (familia de elementos cuyo número atómico va del 90 al 103, es decir más allá del Actinio), se encuentra ubicado en el grupo IIIb de la tabla periódica de los elementos. Su número atómico es 92, y es el elemento más pesado que existe en la naturaleza. Su uso más

importante hasta nuestros días es como combustible nuclear. No se trata de un elemento escaso ni raro, ya que se encuentra distribuido por la corteza terrestre en mayor abundancia que el cadmio, bismuto, mercurio, plata y yodo¹.

Algunos de los minerales de uranio más importantes son: la uranita, el carnotite, y el torbenite entre otros. Estos y otros minerales de uranio se utilizan como combustible nuclear ya que contienen una mayor cantidad de energía que cualquiera de los depósitos conocidos de combustible fósil. Una sola libra de uranio rinde tanta energía como tres millones de toneladas de carbón.

No obstante que el uranio fue descubierto desde 1789 por Martin Heinrich Klaproth, quien le puso ese nombre en honor del recientemente descubierto planeta Uranio (cuyo nombre de origen griego se refiere al Dios mitológico de los cielos), el metal sólo pudo ser aislado hasta 1841 por Eugene Melchior Peligot, mediante el proceso de reducción de tetracloruro de uranio (UCL 4) y potasio².

Henri Becquerel fue el primero en descubrir el fenómeno de la radiactividad del uranio en 1876. Actualmente se sabe que el uranio en su forma natural consiste en una mezcla de varios isótopos radiactivos³ en la siguiente proporción:

1 Véase: KATZ, Joseph J. *The Chemistry of Uranium*. New York, Dorar, Pub. 1970, 609p.

2 Véase: BELLE, J. *Uranium Dioxide: properties and nuclear applications*. Washington D.C., AEC 1974 726P.

3 Se denomina isótopo, a uno de dos o más especies de átomos que tienen el mismo número de protones en el núcleo (o el mismo número atómico), pero con número diferente de neutrones. Todos los isótopos de todos los elementos tienen el mismo número de electrones, e idénticas propiedades químicas, pero sus masas nucleares son diferentes por lo que poseen propiedades físicas distintas. Como la estabilidad nuclear está gobernada por la masa nuclear, uno o más isótopos de un elemento pueden ser radiactivos o fisionables, en tanto que otros isótopos del mismo elemento pueden ser estables. Un isótopo radiactivo de un elemento es aquel que al decaer se va desintegrando espontáneamente emitiendo radiaciones. Cit: HUNT, Daniel. Diccionario de Energía. Pub. Marcombo S.A. México 1979. GESSNER, HAWLEY. The Encyclopedia of Chemistry.

U 238	representa el 99.27 % de la mezcla
U 235	representa el 0.72 % de la mezcla
U 234	representa el 0.006 % de la mezcla.

TABLA 1

El uranio 238 tiene una vida media de cuatro mil quinientos millones de años; por su parte el uranio 235 cuenta con una vida media de tan sólo setecientos millones de años, al término de los cuales se convierte en plomo. El uranio en su forma natural es mucho más abundante en la naturaleza que otros elementos comunes; se le encuentra en una proporción 40 veces mayor que la plata y 800 veces más que el oro.

Aunque el uranio existe en grandes cantidades en la tierra, para fines energéticos el más útil es el isótopo U 235 que, como se puede observar en la tabla anterior, existe en una proporción mínima en la mezcla, por lo que para extraerlo debe de realizarse todo un proceso llamado ciclo del combustible nuclear, el cual incluye una fase de enriquecimiento.

El uranio, empezó a ser intensamente estudiado debido al amplio interés que despertó después de que Otto Hann y Fritz Strassmann descubrieron hacia finales de 1938 el proceso de fisión nuclear o partición del núcleo a partir de ser bombardeado con neutrones lentos, y por la aportación de Enrico Fermi que sugirió a principios de 1939 que los neutrones podían encontrarse entre los productos de fisión, lo que en consecuencia permitiría continuar el proceso con la llamada **reacción en cadena**. Leo Szilard, Herber Anderson y Jean Frederic con Joliot Curie, confirmaron estas ideas

ese mismo año.

Investigaciones posteriores mostraron que durante el proceso de fisión se liberan un promedio de 2.5 neutrones por átomo. Estos descubrimientos condujeron a la primera reacción nuclear autosostenida el 2 de diciembre de 1942 y posteriormente la primera prueba con una bomba atómica, realizada el 16 de julio de 1945 y la primera explosión nuclear durante la Segunda Guerra Mundial el 6 de agosto del mismo año. Posteriormente en 1955 se construyó el primer submarino de propulsión nuclear y en 1957 la primera central nucleoelectrónica en los Estados Unidos, aunque en 1954 la URSS ya había puesto en funcionamiento su primer reactor de potencia para producir electricidad⁴.

De la tabla periódica de los elementos al mercado mundial.

Reseña histórica del uranio.

Para poder entender cómo a través de las últimas cinco décadas el uranio se ha convertido en una materia prima de gran importancia, sobre todo por sus aplicaciones en el campo militar en un primer momento y posteriormente como fuente alternativa de energía (que es lo que nos interesa en el presente trabajo), resulta necesario esclarecer, aunque sólo sea de manera general, las condiciones históricas que hicieron posible el descubrimiento y aplicaciones de esa energía nuclear contenida en los átomos de uranio y otros elementos radiactivos, cuya existencia, era ya conocida desde antes de este siglo, aunque aun no se les había encontrado una utilidad práctica. En este

⁴ Cf. KATZ, Joseph J. *op. cit.* cap. 3 y CRAVEN, C.J. *Nuestro Mundo Atómico, La Historia de la Energía Atómica, Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, División de Información Técnica, Washington D.C. 1963.*

sentido, en la medida en que la ciencia y la tecnología han ido desarrollándose, paralelamente lo ha hecho la importancia del uranio y por consiguiente su comercio internacional.

El descubrimiento de la radiactividad y de los elementos radiactivos naturales en los últimos años del siglo pasado marcó el inicio de una serie de descubrimientos muy importantes que cambiarían la historia del mundo.

Fue necesario abandonar la vieja noción de que el átomo era una partícula simple e indivisible, la cual había dominado el pensamiento científico desde la época clásica de los griegos, por una idea más compleja sobre su estructura.

Ya hemos señalado que el descubrimiento del uranio se remonta al año de 1789, cuando Martin Heinrich Klaproth, científico alemán descubrió el nuevo mineral al separarlo de la pechblenda. A pesar de que desde entonces se encontró que sus propiedades químicas eran diferentes a las de los elementos conocidos, durante mucho tiempo se le consideró como un elemento de poca importancia que se utilizaba en muy raras ocasiones debido sobre todo, al desconocimiento que se tenía sobre sus posibles aplicaciones.

Tiempo después en 1818, Jöens Jakob Berzelius descubrió otro nuevo elemento al que llamó Torio, por haberlo separado de un mineral conocido como Toria, pero al igual que el uranio, el torio quedó considerado como un elemento más sin gran importancia. Ni Klaproth, ni Berzelius sospecharon que los elementos que habían

descubierto llegarían a ser tan importantes en el desarrollo del conocimiento de la ciencia y en el mismo devenir histórico de la humanidad, y mucho menos sospecharon que emanaran radiaciones por sí mismos⁵.

Transcurrió algún tiempo hasta que en 1896, en París, Antoine Henri Becquerel descubrió la existencia de unos rayos desconocidos para él que provenían de unas sales de uranio. Becquerel pronto se dió cuenta, que esas emanaciones provenientes de las sales de uranio no eran producto de una reacción química, sino propias del mineral. Becquerel pudo comprobar ésto al acercar dichas sales a placas fotográficas las cuales se velaban ante la presencia del mineral igual que cuando se les ponía en contacto con los misteriosos rayos X, recientemente descubiertos por W. Röntgen. Lo anterior le permitió concluir que las emanaciones uránicas eran independientes de la forma química en que se encontraba el elemento, en base a lo cual dedujo finalmente que se trataba de una radiación propia del uranio⁶.

A finales del siglo XIX Pierre y Marie Curie iniciaron una serie de investigaciones relacionadas con estos fenómenos, en su laboratorio en París. Marie empezó a estudiar la radiactividad de diversos compuestos naturales. Le interesaba investigar la posible existencia de otro elemento radiactivo en la naturaleza, y efectivamente se encontró con el Torio, pero como ya se mencionó, éste ya había sido descubierto por Berzelius años atrás. Cuestión interesante, las propiedades que ella encontró, fueron

⁵ Véase: BULBULIAN, Silvia. *La Radiactividad*. SEP México 1987 p.p.3-19.

⁶ Véase: BULBULIAN, Silvia. *Ob.cit.* p. 10-14.

descubiertas de manera paralela por el alemán Gerhard Schmidt. Los esposos Curie continuaron sus investigaciones hasta que descubrieron un nuevo elemento con propiedades radiactivas al que llamaron radio.

Con estos primeros descubrimientos Becquerel y de los esposos Curie, se iniciaba el largo camino que llevaría al descubrimiento del átomo en su concepción moderna. Esta concepción replanteaba el antiguo dilema de la constitución y propiedades específicas del átomo, superando aquella vieja noción griega, que veía al átomo como una partícula indivisible y con la que todavía trabajaban los físicos del siglo XIX.

Indagando sobre la constitución de la materia se tienen los estudios de Joseph Thomson, quien propuso en este siglo un modelo atómico. Posteriormente, Ernest Rutherford conjuntamente con Frederick Soddy propusieron una teoría que describía el proceso de la radiactividad y la explicaba en función del fenómeno del decaimiento radiactivo. En 1903 encontraron que el átomo ya no podía ser considerado como partícula indivisible, admitiendo que en el proceso de decaimiento un material radiactivo se transformaba en otros materiales⁷.

La radiación emitida por el uranio y otros elementos radiactivos resultó ser bastante compleja ya que estaba constituida principalmente por tres componentes a los que Rutherford les dió el nombre de radiaciones alfa, beta y gama, cada una de ellas con características específicas.

"Cada una de las radiaciones nucleares alfa, beta y gamma se caracteriza por su diferente poder de penetración en la materia. Las partículas alfa son frenadas

⁷ Véase: BICKEL, Lennard. *Story of Uranium: The Deadly Element*. Ed. Stein and Day, New York 1979 p.309 cap.2.

por una hoja de papel, que no les permite continuar su trayectoria, mientras que esta hoja sí permite pasar las partículas beta y la radiación gamma. Una hoja delgada de aluminio como de 1 mm de espesor deja pasar una pequeña fracción de la radiación beta y la totalidad de la gamma; una placa de plomo intercepta la radiación gamma, dejando pasar solamente una fracción de ella¹⁸.

Posteriormente a estas investigaciones siguió el descubrimiento de las partículas que componían el átomo, a las cuales se les dió los nombres de protones, neutrones y electrones dependiendo del tipo de carga eléctrica que poseían. Todas estas investigaciones de finales del siglo pasado y principios de éste fueron sentando las bases sobre las que se habría de fincar todo el desarrollo teórico posterior sobre el átomo y la radiactividad y que más tarde se aprovecharían en diversas aplicaciones tecnológicas, no todas ellas, desafortunadamente, de recuerdo grato para la humanidad.

Para 1912, ya se habían encontrado un gran número de materiales radiactivos. Sin embargo, aún no se tenía muy claro de que modo se podían clasificar en la tabla periódica propuesta por Mendeleev. Así que Frederick Soddy, sabiendo que el núcleo de un átomo radiactivo pierde peso y carga positiva al emitir una partícula alfa, o bien se mantenía casi sin cambio al emitir betas, estableció que la carga positiva que posee un núcleo es la que determina la cantidad de electrones necesarios para estabilizar un átomo. Con ésto, Soddy llegó a la conclusión que los diferentes materiales radiactivos no siempre se podían separar unos de otros por técnicas químicas, lo cual indicaba que eran partes de un mismo elemento. De este modo comprobó que existían elementos

¹⁸ BULBULIAN, S., Ob.Cit.p.46.

cuyas partes del núcleo eran diferentes, es decir átomos iguales con núcleos distintos y con propiedades diferentes. Soddy llamó a estos elementos isótopos. De acuerdo con la siguiente definición:

*"Todos los núcleos que tienen el mismo número de protones, pero con diversas combinaciones de neutrones, se llaman isótopos. Todos los isótopos de un elemento tienen la misma cantidad de electrones periféricos, y esta cantidad es igual al número de protones del núcleo"*⁹.

Como apuntábamos con anterioridad, el uranio que existe en la naturaleza está formado por varios isótopos radiactivos que son el uranio 234, el U 235 y el U 238. Todos ellos tienen 92 protones en el núcleo, pero el primero tiene sólo 142 neutrones, el segundo 143, mientras que el tercero tiene 146.

Los descubrimientos realizados durante la década de los treinta vinieron a incrementar la importancia del uranio y su utilización debido a su gran potencial energético. Entre los científicos más destacados de esa época tenemos a Frédéric e Irène Joliot-Curie, en Francia; Otto Hann, Lise Meitner, y Fritz Strassmann, en Alemania; y Enrico Fermi de origen italiano, emigrado a los Estados Unidos. Al estar trabajando en la producción de nuevos núcleos en forma artificial, estos científicos encontraron una reacción nuclear, que consistía en el rompimiento del átomo, lo cual producía una cantidad de energía sorprendente.

Las primeras partículas utilizadas para bombardear los núcleos atómicos y provocar la fisión o rompimiento de éste fueron las partículas alfa, que por estar

⁹ BULBULIAN, Silvia, Ob.Cit. p.37.

cargadas positivamente eran rechazadas por el núcleo. No obstante, el descubrimiento del neutrón por Chadwick, abrió nuevas posibilidades. Enrico Fermi fue de los primeros en considerar la posibilidad de bombardear los núcleos con neutrones, ya que, al no tener carga eléctrica, se convertían en el proyectil ideal para bombardear al núcleo.

El tipo de reacción producida por el bombardeo del núcleo con neutrones proporcionó la clave inmediata para la liberación de la energía atómica. Cuando el uranio se bombardeaba con neutrones, se producía una forma especialmente compleja de fisión. Otto Hann y sus colaboradores descubrieron que existía un proceso completamente diferente a todos los anteriormente estudiados en cuanto a la fragmentación del átomo de uranio. Observaron que éste, al ser bombardeado por neutrones se escindía en dos fragmentos densos.

Esa fisión del uranio suministró la clave para liberar la energía atómica, que ya Rutherford desde hacía treinta años, había previsto que existía contenida en el núcleo, aunque jamás pensó que podía llegar a utilizarse de manera práctica. El análisis científico puso de manifiesto que cuando un núcleo de uranio era bombardeado por un neutrón, se desprendían de él dos o tres neutrones durante el proceso, lo cual podía seguir produciendo nuevas fisiones, generándose así una reacción en cadena¹⁰.

"En 1939, los científicos empezaron a acumular uranio para someter a prueba las posibilidades de la reacción en cadena, en el mes de julio del mismo año se

¹⁰ Véase: BICKEL, Lennard Ob. cit. cap. 2.

desencadenó la Segunda Guerra Mundial y se impuso el secreto sobre los resultados de los trabajos realizados y logros obtenidos, pues se comprendió que esta energía atómica podía tener aplicaciones militares”¹¹

El profesor e investigador británico Chadwick, junto con Peierls y Frisch intuyeron la posibilidad de construir una bomba atómica altamente destructiva partiendo del isótopo ligero del uranio 235, siempre que se lograra separar del U 238 que era más denso. Se pensó en el U 235, ya que éste se fisiona más fácilmente que el U 238, en cambio éste último isótopo suele capturar neutrones sin producir la fisión, mientras que el U 235 por ser bastante más inestable, es decir, por encontrarse bajo una tensión natural próxima a la ruptura interna con un sólo neutrón que se le acerque puede provocar una fisión muy violenta. El único problema era, y sigue siendo, que éste no se encuentra en forma natural, sino que debe de obtenerse de la mezcla mayor que constituye el uranio natural, siendo la proporción de U 235 la más baja.

Es importante no olvidar en toda esta serie de descubrimientos, la decisiva aportación que hiciera Albert Einstein al conocimiento del átomo y de la materia en general, ya que si bien es cierto que ya antes Marie Curie, Rutherford, Soddy y otros investigadores habían podido observar que la energía que emitían algunos elementos provenía del núcleo, aún no habían podido definir el origen de esa energía. Dicha interrogante vino a ser resuelta por los estudios realizados por Einstein a principios del presente siglo al enunciar su tesis sobre la relatividad expresada en la ecuación $E = mc^2$ donde, la energía es igual a la masa por la velocidad de la luz al cuadrado. Esta relación que para muchos puede no decir nada, para los científicos de la época

11 POSTIGO, Luis. El Mundo de la Energía, Edit. Ramon Sopena Barcelona 1965 p.539.

fue el elemento que proporcionaría una pieza fundamental en el difícil rompecabezas de la energía nuclear, ya que esa ecuación demostró que la materia se podía transformar en energía y viceversa, lo que demostraba a su vez que una pequeña cantidad de materia se transforma en una cantidad asombrosa de energía, pues el valor de c es una cantidad muy grande y elevada al cuadrado se vuelve enorme.

"De acuerdo con Einstein, para obtener la energía equivalente a un miligramo de materia nuclear, se requiere la combustión de más de 2000 kilogramos de carbón".¹²

En el contexto internacional de la Segunda Guerra Mundial, todas las investigaciones en torno a la energía nuclear se mantuvieron en secreto de estado así, tanto Gran Bretaña, Estados Unidos, Alemania y hasta la entonces URSS principalmente, realizaban simultáneamente investigaciones para poder separar el U 235 del U 238 y poder fabricar la tan ansiada arma atómica. De esta manera el uranio, que es el material básico para la generación de energía atómica se fue convirtiendo en un recurso estratégico altamente codiciado para el desarrollo militar de las grandes potencias. En éste período se intensificó el proceso de exploración de yacimientos, así mismo el comercio de este mineral empezó a proyectarse como parte importante de las transacciones comerciales a nivel mundial.¹³

Este comercio era mantenido en secreto, y el uranio se empleaba fundamentalmente para el suministro de las bases militares, pero una vez terminada la Segunda Guerra Mundial se empezaron a realizar investigaciones, sobre la posibilidad

¹² BULBULIAN S. Ob.Cit.p.94.

¹³ Véase: CRAVEN C.J. *La Historia de Energía Atómica*. ob. cit.p.p.29-33.

de la aplicación pacífica de dicha energía en sectores no militares. Por ejemplo se pensó en su utilización como generador de energía eléctrica, sustituyendo al petróleo y al carbón, ya que como ya habíamos dicho, la energía contenida en un kilo de uranio equivale a la producida por la combustión de millones de kilogramos de carbón.¹⁴

El devenir histórico que enmarca la creciente importancia del uranio a nivel mundial abarca desde mediados del siglo pasado, hasta nuestros días, cobrando gran relevancia la serie de descubrimientos científicos previos a la Segunda Guerra Mundial, es decir la primera mitad del presente siglo. Hemos procurado reseñar dichos acontecimientos en lo descrito anteriormente, de manera general, ya que si bien nuestro objetivo no es explorar la historia completa y detallada del uranio con demasiados detalles técnicos, si es importante tener este marco histórico de referencia para poder comprender más cabalmente el porqué de la reciente importancia del uranio, (reciente desde luego, si se compara con otros elementos cuya historia es mucho más antigua, por ejemplo el cobre por mencionar solo alguno).

Si bien es cierto que como hemos venido repitiendo, el uranio es abundante en la tierra, no debemos de confundirnos pensando que es de fácil obtención y utilización ya que para poder aprovecharlo es necesario todo un proceso llamado ciclo del combustible nuclear que incluye varias fases que van desde la exploración de yacimientos hasta el reprocesamiento del material utilizado. Una de las fases de éste ciclo es el denominado enriquecimiento, proceso mediante el cual, el mineral en su forma natural es sometido a un tratamiento tendiente a concentrar la cantidad de U

¹⁴ Véase: BULBULIAN...*Ob. cit.* p. 97-98.

235. Ahora bien, por requerir de tecnologías de avanzada, no cualquier país puede llevar a cabo este proceso, y es en este ámbito del uranio enriquecido donde el comercio internacional adquiere una dinámica muy especial.

Ciclo del Combustible Nuclear.

El uranio es un recurso natural muy importante debido al potencial energético que posee. Este se encuentra en cantidades variables tanto en el suelo como en las rocas. En la corteza terrestre, los granitos contienen una concentración de uranio que varía de 2 a 6 partes por millón aproximadamente y una concentración de torio de tres a cinco veces mayor. Pero, el uranio no se encuentra distribuido de manera homogénea por el planeta, sino todo lo contrario, existen regiones en las que por distintas causas geológicas y geoquímicas, las concentraciones de los elementos radiactivos son muy altas.¹⁵

"El uranio se encuentra en la naturaleza como mineralización en areniscas, en rocas de conglomerados de cristales de cuarzo y en vetas, y, en más pequeña proporción, en otros tipos de depósitos. Hay reservas significativas de uranio en los Estados Unidos, Canadá, Africa del Sur, Australia, Francia y en otras partes del mundo. Los minerales de uranio de alta calidad contienen hasta 4% de uranio; pero las reservas conocidas de esta calidad han sido ya explotadas notablemente y ahora se trabajan grados de concentración diez veces menores, del 0.4% o menos, incluso se han señalado, para su explotación concentraciones más bajas, de hasta 0.01%".¹⁶

15 Véase: PATTERSON C. Walter, *La Energía Nuclear*. Biblioteca de Divulgación Científica. Orbis. España 1986 p.p. 97-100

16 PATTERSON C. Walter. Ob. Cit. p. 98.

Si bien el uranio como mineral se encuentra distribuido por la corteza terrestre en diferentes tipos de yacimientos su utilización no resulta tan sencilla, ya que para tal efecto el mineral debe de someterse a una serie de operaciones que se llevan a cabo para procesar y fabricar el combustible nuclear, utilizarlo en los reactores, recuperar materiales físi les del combustible irradiado y finalmente disponer de los desechos de la manera más segura posible. De esta manera, el ciclo incluye la fabricación del combustible nuevo para ser utilizado en los reactores, y el depósito temporal o definitivo de los residuos radiactivos. A todo este procedimiento se le llama "ciclo del combustible nuclear", el cual se inicia en la explotación y explotación de los yacimientos del mineral.

"El ciclo del combustible nuclear consiste en una serie de actividades industriales las cuales se pueden dividir en dos fases: La fase inicial que comprende aquellas etapas anteriores a la irradiación del combustible en las plantas nucleares, y la fase final que incluye las actividades concernientes desde la irradiación del combustible hasta el manejo de los desechos".¹⁷

De acuerdo a unos estudios recientemente elaborados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), se determinó, que el costo asociado con el ciclo del combustible nuclear es alrededor de 7-8 mils/kw.h, equivalentes al 22% del costo promedio total de la generación de electricidad por medios nucleares. Este costo se subdivide de la siguiente manera, entre las diferentes etapas que integran el ciclo:

¹⁷ IAEA Yearbook 1990 (IAEA) Vienna, Austria, 1990 p.23.

Fase Inicial	48.2 %
Exploración	11.4 %
Conversión	1.7 %
Enriquecimiento	19.8 %
Fabricación del combustible	13.8 %
Otros	2.3 %
Fase Final	51.8 %
Almacenamiento temporal del combustible quemado	13.0 %
Reprocesamiento	26.4 %
Depósito final de desechos	10.4 %
Otros	2.4 %

(Tomado de: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.23)

Exploración de Yacimientos.

El objetivo de la exploración es la localización de yacimientos adecuados los cuales puedan ser explotados comercialmente, en tiempos y costos razonables.

La búsqueda tradicional se iniciaba con detectores de radiación que señalaban la presencia del material, dichos detectores eran muy rudimentarios, sin embargo el avance tecnológico también ha modificado ésto al paso del tiempo; hoy en día:

"La exploración de uranio, comienza usualmente en el aire, buscando trazas anormales de radiactividad atmosférica ocasionada por los productos de desintegración del uranio. Los instrumentos aéreos buscan rayos gamma reveladores y otras evidencias de radiactividad".¹⁸

Sergio Ajuria, especialista mexicano del ciclo nuclear añade:

¹⁸ PATTERSON C.Walter Ob..Cit.p.98

*"El método tradicional de localizar yacimientos por prospección en superficie ha sido reemplazado en gran parte por el uso de técnicas geológicas, geofísicas, y geoquímicas. En particular, en la búsqueda de yacimientos de uranio se utilizan ampliamente la radiometría y la magnetometría aéreas. En menor escala se utilizan también la geoquímica y la hidrogeoquímica."*¹⁹

La exploración de minas de uranio, ha cambiado significativamente desde finales de la década de los setentas en función de los cambios ocurridos en el mercado de este mineral, los cuales muestran una correlación entre los gastos de explotación y el valor de los intercambios durante el período que va de 1972 a 1989.

La exploración de yacimientos, como toda actividad económica es una actividad incierta, respecto a que las posibilidades de éxito son muy reducidas y los gastos muy elevados. Según un estudio hecho por el Organismo Internacional de la Energía Atómica a principios de la década pasada:

*"de 100,000 anomalías, sólo 4,000 resultaron posibles yacimientos y de ellas solamente 700 lo fueron realmente"*²⁰.

Los sitios que se buscan preferentemente para explorar son lugares donde se detectan altos grados de concentración de uranio y se vislumbran costos reducidos de extracción. Actualmente, los mejores sitios que se han localizado para tal fin y que cubren dichos requerimientos son: en Australia, al este del Alligator River y las áreas de Rudall; en Canadá la zona de Athabasca y Thelon Basins en Saskatchewan, Alberta y el Territorio del Noroeste. Así mismo existen alguna otras regiones que si bien, no

19 AJURIA Garza, Sergio. *Proyectos Minero-Metalúrgicos para producción de concentrados de Uranio*, Tomo 1 México 1983. Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. p.55.

20 Citado por AJURIA G.Sergio Ob.cit.p.56.

resultan tan rentables como las anteriores, con una inversión un poco mayor pueden redituar niveles importantes de uranio, por ejemplo algunas zonas de sudáfrica y de centro y sudamérica.

Debe añadirse que el descubrimiento de un yacimiento puede llevarse de 2 a 5 años, desde el momento que se inicia el programa de exploración hasta que se confirma la viabilidad del yacimiento; además se requieren de 3 a 10 años adicionales para iniciar el proceso de explotación industrial. Como ya dijimos, los objetivos que se buscan en la exploración son la obtención de altos niveles de explotación a los costos más bajos posibles.

"El total de gastos de exploración realizados en 1987 y 1988 ascendieron a \$160 millones de dólares y \$140 millones de dólares respectivamente. Estos montos son equivalentes a 21% y aproximadamente 19% de lo que se alcanzó en 1979, que estuvo por encima de \$750 millones de dólares. Los gastos estimados para 1989 fueron similares a los de 1988, permaneciendo dentro de los \$140-160 millones de dólares, rango que caracterizó el período que va desde 1984.

Como años anteriores la distribución geográfica de los costos de exploración de uranio en 1989 fueron desiguales. Se estimó que el 94% del total fue gastado solamente en 5 países: Australia (13%), Canadá (32%), Francia (27%), India (11%), y EUA (11%); el 6% restante fue gastado por 12 países con un promedio de alrededor de \$0.6 millones de dólares cada uno, lo cual parece ser el presupuesto más bajo para proyectos serios de explotación. Aproximadamente

un tercio del total que se gastó en 1989 estuvo financiado por compañías mineras localizadas en países consumidores de uranio especialmente Francia, la República Federal de Alemania y Japón."²¹

Extracción.

La metalurgia extractiva del uranio comenzó a desarrollarse en la década de los cuarentas, cuando los Estados Unidos, a partir de sus requerimientos de uranio destinadas para el sector militar, intensificaron el desarrollo de la industria extractiva. Para la década de los ochentas, ya se habían desarrollado varios procesos industriales para la extracción y producción de concentrados de uranio.

Según hemos señalado, el mineral de uranio se encuentra ampliamente difundido por la corteza terrestre, en una concentración aproximada de dos a cuatro gramos por tonelada. Sin embargo, existen concentraciones superiores en ciertas zonas y ambientes geológicos. En términos generales para que se pueda considerar rentable la explotación comercial, hoy en día las minas deben de contener más del 0.05% de uranio como requerimiento mínimo, aunque existen otros yacimientos mucho más ricos que poseen hasta un 2% o 3% de uranio, o incluso existen algunas minas extraordinarias en las zonas de Canadá cuya concentración llega a ser de hasta un 20 %.

"Los minerales de uranio se extraen por medio de técnicas de cielo abierto y subterráneas. La magnitud de las minas de uranio varía dentro de una amplia gama con una producción que va desde 50 toneladas de mineral por día, en el

21 IAEA, Yearbook 1990 Ob. Cit p 24.

*caso de minas pequeñas independientes, hasta 40,000 toneladas diarias en el caso de las minas a cielo abierto, por ejemplo la de Rossing en Namibia. Existen minas subterráneas a profundidades entre 30 y 1000 metros, mientras que las minas a cielo abierto pueden tener hasta 150 metros de profundidad"*²²

*"Las 250 toneladas de uranio natural necesarias para alimentar un reactor de agua ligera de 1000 MW, a pleno rendimiento durante un año se extraerían de unas 125,000 toneladas de mineral procedentes de una mina subterránea típica, o de aproximadamente la mitad de dicha cantidad si se trata de minerales más ricos procedentes de algunas de las nuevas minas a cielo abierto que se están poniendo en explotación en Canadá, y en Australia. En el caso de otras minas a cielo abierto, cuyos costos de explotación permitan tratar minerales de grados de concentración más bajos se necesitarían hasta 250,000 toneladas de mineral."*²³

Una vez que ha sido extraído el mineral es llevado a una serie de molinos trituradores que lo pulverizan hasta convertirlo en una especie de arena fina. Posteriormente dicha arena es sometida a un tratamiento con soluciones químicas que disuelven el uranio, dando como resultado una mezcla de óxidos llamada corrientemente "pastel amarillo" (yellow cake), el cual contiene un 85% de uranio en peso y el resto en arenas residuales. Una mina de uranio y el molino asociado pueden producir unas 1000 toneladas de uranio al año a partir de por lo menos 250,000 toneladas de mineral.²⁴

22 C.F.E. ¿Qué es el Ciclo del combustible nuclear?. Folleto publicado por la C.F.E. 1990.

23 OIEA. La Energía Nucleoeléctrica, el Medio ambiente y el Hombre. Folleto publicado por el OIEA Viena 1985 p.p.15-18.

24 Véase: PATTERSON C. Walter Ob.Cit.P.99.

Las actividades de refinamiento y conversión del ciclo del combustible nuclear están estrechamente vinculadas con las actividades de extracción; dichas actividades muestran relativamente pocos cambios en 1989 si se comparan con 1988. Este sector continúa siendo afectado por una sobreoferta como consecuencia de las proyecciones hechas previamente que sobreestimaron a la demanda.

La capacidad de extracción y conversión de WOCA para 1990, (hasta 1990 se mencionaba con estas siglas a The World Outside Centrally Planned Economies Area, es decir todos los países excepto los del bloque socialista, sin embargo debido a los cambios ocurridos en los últimos años, esta designación dejó de tener vigencia, aunque se hace la referencia por que el material consultado así lo maneja) fue de alrededor de 55,000 toneladas de uranio anuales (t Ua) distribuidas de la siguiente manera: Canadá (CAMECO 8,000 t), Francia (Comurhex 14,000 t), El Reino Unido (British Nuclear Fuels 9,000 t), y los Estados Unidos (Allied-Signal Corporation 13,000 t y Sequoyah Fuels Corporation 10,000 toneladas). La capacidad restante de alrededor de 1,000 t. está localizada en Brasil con 500 t, Japón con 200 t, y Sudáfrica con 300 t.²⁵

Para 1989, la demanda de extracción, conversión y refinamiento estuvo estimada alrededor de 42,000 t, de las cuales el 85%, fue suministrado por las compañías mineras mencionadas arriba y el restante por fuentes nacionales, corredores profesionales o por recursos de países del ex-bloque socialista.

Actualmente, el mercado continúa bajo presión debido a la sobreoferta, producida por una capacidad de producción mayor a las necesidades internacionales, lo que ha

25 Véase: IAEA Yearbook 1990 Ob. Cit. p. 28.

provocado como consecuencia que los precios continúen descendiendo incluso a un nivel por debajo de los \$4-6 dólares Kg.de U en su forma natural y por debajo de los \$ 18-25 dólares Kg.U en su forma ya reprocesada.²⁶

En 1982, la producción mundial de uranio fue de cerca de 40,000 toneladas de las cuales la mitad aproximadamente procedía de extracción subterránea, y la otra mitad de minas a cielo abierto, mientras que para 1990, la producción descendió a poco más de 30,000 toneladas²⁷. En el contexto de la actual crisis ambiental resulta importante destacar que, en comparación con otras industrias extractivas, la industria del uranio ocasiona pocas alteraciones ambientales en términos de la cantidad de material extraído, de la superficie ocupada, de los recursos consumidos y de los desechos producidos. Una vez extraído el mineral se beneficia y se refina hasta convertirlo en un concentrado, proceso denominado enriquecimiento de mineral.

Enriquecimiento de Uranio.

El llamado proceso de enriquecimiento de uranio consiste en una serie de procedimientos a partir de los cuales se logra separar al isótopo U 235 del total de la mezcla para poder utilizarlo en la generación de energía, este proceso de enriquecimiento es uno de los más complejos y para el que se requiere de una tecnología muy especializada, la cual sólo es manejada por muy pocos países.

Como ya se indicó, la mezcla del material de uranio está constituida por varios radioisótopos (U234,U235,U238) sin embargo el U235 es el que se necesita en una proporción mayor, por tanto se requiere incrementar su nivel de concentración

²⁶ Véase:Capítulo 4 de esta tesis

²⁷ Cfr. URANIUM INSTITUTE, *Uranium in the New World Market. Supply and Demand 1990-2010*, London Dec. 1991.

"No es fácil realizar este incremento en la concentración del isótopo 235. No puede hacerse por medios químicos ya que el U235 y el U238 son idénticos químicamente. Sólo su diminuta diferencia en masa (tres unidades en el isótopo 235) puede usarse como base para la separación. Hay varios fenómenos físicos en las que esta diferencia de masa produce una diferencia medible en el comportamiento de los dos isótopos".²⁸

Para los reactores que utilizan uranio enriquecido, el concentrado, obtenido a partir del beneficio y refinamiento a que fue sometido, debe transformarse en hexafluoruro de uranio, que es el producto gaseoso que sirve de material de alimentación a las plantas de enriquecimiento. Las plantas de conversión utilizan procesos de fluorinación con este objeto.

En las plantas de enriquecimiento se realiza la separación isotópica del uranio 235 y el uranio 238, que contiene el uranio natural. Esta separación tiene por objeto separar los diferentes isótopos que componen el uranio además de incrementar de 0.72% a 2 o 3 % la concentración de uranio 235 en el hexafluoruro de uranio alimentado a la planta. Sólo en el caso del material requerido con fines bélicos se requiere de concentraciones superiores al 90%.

Hoy en día, el uranio se enriquece comercialmente por los procesos de difusión o centrifugación gaseosa, por lo que es indispensable utilizar el hexafluoruro de uranio UF_6 , que es el único compuesto estable del uranio.

28 PATTERSON C. Walter Ob.Cit. p.101.

El uranio natural se envía en forma de diuranato de amonio o de sodio a las plantas industriales de conversión, donde inicialmente se convierte en UO_2 , para luego ser hidrof fluorinado y transformado en UF_4 , que finalmente se hace reaccionar con fluor gaseoso y obtener finalmente UF_6 .

La separación isotópica del UF_6 por difusión gaseosa consiste en bombardear este compuesto de uranio a través de una membrana porosa que favorece la difusión selectiva del uranio 235 y 238.

El otro proceso de enriquecimiento a partir de la separación isotópica del hexafluoruro de uranio UF_6 , es el llamado de centrifugación gaseosa, el cual consiste en bombardear este compuesto de uranio dentro de un cilindro que gira a muy altas velocidades periféricas, a más de 400 m. por segundo. En este procedimiento se provoca el empobrecimiento de la fracción de uranio que se desplaza a la periferia del cilindro, debido a la aceleración centrífuga que sufre el gas, pero por otra parte se enriquece la fracción de uranio que permanece cerca del eje. Ciertamente, el proceso mediante el cual se logra realizar la separación isotópica no es tan sencillo como podría parecer por lo señalado anteriormente; éste requiere como ya se señaló, de una tecnología muy avanzada que incluye complejas cuestiones técnicas que se decidió omitir por no constituir parte central de la presente investigación.²⁹

Actualmente los servicios de enriquecimiento de uranio proporcionados a los países del llamado WOGA están controlados por cinco oferentes: El departamento de energía de Estados Unidos (DOE), Eurodit de Francia; Techsnabexport de la Ex-URSS, Urenco del Reino Unido y CNEIC de China.

²⁹ Véase: *¿Qué es el ciclo del combustible nuclear?* Folleto publicado por la C.F.E. 1988.

El DOE, Eurodif, The China Nuclear Energy Industry Corporation (CNEIC), y una parte de Techsnabexport aplican el proceso de difusión gaseosa mientras que la otra parte de la planta de Techsnabexport y Urenco utilizan el proceso de centrifugación³⁰.

*"Actualmete la capacidad instalada en el mundo occidental para enriquecer uranio, es de 34,000 toneladas anuales de trabajo separativo. Adicionalmente la Ex-Unión Soviética tiene una capacidad disponible para exportación que se estima en 3,000 toneladas, los Estados Unidos tienen instalada una capacidad adicional de 7,700 toneladas anuales"*³¹.

La demanda de uranio enriquecido por parte de los todos los países, excepto los que configuraban el bloque socialista, en 1989 estuvo estimada en alrededor de 26 MSWA (1 MSWA = 10⁶ unidades de trabajo separativo), lo cual representa aproximadamente el 70% de la capacidad total disponible de 38.1MSWA/a. Esto ha afectado los precios del uranio enriquecido en los últimos años, ya que la producción sobrepasa los requerimientos de la demanda, así mismo, se piensa que otra influencia negativa para los precios ha sido el hecho que tanto la planta Urenco como la CNEIC de China han venido abasteciendo la demanda y ofertando servicios de enriquecimiento a precios artificialmente bajos. Adicionalmente a esta situación se debe agregar el hecho que Urenco y Eurodif están en una etapa de importantes cambios tecnológicos en materia de enriquecimiento y reprocesamiento en sus plantas de difusión gaseosa y centrifugación que provoca una baja adicional en los precios y en las ventas del material enriquecido³².

30 Véase: OIEA *Yearbook 1990* Ob. Cit. p. 28-29.

31 C.F.E. ¿Qué es el ciclo del combustible nuclear?, Folleto publicado por la C.F.E. México 1988.

32 Véase: IAEA *Yearbook* Ob. cit. p. 28.

Debido al incremento, aunque paulatino pero constante, en la utilización del uranio como fuente alterna de energía, varios países se encuentran investigando nuevos posibles mecanismos para hacer la separación del U 235 de la mezcla del mineral, intentando que éstos requieran menores inversiones, ya que una planta de enriquecimiento, en las condiciones actuales, representa una inversión muy elevada. Uno de los nuevos mecanismos que se están investigando es a través de la utilización de láser. La técnica consiste en irradiar vapores de uranio metálico con radiaciones láser de cierta frecuencia, la cual excite selectivamente los átomos del uranio 235 en un sólo paso. Esto implica que se podría construir una instalación de enriquecimiento de uranio por láser con menos inversión de capital y con muy reducidos consumos de energía por unidad de trabajo separativo.

El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), ha calculado recientemente que para la construcción de una planta de enriquecimiento por láser con una capacidad de 3 MSWA anuales, se requiere de una inversión de aproximadamente \$ 600 millones de dólares con un costo de producción de US\$81/SWU, comparado con las estimaciones previas que oscilan entre US\$25-50/SWU. Esto demuestra que la aplicación de métodos por láser resulta más costosa y por ende en el momento actual resulta poco redituable en términos económicos³³.

Fabricación de elementos combustibles

La fabricación del combustible para reactores es un proceso industrial igualmente complejo, que está regulado por altos niveles de control de calidad y seguridad para así garantizar que se cuenta con un alto grado de pureza en los materiales, con el

33 Véase: IAEA *Yearbook 1990* Ob. cit. p. 29.

objetivo de mantener libres de toda impureza los instrumentos evitando que en cualquier momento el uranio pueda absorber neutrones que impidan o retrasen la elaboración del combustible.

El proceso de fabricación de los elementos combustibles, se inicia con la conversión química del hexafluoruro de uranio enriquecido (previo proceso de obtención), en dióxido de uranio en polvo. Este polvo se prensa para darle la forma de pastillas (similares a las aspirinas de uso común) a las cuales se les dan diversos tratamientos térmicos y metalúrgicos.

El proceso continúa con la carga de estas pastillas en tubos de aluminio-zircaloy previamente cortados y sellados por la parte inferior. Estos tubos son soldados y se someten a varias pruebas de control de calidad. Sin embargo, antes de que las pastillas sean colocadas en su interior, los tubos se someten a un proceso de degasado a alta temperatura que elimina el aire y la humedad en el interior. Una vez colocadas las pastillas en el interior de los tubos, éstos se ensamblan para finalmente ser colocados dentro de un reactor.

Cabe señalar, que las operaciones de fabricación del combustible no implican serios problemas de seguridad radiológica, ya que en esta etapa los niveles de radiación son realmente muy bajos. La situación cambia cuando los ensambles son colocados en la planta y se les bombardea para iniciar su quemado. En este momento es cuando el uranio alcanza su máxima capacidad radiactiva hasta que deja de ser útil a la planta convirtiéndose con ello en uno de los principales problemas a los que se ha tenido que enfrentar la industria nuclear, es decir en desechos radiactivos que tienen vidas medias variables, así como diferentes niveles de emisión de radiactividad.

Tratamiento de desechos o residuos radiactivos.

La gestión de los desechos radiactivos es uno de los puntos más controversiales a los que se enfrenta la industria nuclear a nivel mundial dadas las características específicas de éstos. Sin embargo, para ubicar el problema en su justa dimensión es preciso conocer que son los desechos, cuántos se producen realmente y las diferentes formas en que son procesados y manejados.

"La cuestión de los desechos parece ser el talón de Aquiles de la industria nuclear a nivel planetario. Por más campañas informativas que se han hecho, la experiencia acumulada por espacio de ya más de un cuarto de siglo nos sugiere que, sin importar el cúmulo de datos que se puedan proporcionar a la gente para tratar de tranquilizarla ofreciendo garantías sobre su seguridad, la sola idea de que pueden existir sustancias "terriblemente tóxicas" con un enorme potencial destructivo que perdura durante milenios representando un riesgo de contaminación al ambiente y/o a la salud del hombre, tiene un impacto mucho mayor que cualquier clase de razonamiento encaminado a demostrar lo contrario"³⁴.

Durante el funcionamiento de casi todas las instalaciones del ciclo del combustible nuclear se generan desechos y afluentes radiactivos que son muy variables en cuanto a composición, volumen y nivel de emisión de radiaciones.

Los desechos procedentes de las operaciones de extracción y trituración del mineral contienen sólo bajas concentraciones de materiales radiactivos similares a los

³⁴ SARQUIS R. David J. "Los Desechos en las Centrales Nucleares ¿de qué tamaño es el problema?". Publicado en Información Nuclear Vol. V No. 4 ININ México 1992.

presentes en la naturaleza, el problema con este tipo de desechos es que se producen en grandes cantidades los cuales son evacuados cerca del emplazamiento en que se originaron.

*"Los materiales permanecen radiactivos a través del enriquecimiento, la fabricación del combustible y del transporte, pero su actividad no es especialmente intensa; sin embargo, ésta cambia dramáticamente cuando se encuentran dentro de un reactor en funcionamiento"*³⁵.

Los materiales que resultan por el funcionamiento de los reactores son los que realmente poseen altos niveles de radiactividad y son los que más preocupan a la población en general.

Los desechos radiactivos son mezclas de radionucleidos de diferentes períodos de decaimiento. Los de radiactividad elevada se desintegran más rápidamente. Existen otros tipos de desechos los cuales permanecen radiactivos por largos períodos de tiempo, tales como el plutonio que tiene un período de semidesintegración de alrededor de 24,000 años.

*"El uranio, con un período de semidesintegración de 4,500 millones de años, se desintegra continuamente para formar radio que tiene un período de semidesintegración de 1,600 años. El radio es aún más tóxico que el plutonio. Tanto el uranio como el radio han estado siempre presentes en el medio ambiente natural y en general, no se considera que representen un peligro inaceptable"*³⁶.

35 PATTERSON C. Walter ob.cit.pag.112.

36 OIEA. La Energía Nucleoeléctrica, el Medio ambiente y el Hombre. Folleto publicado por el OIEA. Viena 1985 pag.25.

Lo que resulta realmente peligroso para el ser humano y la naturaleza en general no es el uranio en su forma natural, sino el isótopo radioactivo U235, que es la base de la industria nuclear, el cual se obtiene a partir de un procedimiento específico de enriquecimiento que sólo con una tecnología de avanzada se logra obtener. En este sentido se puede observar que la radiactividad en altas dosis sólo se logra generar con la participación directa del hombre y de la tecnología que éste mismo ha creado.

La contención hasta por 1000 años está perfectamente asegurada ya que se ha comprobado que la resistencia a la corrosión de diversos metales y materiales está garantizada. Hay pruebas geológicas de la estabilidad a largo plazo de materiales como ciertos tipos de vidrio y cemento.

"Desde el punto de vista de los materiales, se tienen ya identificados algunos como el circonio y el feldepasto que pueden contener materiales radiactivos sin permitir su dispersión durante períodos prolongados...Adicionalmente, la tecnología moderna se ha ocupado de estudiar otros procesos y materiales para la contención de los desechos: la vitrificación y la creación de la llamada roca sintética son sólo dos ejemplos de tecnología que actualmente ya se encuentra en uso"³⁷.

En la actualidad existen básicamente dos formas de percibir el manejo del combustible irradiado en los reactores. Estas comprenden el almacenamiento temporal o permanente del combustible gastado; y el reprocesamiento de éste en reactores térmicos o de cría. La adopción de una u otra alternativa depende, de varios factores que incluyen aspectos políticos, económicos, sociales y otros. Desde un punto de

37 SARQUIS, David. Ob.cit.p.3.

vista puramente económico, tomando en cuenta la actual baja de precios de uranio, los beneficios del reprocesamiento son realmente pequeños por lo que se opta por el almacenamiento ya sea temporal o definitivo, sin embargo dicha opción exige otra serie de consideraciones técnicas y ecológicas³⁸.

Los desechos radiactivos pueden clasificarse en residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Estos pueden ser de alta, media o baja intensidad, es decir la cantidad de radiación que emiten, y de larga, media o corta vida media. La vida media debe de entenderse como el tiempo que tarda cierta cantidad de material radiactivo en perder la mitad de su actividad.

Los residuos sólidos son materiales que sufrieron contaminación radiactiva durante los trabajos normales de operación y mantenimiento tales como: herramientas, ropa, equipo de trabajo y principalmente los ensambles de combustible que fueron extraídos de los reactores una vez que ha terminado su vida útil. Los primeros, por lo general, son de baja intensidad y de corta o media vida media; mientras que los últimos contienen una gran diversidad de isótopos radiactivos de elevada intensidad que pueden ser de corta, media o larga vida media.

Los residuos líquidos y gaseosos son generalmente de baja intensidad y de media o corta vida media. Respecto a los primeros podemos mencionar algunos desechos químicos y agua que generalmente sirven para contener a los residuos sólidos (ensambles). Los desechos líquidos y gaseosos son recogidos cuidadosamente y

38 Véase: Yearbook 1990 IAEA Ob.cit. p.p.31-32.

sometidos a un proceso de filtrado mediante filtros de resinas de intercambio iónico que retienen las partículas radiactivas. Posteriormente pueden ser descargados al exterior, previa verificación de que su nivel radiactivo no altera el medio ambiente.

Como ya se mencionó, el almacenamiento del combustible quemado puede hacerse de manera temporal o definitiva. Actualmente sólo existen instalaciones y disponibilidad para el almacenamiento temporal. Aunque ya Canadá, Suiza y Estados Unidos han optado por el almacenamiento final, las instalaciones existentes no son suficientes todavía y se calcula que entre los próximos 30 a 50 años deberán de construirse los depósitos necesarios.

"En 1989, la cantidad que se produjo de combustible quemado fue aproximadamente de 9000 T HM (hot materials), dando un total acumulado de alrededor de 70 000 T HM"³⁹.

La fase inicial en la manipulación de desechos radiactivos consiste en almacenar el concentrado líquido procedente de las plantas de reelaboración en tanques de acero de varias paredes, dotados de tuberías especiales llamadas serpientes refrigerantes. En Francia, y próximamente en el Reino Unido, se está empleando un método que consiste en la solidificación de los desechos líquidos por medio de su incorporación en vidrio por procedimientos químicos. Los bloques de desechos vitrificados, se precintan en envases de acero, y se almacenan de 50 a 100 años en piscinas o en almacenes con aire refrigerado. Después de este tiempo su producción de calor es lo suficientemente baja como para permitir que los bloques sean enterrados en depósitos

39 IAEA Yearbook 1990 Ob.cit p.32.

subterráneos profundos. Cuanto más largo sea el almacenamiento de los desechos solidificados en la superficie, más baja será su actividad y su nivel de generación de calor.

Al momento que se para un reactor para la descarga del combustible irradiado (desechos sólidos), cada ensamble produce 270 kw de calor residual debido al decaimiento radiactivo de los productos de fisión, después de un día se reduce a 21 kw y al cabo de un mes a 7 kw; al cabo de un año, el calor residual ha descendido a sólo 0.94 kw.

Para disipar el calor residual, como ya se mencionó, el combustible se almacenará inicialmente en albercas que tienen capacidad para 1240 ensambles aproximadamente, éstas se encuentran ubicadas en el piso de recarga de los edificios de los reactores donde las condiciones de contención, extracción de calor y vigilancia radiológica son tales que no representan ningún riesgo.

Las instalaciones para el almacenamiento del combustible gastado están localizadas cerca del reactor (AR), principalmente para almacenamiento temporal o en sitios centralizados fuera del reactor (AFR), los cuales pueden incluir instalaciones para almacenamiento temporal o final.

"Por lo que respecta al medio de almacenamiento, existen actualmente dos formas básicas: almacenamiento bajo condiciones húmedas (piscinas) y bajo condiciones secas en cuevas o sótanos, silos cascos de metal o concreto o pozos secos"⁴⁰.

40 IAEA Yearbook 1990 Ob.cit.p.33.

Al término de los primeros diez años de almacenamiento, la potencia de los ensambles baja a 0.14 kw y al cabo de cien años se reduce a sólo 0.018 kw después del período inicial de almacenamiento se puede decidir adoptar cualquiera de las múltiples opciones técnicas existentes, entre las principales: la primera es considerar al combustible irradiado como residuo de alto nivel radiactivo y, después de acondicionarlo y encapsularlo en contenedores herméticos inoxidables, evacuarlo por tiempo indefinido en formaciones geológicas profundas estables, fuera de todo contacto con la biósfera. El mejor sitio que se ha encontrado para este tipo de depósitos son formaciones de rocas estables libres de aguas freáticas, lo cual representa poco peligro en caso de una fuga en los contenedores. Un tipo de formación geológica adecuado para tal efecto. lo constituyen los filones salinos profundos (cuya sola existencia es la mejor garantía de la ausencia de corrientes de agua) que resultan interesantes por las características propias de la sal, ya que ésta posee una buena capacidad de absorción de calor y es plástica, por lo que si llegasen a formarse grietas éstas se cerrarían por sí solas. Además como precaución adicional se ha sugerido que los recipientes que contengan desechos se cubran a su vez con vainas de plomo o de cobre y un embalaje exterior de titanio.

Otra opción es almacenar el combustible irradiado por períodos más largos, de 30 o 50 años, ya sea en albercas de la propia central nuclear o fuera de ella en un almacén regional al cual se enviaría el combustible quemado de varias centrales nucleoelectricas. Posteriormente podría decidirse si es tratado como residuos radiactivos de alto nivel y se confina en forma definitiva con los procedimientos anteriores o bien se reprocessa.

La última opción es precisamente la de reprocesar de inmediato o en forma diferida el combustible irradiado, para separar los productos de fisión y recuperar el uranio y el plutonio residuales. Estos se pueden usar como materia prima nuevamente para la fabricación de nuevos combustibles de recarga para la misma central.

La técnica más común para el tratamiento de los residuos de alto nivel provenientes de la etapa de reprocesamiento, es el confinamiento en vidrios de borosilicatos, cuya tasa de lixiviación (entendiendo por ésto la acción de disolver en agua una sustancia alcalina) es muy pequeña. Después se encapsulan en contenedores herméticos de acero inoxidable, que se depositan a gran profundidad en formaciones geológicas estables.

"Los científicos ya han iniciado la búsqueda de lo que ellos llaman los "análogos naturales" y éstos vendrían a ser sitios que contienen concentraciones elevadas de uranio natural desde hace miles de años. La idea básica es que si dichos lugares han podido contener ese material radiactivo, sin permitir su dispersión desde hace ya varios milenios, es altamente probable que puedan seguir haciéndolo durante algunos más. Entre los sitios más importantes que ya se están estudiando para este propósito destacan: Aligator River en Australia, Oklo en Gabón, Pocos de Caldas en Brasil, Apache Leap en Nuevo México y Peña Blanca en Chihuahua México"⁴¹.

En ciertos países, los desechos de baja actividad como son los desperdicios de ropa, materiales de laboratorio y de hospitales, así como el equipo industrial ligeramente

41 SARQUIS, David. ob.cit.p.4.

contaminado se entierra en trincheras revestidas de hormigón (piedra menuda y mortero que en ocasiones se acompaña de un armazón de alambre y barras de hierro), que luego se cubre con una capa de tierra.

"También es posible verter tales desechos al mar. Esta práctica ha sido recientemente atacada por los grupos ecologistas, pero es necesario observar la cantidad de radiactividad que poseen, la cual es insignificante comparada con la radiactividad natural de los océanos. Comparado con los problemas que puede crear esta situación de contaminación natural, casual, accidental o deliberada de los mares, se puede sostener que el vertimiento planeado de desechos nucleares de actividad baja, cuidadosamente embalados y contenidos en bidones recubiertos de hormigón, en zonas de aguas profundas remotas y especialmente seleccionadas, es una práctica prudente"⁴².

Los países involucrados en los aspectos internacionales relacionados con los desechos radiactivos y la no-proliferación nuclear, y los países que no pueden solucionar localmente sus problemas de desechos de bajo, medio y alto nivel tienen algunas opciones para la localización de depósitos destinados al almacenamiento final; entre las principales opciones hay que mencionar que se puede recurrir a otros países que cuenten con programas de energía nuclear, con los que se podría buscar el establecimiento de algún tipo de acuerdo sobre gestión de desechos. Otra opción es establecer depósitos de materiales radiactivos en países que aunque no cuenten con

⁴² La energía nucleoelectrónica..OIEA Ob.cit.p.30.

programas nucleares, permitan a través de la negociación, el establecimiento de dichos depósitos en su territorio, o bien se pueden identificar áreas internacionales destinadas para tal efecto o bien utilizar depósitos de los fondos marinos.

Ante las posibilidades anteriores existe gran controversia entre los países implicados ya que no se ha podido llegar a ningún acuerdo definitivo puesto que la adopción de cualquiera de estas políticas representa ciertos riesgos, así mismo al asumir alguna se adquieren también compromisos con la sociedad civil y con el medio natural mundial.

La cuestión del manejo y gestión de desechos radiactivos ha sido y continúa siendo un problema de magnitud internacional. El interés público ha propiciado con frecuencia la adopción de decisiones en los niveles nacional, gubernamental e internacional, sin embargo no se ha logrado adoptar medidas que realmente den solución al problema.

"En lo que a instrumentos internacionales se refiere, aún no existe un código, guía o convenio alguno sobre el movimiento internacional transfronterizo de desechos radiactivos. En cambio desde hace algún tiempo se vienen realizando esfuerzos a nivel internacional a fin de establecer normas y procedimientos sobre este tópico"⁴³.

Pese a todos los esfuerzos de la comunidad internacional por crear una reglamentación internacional sobre el manejo y gestión de desechos radiactivos, a lo que más se ha llegado es al establecimiento de un Convenio Mundial Sobre el Control

43 Boletín OIEA VOL.32 No.4 1990 Viena Austria p.29.

de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos, celebrado bajo los auspicios del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que se firmó el 22 de marzo de 1989 en Basilea; el cual no ha entrado todavía en vigor ya que se espera la ratificación de, por los menos 20 Estados. Por otra parte en septiembre de 1990 fue aprobado un código de prácticas sobre movimientos transfronterizos de desechos radiactivos por la Conferencia General del OIEA. Sin embargo pese a estos esfuerzos el problema de los desechos radiactivos a nivel mundial continúa siendo el "talón de Aquiles" de la industria nuclear.

El problema a nivel mundial es realmente muy complejo por la serie de implicaciones tanto políticas como sociales y ecológicas que conlleva debido al carácter tan particular que poseen los desechos nucleares. Si bien, es cierto que observando estrictas medidas de seguridad el problema no es tan grave como se ha demostrado en la práctica, las cosas se dificultan debido a la falta de información y educación que existe a nivel internacional sobre el tema. Es obvio que el problema de los desechos radiactivos no es sólo de un estado o de un reducido número de estados, sino actualmente es un problema que se redimensiona a nivel internacional por lo que la solución requerirá de la acción concertada de la comunidad internacional buscando establecer un marco general de reglamentación, que bien podría iniciarse con acuerdos de cooperación de tipo bilateral y proyectarse al plano multilateral desde una perspectiva clara y lo más objetiva posible de los problemas que implica cualquier toma de decisión así como de sus riesgos políticos, económicos y sociales, sin olvidar la cuestión ecológica que tanta relevancia ha ido adquiriendo en la última década.

En forma de conclusión, vale la pena señalar que la aversión casi natural que sienten los profesionistas dedicados a las áreas de las humanidades ante los temas

técnicos podría hacer parecer que el material tratado a lo largo de este capítulo es excesivamente técnico y quizá, en ese sentido, un tanto carente de importancia para la comprensión del tema central de nuestra investigación, y para la misma formación profesional del internacionalista. Nada más alejado de la realidad. Los temas técnicos, por complejos que puedan parecer al analista social tienen que ser tratados porque, en un momento crecientemente caracterizado y hasta cierto punto determinado por el desarrollo científico y tecnológico, la falta de comprensión sobre este tipo de temas sólo puede conducir a una postura de debilidad en las negociaciones vinculadas con el tema como las que se desarrollan en el seno del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y demás instancias vinculadas con las cuestiones nucleares y por consecuencia del uranio.

El internacionalista contemporáneo tiene que compenetrarse de todos estos aspectos si es que busca, por una parte alcanzar un buen nivel de especialización en áreas poco explotadas de los asuntos internacionales y por otra, poder negociar en términos ventajosos para su país cuando así se requiera.

El análisis realizado pone claramente de manifiesto que el uranio es una materia prima de características muy especiales. Es un recurso cuyo aprovechamiento está reservado para aquellos que han desarrollado o están desarrollando la capacidad científica y tecnológica que lo permita. Desde este punto de vista resulta imperativo conocer todas las facetas asociadas con la tecnología del uranio ya que dependiendo de ésto varían las principales tendencias de su comercialización; además parece evidente que este recurso tiene un gran potencial para ayudar a promover el desarrollo socio-económico de los países que aprendan a aprovecharlo.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CAPITULO 3. EL PAPEL DEL URANIO A NIVEL MUNDIAL

ASPECTOS GENERALES.

En el devenir histórico, se puede observar que las sociedades en su conjunto han ido cambiando y transformándose en base a los nuevos retos que les impone el entorno tanto natural como social.

Durante el largo proceso de su evolución, los hombres han tenido que afrontar retos cada vez más difíciles que van desde la mera convivencia con sus congéneres hasta la misma conservación y sobrevivencia. Para tal fin, se han apoyado en los avances científicos y tecnológicos con lo que progresivamente han intentado dar respuesta a sus necesidades.

Los requerimientos energéticos y la capacidad para cubrirlos han sido piedra angular en el desarrollo de las diferentes colectividades desde los albores mismos de la humanidad hasta llegar a la sociedad contemporánea.

Una hipótesis básica del presente trabajo, es que existe una estrecha y virtualmente indisoluble vinculación entre "desarrollo" y "capacidad de generar energía". Es decir, actualmente se puede observar que los países que han alcanzado los niveles más altos de desarrollo e industrialización, son también aquellos que cuentan con la mayor capacidad instalada para generar electricidad.

Tradicionalmente la electricidad con la que se mueven las grandes ciudades, que incluyen complejos industriales, oficinas, servicios públicos como transporte, hospitales, etc. ha sido suministrada fundamentalmente por combustibles fósiles, y de hecho lo sigue siendo, sin embargo el daño ecológico que se ha producido por la constante quema de carbón y petróleo en sus distintas modalidades ha provocado serios problemas al medio ambiente, no sólo de un país, sino en términos

verdaderamente alarmantes a nivel planetario. Ejemplos de ésto son: la llamada "lluvia ácida" y "efecto de invernadero" que padece actualmente el mundo y que amenaza con agravarse.

En este contexto, resulta una verdadera prioridad la búsqueda de fuentes alternas de energía, que permitan hacer un uso más eficiente de los recursos no renovables como los hidrocarburos, así como, explotar con mayor racionalidad las ya existentes, por ejemplo la generada por medios nucleares, que si bien no ha sido la panacea que originalmente se anunciaba, sí ha resultado ser una de las alternativas más viables en términos reales en cuanto a costos y beneficios se refiere. De hecho, la energía nuclear ha venido aumentando en importancia desde la década de los setentas como resultado, entre otros aspectos, de la crisis petrolera de la primera mitad de esa década. Sin embargo su desarrollo y sobre todo su aceptación no ha sido tan amplia como se esperaba, e incluso se ha tenido que hacer frente, más que a problemas de orden técnico, a problemas de carácter político y social debido a que la carta con la que originalmente se presentó la energía nuclear ante la opinión pública no fué muy afortunada; nos estamos refiriendo a su aplicación en custiones bélicas que se probaron en las bombas lanzadas a Hiroshima y Nagasaki durante la Segunda Guerra Mundial.

La desafortunada presentación de la energía nuclear, básicamente desconocida por la opinión pública mundial hasta el final de la segunda gran conflagración, ha provocado toda una oleada de reacciones adversas respecto a su utilización con fines pacíficos, sin embargo el esfuerzo ha sido arduo y los resultados poco positivos, no obstante esta situación y debido a los nuevos retos para proporcionar a la sociedad mundial la electricidad que requiere para su propia reproducción, la energía nuclear ha venido ganando terreno y aunque paulatina, pero constantemente ha ido aumentando

su participación en los porcentajes totales de generación de electricidad a nivel mundial. Esto ha traído aparejado un incremento en el comercio internacional del uranio dado que es la materia prima fundamental para la mayoría de centrales nucleoelectricas que se encuentran hoy en día en operación.

La situación actual en el mercado internacional del uranio, y las fluctuaciones a las que ha estado sujeto se explican en virtud de una serie de variables como son la creciente demanda de energía a nivel mundial, la crisis petrolera, y el fortalecimiento de una conciencia ecológica entre otras. Cabe señalar también a manera de introducción que el mercado mundial del uranio adquirió una dinámica particular después de la década de los setentas debido a que de un comercio controlado por las principales potencias con miras, casi de forma exclusiva hacia la satisfacción de sus requerimientos militares, se pasó a un mercado civil con destino diferente: aplicaciones pacíficas.

El uso del uranio con fines bélicos.

El uranio como recurso energético estratégico empezó a cobrar importancia a partir del presente siglo, principalmente durante la época entre las dos guerras mundiales, sobre todo desde el punto de vista militar, y si bien ya había sido descubierto desde 1789, como se describe en el capítulo 2, no es sino hasta finales de la década de los treinta cuando se empieza a considerar seriamente la posibilidad de fabricar una bomba nuclear, la cual se logra hacer explotar sobre dos ciudades del Japón en agosto de 1945. Este hecho, sin lugar a dudas vendría a dar un sello particular a todo aquello que portara el nombre de nuclear, frente a la opinión pública mundial.

Ante esta situación, el mercado comercial del uranio no llegaría a establecerse propiamente sino hasta finales de la década de los sesentas, ya que previamente la demanda del uranio estuvo basada en los programas nucleares de defensa nacional.

"La producción de uranio a escala industrial se inició a fines de los años cuarenta en respuesta a las urgentes necesidades militares de esa época. La producción se elevó rápidamente durante la primera década para llegar al nivel de las 44 000 ton. de U_3O_8 en 1959. Dicho nivel, que representaba diez veces más la producción lograda en 1949 no fue logrado de nuevo sino hasta 1978".¹

Para 1960, se llegó a una saturación de la demanda proveniente del sector militar (que de hecho era la única existente), lo que provocó una brusca reducción en las compras del mineral, que a su vez llevó a la industria del uranio a una situación muy difícil, de hecho, incluso hasta un nivel de subutilización. Entre 1959 y 1965, la producción bajó a más del 50%, paralelamente la demanda lo hizo por encima del 60%. Ante estas circunstancias la industria del uranio se vio seriamente afectada hasta el momento en que surgió una etapa de auge propiciada por la puesta en marcha de los programas nucleoelectrónicos con usos comerciales.

No obstante este nuevo impulso que se le pretendía dar, la demanda no respondió como se esperaba, ya que ésta surgió lentamente. En 1970, las necesidades reales de uranio para los reactores en operación era de solamente 12,000 ton. comparada con la producción que era de más de 24,000 ton. Aún en 1977, la demanda real andaba por debajo de las 30,000 ton. Siendo la producción total en ese mismo año de 36,000 ton. Es decir, más de 1/3 por debajo del nivel alcanzado en 1959.

¹ RADETZKI, Miriam. Uranium a Strategic Source of Energy. Edit. Croom Helm London 1981 P.37.

Prácticamente toda la década de los sesentas fué una época difícil para la industria nuclear, sobre todo por que se saturó el principal mercado que se tenía, es decir el militar, y la demanda proyectada para las plantas nucleoeléctricas no respondió como se había previsto.

A finales de los cuarentas, la preocupación principal entre los aliados era el establecimiento de importantes y complejos arsenales nucleares, que les permitieran hacer frente a las nuevas condiciones que ya se vislumbraban al término de la Segunda Guerra Mundial, las cuales habrían de definir el escenario mundial que prevalecería hasta la década de los ochentas, es decir, un mundo dividido en dos bloques antagónicos que darían sustento al largo período llamado de "Guerra Fria"².

Los principales interesados eran los Estados Unidos, el Reino Unido, Francia y Canadá por parte de bloque occidental y la hasta entonces URSS por el lado oriental. Entre las principales preocupaciones de cada una de las partes involucradas se encontraba la relativa a dónde obtener los recursos uraníferos necesarios para sus programas armamentistas.

"En 1948, los estados Unidos y el Reino Unido crearon la Agencia para el Desarrollo Conjunto, cuyo propósito fundamental era garantizar reservas adecuadas de uranio. En esa época, el Congo Belga (hoy Zaire) proveía la mayor parte de la limitada producción mundial. La mayor parte de esa producción iba a los Estados Unidos donde las necesidades y la urgencia eran mayores. Dado que las necesidades planteadas por los programas de defensa implicarían un

² Véase: BICKEL, Lennard. Story Of Uranium: The Deadly Element. Ed. Stein and Day, New York 1979 cap.4.

incremento sustancial en la demanda, había que crear las condiciones para estimular a los productores (incentivos para la explotación, apoyo financiero para la inversión inicial, precios de garantía, etc.)"³.

El esfuerzo promovido principalmente por los Estados Unidos en Canadá, Sudáfrica y hasta cierto punto Australia, rindió grandes beneficios. La explotación intensiva que se emprendió dió por resultado un crecimiento inimagino de las reservas minerales.

*"Tan sólo en los Estados Unidos, las reservas probadas pasaron de una cifra insignificante en 1952 a más de 100,000 ton. en 1956 y a cerca de 200,000 en 1959. Canadá pasó del nivel de las 1,000 ton entre 1953/4 a casi 16,000 en 1959 y Sudáfrica, de las 1,800 en 1954 a casi 6,500 en 1959. La contribución de Australia fue la más limitada, pero aún así estuvo en el nivel de las 600 ton por año hasta 1958 y entre 1959 y 1963 subió a niveles de 1,000 y 1,500 ton al año. En comparación, la producción del Congo Belga declinó marcadamente en 1960 y finalmente se discontinuó en 1961 cuando se agotaron las reservas de uranio de ese país"*⁴.

El impulso a la industria nuclear con fines militares no sólo fue fomentado por los Estados Unidos. Francia por su parte ingresó a la carrera armamentista un poco más tarde, debido a la precaria situación en la que quedara al término de la guerra, sin embargo a mediados de la década de los cincuenta inició su industria nuclear con cierta independencia respecto a los Estados Unidos y la Gran Bretaña, apoyándose en

3 REDETZKI M. Ob.cit.p.39.

4 REDETZKI Ob.cit.p.40.

buena medida en los recursos de Madagascar y posteriormente de Gabón y Nigeria. Por cierto que la información respecto de la forma como estos países se hayan beneficiado con la explotación de sus recursos uraníferos o de que tipo de controles directos hayan tenido en torno al desarrollo de los programas respectivos es prácticamente nula.

Hasta finales de la década de los sesentas los Estados Unidos fueron el principal consumidor de uranio a nivel mundial. A través de su Comisión Nacional de Energía Atómica adquirieron hasta el 85% de la producción mundial del mineral, se habla de producción mundial haciendo referencia a occidente, y sin contar la de los países que integraban el bloque socialista cuya producción estuvo destinada para los proyectos de defensa soviéticos, pero de los cuales virtualmente no se tiene información, (por lo menos de acceso al público).

La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos compraba el uranio bajo toda una gama de condiciones a los países productores, entre las principales, establecía: precios fijos durante un lapso de varios años, precios con ajuste anual, o bajo fórmulas especiales de costo más ganancia. Los precios subieron gradualmente entre 1950 y 1953, cuando alcanzaron su mayor nivel, tanto real como nominal y luego empezaron a declinar progresivamente de manera ininterrumpida hasta el fin del programa. Cabe señalar que el descenso real fue mucho mayor que el nominal.

"Durante el periodo 1957-1963 la Comisión estuvo pagando a los productores extranjeros precios incluso superiores que a los productores nacionales. Los canadienses recibieron pagos de 1.3% más que los americanos en 1957, 24.7%

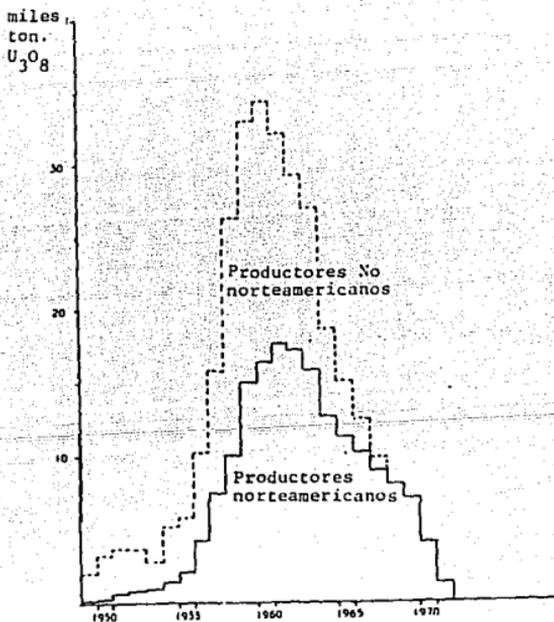
en 1960 y 23.7% en 1963. Sudáfrica recibió incluso más: 10.7%, 35.7% y 44.4% más para esos mismos períodos. Las razones para esta política jamás fueron explicadas”⁵.

Resulta claro que la rápida expansión de la industria del uranio durante el período que va de 1954 a 1959 y 1960 que logró un crecimiento de casi cinco veces, fue la respuesta de los productores a la atractiva política de precios fijada por los Estados Unidos, quienes de esta forma pudieron mantener en marcha su acelerado programa de defensa nacional con armamento nuclear. La siguiente tabla muestra que durante todo el período, más de la mitad de las compras totales de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos se hicieron a productores extranjeros.

⁵ REDETZKI Ob.cit.p.40.

TABLA 1.- COMPRAS DE URANIO EN LOS AÑOS FISCALES 1949-1971 REALIZADAS POR LA COMISION DE ENERGIA ATOMICA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

CUADRO 3.2 US AEC Compras de uranio en los años fiscales 1949-1971



FUENTE: Uranium Prices Formation, EPRI (October 1977), prepared by Charles Rives, Cambridge, Mass.

Tomado de : REDETZKI Miriam Ob. Cit. Pag. 42

Debe hacerse notar que la reducción en la producción y compras del uranio no se debió a restricciones en la oferta; al contrario, los cambios bruscos sufridos en 1959/60 ocurrieron porque la respuesta de los productores a la política de estímulos fue demasiado buena y satisfizo las necesidades militares más rápido de lo que se había anticipado. Quizá también, concientes de la gran importancia de este mineral, las visionarias y previsoras autoridades norteamericanas empezaron a contemplar la conveniencia de contar con reservas mediante compras que en ese momento resultaban baratas en el extranjero.

Entre 1957 y 1958, la Comisión empezó a restringir la expansión de la industria modificando la política de contrataciones a largo plazo. Para finales de la década de los cincuentas las compras de uranio al extranjero sufrieron notables disminuciones. Ya iniciada la década de los sesentas, la Comisión trató de seguir fomentando, aunque de manera artificial, la industria nacional del uranio, mientras que iba impulsando el desarrollo del mercado civil, sin embargo éste no logró alcanzar los niveles proyectados en los tiempos que al principio se preveían.

"La ausencia de un mercado civil firme hacia fines de los sesentas junto con la disminución de la demanda en el sector militar significó un duro golpe para los productores de uranio. Adicionalmente, la amenaza de la Comisión de vender sus excedentes obligó a los productores a negociar sobre la base de precios deplorables. En 1962, la Gran Bretaña negoció con productores canadienses un contrato de 8 años con un precio promedio de 5.03 dólares la libra. Aún así, estas reducciones de precio no lograron elevar la demanda y muchos productores

tuvieron que dejar el negocio. En 1967, por ejemplo había una capacidad instalada, a nivel mundial (sin contar el bloque comunista), de 35,000 ton. y sin embargo, la producción escasamente rebasó las 20,000 ton⁹⁰.

La recesión que se vivió durante este período provocó efectos distintos en los diferentes países que producían uranio. En Estados Unidos, como ya se mencionó, los productores se vieron favorecidos por la política gubernamental de protección a la industria nacional prohibiendo casi de manera total la importación de uranio, además de restringir los servicios de enriquecimiento al uranio extranjero, con estas medidas el gobierno norteamericano buscó proteger a sus productores nacionales.

En Australia se vivió una situación diferente. Dado que su producción anual nunca rebasó las 1,500 ton. la industria del uranio tenía poca importancia para la economía nacional por lo que pudo desmantelarse con relativa facilidad.

En Sudáfrica la situación tampoco fue muy problemática, ya que la producción del uranio en este país siempre estuvo manejada, y de hecho lo sigue estando, como un subproducto de la minería del oro, lo cual permitió que las minas siguieran operando de manera independiente a las fluctuaciones de los precios del uranio.

Canadá fue probablemente el productor más afectado, ya que su producción de uranio sí tenía cierto impacto en la economía nacional y, de hecho, lo sigue teniendo actualmente. En 1959, las 23 minas que operaban en el país obtuvieron 15,900 ton. con un valor aproximado de 310 millones de dólares canadienses.

6 REDETZKI, Miriam Ob., cit. p. 43.

Durante ese año, el uranio era el cuarto producto de exportación para la economía del país y representaba cerca del 6% del valor total de las exportaciones. Tal situación hizo que para 1967 sólo quedaran cuatro minas en operación con una producción de menos de 4,000 ton y con un valor inferior a los 50 millones de dólares canadienses. Esto provocó serios problemas en Canadá que llevaron, incluso a un ligero enfrentamiento entre este país y su vecino del sur, a través de un memorandum oficial en agosto de 1969, en el que se hacía notar las pérdidas que estaba sufriendo Canadá y el reclamo de éste país ante el gobierno de los Estados Unidos por prohibir el enriquecimiento del uranio extranjero.

Esta situación llevó al gobierno canadiense a promover a principios de la década de los setentas el establecimiento de condiciones para regular el mercado internacional del uranio con miras a controlar el exceso de oferta y garantizar precios razonables a los productores. Participaron en las reuniones convocadas para tal efecto representantes de Australia, Francia, Sudáfrica y Canadá además de algunos productores norteamericanos⁷.

Francia por su parte, con sus productores asociados en Africa (Madagascar, Gabón y Nigeria), se matuvo un tanto al margen de las fluctuaciones provocadas por la actitud del gobierno norteamericano, ya que sostuvo su programa militar de manera autónoma, y luego promovió e impulsó firmemente el desarrollo de un programa civil que a la fecha es uno de los más importantes a nivel mundial. Esto condujo a que las necesidades de uranio en Francia, en vez de descender crecieran paulatinamente año con año, observándose esta tendencia hasta nuestros días.

⁷ Cfr: BICKEL, Lennard. *Ob.cit.* cap. 4.

Si bien es cierto que hasta finales de la década de los sesentas la situación de la industria del uranio atravesó por un período de inestabilidad provocado por los cambios ocurridos en el sector militar, la situación empezó a cambiar a mediados de los setentas cuando cobró un nuevo auge, pero ya no para fines militares sino para el mercado civil, ya que la crisis petrolera de 1973 hizo patente la necesidad de buscar nuevas fuentes alternas de energía para no depender tan ostensiblemente del petróleo como se había venido haciendo.

En ese momento surge un nuevo impulso a la industria nuclear, ya que la utilización del uranio como fuente alterna de energía y como materia prima en la generación de electricidad en las centrales nucleoelectricas, empezó a cobrar gran importancia, sobre todo en la medida que se pudo observar que el desarrollo de los países está estrechamente vinculado a su capacidad de generar electricidad, así surge una nueva fase en la utilización del uranio, la cual viene a proyectarse hasta nuestros días y a condicionar el mercado del mismo.

El uranio como materia prima.

En la actualidad, el petróleo sigue siendo la principal fuente para generar energía, sin embargo, se estima que en el siguiente siglo, la demanda de este combustible será considerablemente mayor que su producción. Además se espera que su precio aumente como consecuencia lógica del incremento de la demanda frente a la contracción de la oferta. Ante esta situación resulta imperativo desarrollar y utilizar más intensamente nuevas fuentes energéticas, de preferencia renovables y cuyos índices de contaminación sean inferiores a los producidos por las fuentes convencionales

(hidrocarburos). Esto tiene por objetivo establecer economías que no dependan del petróleo en los mismos niveles que actualmente se observan. Además buscar medios posibles para hacer frente al serio problema ecológico al que se enfrenta el planeta.

*"Durante la última década, el interés por desarrollar tecnologías que permitan aprovechar nuevas fuentes energéticas ha crecido enormemente. Las alzas de los precios que han sufrido los hidrocarburos desde los primeros años de la década de los setenta ha despertado una nueva conciencia sobre el problema energético. Las economías actuales se basan en recursos no renovables, cuyas reservas se irán agotando independientemente de posibles nuevos descubrimientos de yacimientos de hidrocarburos o depósitos de carbón, que se estima no serán espectaculares. Existe entonces, la necesidad de transitar hacia economías que incorporen en su base energética fuentes diferentes de las convencionales, tales como la energía nuclear, la solar, la eólica, la biomasa, la maremotriz, etc."*⁸

Existen razones técnicas para pensar, que ni la energía solar en sus diversas modalidades, ni la energía geotérmica, podrán convertirse en fuentes importantes de energía al corto o mediano plazo debido a las limitaciones de tipo natural como la posición geográfica, y las concernientes a la disponibilidad tecnológica que, aunadas a los altos niveles de megawatts que requiere la industria para cubrir sus necesidades cotidianas, resulta poco probable que dichas opciones logren convertirse en fuentes viables de energía.⁹ Por estos motivos, el potencial de la fisión del átomo ha despertado gran interés ya que se ha convertido en una fuente alterna de energía real

⁸ ALONSO Concheiro, Luis. *Alternativas Energéticas*, Edit. F.C.E. CONACYT. México 1985, p.7.

⁹ Véase: STOBAUGH, Robert. *Energía del Futuro. Informe del proyecto de energía de la Harvard Business Scholl*, Edit. CECSA México 1984 p. p. 241-272

y rentable desde el punto de vista de la capacidad que tiene para producir electricidad comparada con la cantidad de materia prima que requiere para su funcionamiento, además del bajo nivel de emisión de contaminantes que produce.

"Las centrales nucleoelectricas resultan muy rentables ya que es muy poca la cantidad de combustible que necesitan debido al elevado contenido energético del uranio enriquecido. Por ejemplo, una central nucleoelectrica necesita 27 toneladas de combustible, mientras que harían falta 3'950,000 toneladas de carbón, 10'540,000 barriles de combustóleo o 1,668 millones de metros cúbicos de gas para generar la misma cantidad de energía anualmente".¹⁰

Debe tenerse en cuenta que el petróleo, gas natural y carbón, principales fuentes de energía hoy en día, son recursos no renovables y tampoco reciclables, en este sentido es importante destacar que en virtud de que dichas materias son básicas para la fabricación de una amplia gama de productos además de ser utilizados en procesos químicos, conviene tratar de disminuir en lo más posible la quema que de ellos se hace como combustibles en la generación de electricidad y reservarlos para aquellos procesos en los que su participación resulta indispensable y, a la larga, más rentable. En este sentido resulta conveniente utilizar y explotar de manera más intensiva fuentes alternativas que requieran de menores cantidades de materia prima, cuyos rendimientos sean elevados y que produzcan la menor cantidad posible de contaminantes. Actualmente el uranio es una materia que cubre dichos requerimientos ya que:

"La energía nuclear de fisión, liberada por la escisión del uranio 235, es ya una fuente de energía importante en más de 30 países. En 1980 la capacidad

¹⁰ C.F.E. La Energía Nuclear. Folleto publicado por la C.F.E. México 1989 p.4.

nucleoeléctrica era de 136 gigawatts eléctricos (136x10⁹ watts), o sea el 7% de los casi 2000 gwe de capacidad eléctrica total instalada en el mundo. Para esa misma fecha, la industria nuclear había acumulado 2,200 reactores-año de experiencia. La tecnología nuclear ha alcanzado un estado de madurez, seguridad y fiabilidad. La contribución de la energía nuclear tiende a ser cada vez mayor por razones técnicas, económicas, políticas y estratégicas".¹¹

Adicionalmente debe enfatizarse que la producción y utilización de energía de cualquier fuente que provenga, siempre tiene efectos significativos para el medio ambiente. El uso de ciertas fuentes como el petróleo, ya han demostrado tener efectos negativos para el entorno natural que pueden llegar a ser devastadores, sin embargo, es preciso hacer frente a los requerimientos energéticos de la sociedad mundial, dado que éste está estrechamente vinculado con el desarrollo y el bienestar social. En este sentido, es cada vez más frecuente que las autoridades nacionales de varios países, encargadas de establecer la política energética consideren estas cuestiones y traten de adecuar sus políticas cubriendo tales requerimientos, sin descuidar el impacto social y ambiental que tal política provoque. Ejemplo de esto es el caso francés, que generando en más del 70% de la electricidad que produce por medio de la energía nuclear, ha logrado cubrir sus demandas internas de electricidad y aún más, exportar sus excedentes sin un daño ecológico como el que produciría la generación de esa electricidad por medios convencionales.¹²

¹¹ AJURIA Garza, Sergio. Ob.cit.p.3.

¹² Véase: *Situación Mundial de la Nucleoelectricidad. Folleto publicado por la Comisión Federal de Electricidad México 1989.*

"En el contexto energético mundial, el uranio está destinado a desempeñar un papel relevante en la satisfacción de la demanda energética del siglo XXI, pues con las reservas existentes se pueden producir 123 billones de kilowat-hora en plantas con un potencial de generación de energía similares a las de Laguna Verde, cantidad de energía que se produciría con 211,500 millones de barriles de combustóleo, es decir, un porcentaje importante de las reservas probadas de hidrocarburos a nivel mundial".¹³

En base a todo lo anterior podemos decir que la nuclearización de la electricidad es un hecho evidente que tiende a crecer debido al continuo agotamiento de las reservas de combustibles fósiles.

La utilización del uranio como material energético para la producción de electricidad tiene la ventaja que durante el ciclo del combustible nuclear sólo se requieren pequeñas cantidades de material, en proporción con otras fuentes de energía. Además de que, hablando en términos de contaminación y desechos, el carbón por ejemplo, produce cantidades considerables de bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas sólidas que pasan al medio ambiente en formas de cenizas volátiles; por su parte los combustible fósiles producen altos niveles de bióxido de carbono, principal causante del deterioro ambiental a nivel mundial y del llamado efecto de invernadero; mientras que el uranio provoca una cantidad considerablemente menor de desechos que si bien poseen características particulares que preocupan a la población en general por tratarse de desechos radiactivos, el problema no es tan grave ya que existen la

¹³ C.F.E. ¿Qué es el Ciclo del Combustible Nuclear? Folleto publicado por la C.F.E. México 1990 p.4.

tecnología necesaria para el tratamiento y depósito de dichos materiales de manera probadamente segura y cuyo efecto sobre el entorno es por lo tanto menor que el de otros combustibles.¹⁴

"Si pensamos por ejemplo en una unidad generadora de 1000 MWe, tenemos que el volumen de desechos de nivel bajo y medio equivale a unos 500 m³; pero no debemos olvidar que, 1) sujetos a tratamiento, estos desechos se compactan a su mínima expresión y 2) que los períodos de vigilancia para este tipo de materiales es sólo de algunas decenas de años. Por otro lado, el volumen de desechos de alto nivel que este mismo tipo de planta genera en un año equivale a 3.75 m³, un espacio incluso menor que el de las recámaras en los condominios modernos.

Podemos agregar también el hecho de que, tan sólo en términos de generación de desechos, una central de ese tamaño operada con gas genera del orden de tres millones de toneladas de CO₂, una de combustóleo generaría cuatro millones de toneladas en residuos del mismo tipo y una de carbón, siete millones ochocientas mil. El problema del "efecto de invernadero" está íntimamente asociado con estas cantidades. En términos de SO₂, la central operada con gas genera del orden de dos mil cuatrocientas sesenta toneladas de desechos, la de carbón, treinta y nueve mil ochocientas y la de combustóleo más de noventa mil. Este tipo de contaminante es responsable de la llamada "lluvia ácida". Las carboeléctricas producen, adicionalmente unas sesenta y nueve mil toneladas de cenizas con un ligero contenido radiactivo. Y todas ellas van directamente

¹⁴ Véase cap. 2 de esta tesis.

hacia la atmósfera y de ahí al suelo. Pues nadie se ocupa de "empaquetarlas" en forma segura para tenerlas guardadas sin que ocasionen alteraciones al ambiente".¹⁵

Resulta claro que el uranio se ha ido convirtiendo en un recurso muy importante en la generación de energía para producir electricidad, pero cabe hacernos la pregunta de ¿por qué la producción de electricidad es una preocupación constante en los diversos estados que conlleva a la búsqueda de nuevas formas para generarla?. A continuación se intentará responder esta interrogante que nos permitirá apreciar en su magnitud real el vínculo indisoluble existente entre desarrollo y capacidad de generar energía en virtud del cual las materias primas para tal efecto, llámense uranio, petróleo, o carbón, constituyen materias primas estratégicas, promotoras del progreso.

Desarrollo y necesidades energéticas.

La vinculación entre energía y desarrollo, había sido muy poco analizada hasta antes de este siglo. Las teorías económicas clásicas respecto al crecimiento y desarrollo asociadas a nombres como Adam Smith, David Ricardo, John Stuart Mill y Marx, casi no prestaron atención a la cuestión de la energía; para ellos, los factores claves de la producción eran la tierra, el trabajo, el capital o el trabajador, ya que en aquella época la abundancia de recursos energéticos para el tipo de trabajo que se realizaba hacía que éste no fuera una preocupación. Hoy en día la situación ha cambiado, al punto de considerar a la energía como una clave fundamental para el desarrollo de las economías.¹⁶

¹⁵ SARQUIS R, David. "Los desechos en las centrales nucleares" Ob.cit.p.4.

¹⁶ Véase: LORAINÉ A. John. "La Energía: Eje de la Historia". Contextos año 2, No.23 11-17 junio 1981 Secretaría de Programación Presupuesto p.46-47.

En este sentido Jeremy Rifkin señala:

"La energía es la base de la cultura humana así como es la base de la propia vida. Por lo tanto, en cualquier sociedad, a final de cuentas el poder pertenece a los que controlan los instrumentos a través de los cuales se transforma, intercambia y aprovecha la energía. La división de clases, la explotación, los privilegios y la pobreza todos están determinados por la forma como se establece el flujo de la energía en cada sociedad. Aquellos que controlan los instrumentos controlan el flujo de la energía. Son ellos quienes determinan como habrá de dividirse el trabajo socialmente y cómo habrán de repartirse las ganancias y beneficios que dicho trabajo generan".¹⁷

En 1981, un grupo de expertos de las Naciones Unidas que trabajaba en la preparación de la Conferencia sobre Fuentes Energéticas Nuevas y Renovables, que habría de celebrarse en Nairobi en agosto de aquel año, señalaban que para lograr niveles de crecimiento económico razonables, el consumo de energía en los países en desarrollo habría de aumentar por lo menos en un 300% en los siguientes veinte años, dado que, el uso de la energía comercial en las naciones industrializadas también se incrementaría considerablemente y con ello los problemas de suministros energéticos que necesariamente habrían de diversificarse. Este grupo de expertos pronosticaba además que para la década de los noventas y el inicio del siglo XXI, la energía sería el eje de la historia y factor clave en el destino de la humanidad. Agregaban que la escasez de petróleo erosionaría los niveles materiales de vida y frenaría el desarrollo

¹⁷ RIFKIN, Jeremy. Entropy: A new world view, Bantam Books, New York 1981 p.58.

de los países, por lo que la búsqueda de fuentes alternas de energía representaría una prioridad sobre todo por la experiencia de la crisis petrolera de 1973-1974, la cual planteó, en su momento, una seria advertencia a los gobernantes en todo el mundo.¹⁸

Podemos concluir entonces, sin temor a exagerar que para atender las necesidades humanas básicas, siempre ha sido necesario disponer de energía. Esta es necesaria para el crecimiento económico y para el progreso tecnológico, tanto en la agricultura, la industria y la vida en general y que, por lo tanto, la disponibilidad de recursos energéticos finalmente influye decisivamente en el grado de desarrollo social y de progreso material que alcanza cada colectividad.

Se estima que para el año 2030, la población mundial se habrá duplicado por lo menos, pasando de su nivel actual de unos 4,000 millones de personas a 8,000 millones. Se prevee que la mayor parte de ese aumento tendrá lugar sobre todo en los países en desarrollo lo cual provocará una presión considerable sobre las fuentes de energía, ya que se combinará dicho crecimiento demográfico con la también creciente demanda de energía para satisfacer las necesidades de la población.

En este contexto resulta oportuno indicar lo citado por el Dr. Carlos Vélez Ocón, Director General del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, en la conferencia titulada "La energía y las Sociedades Modernas", presentada en febrero de 1992 donde señaló:

"La demanda mundial de servicios de electricidad seguirá aumentando, sujeta únicamente a las limitaciones del crecimiento económico. Los servicios eléctricos

¹⁸ Véase: LORAINÉ A. JOHN. Ob. Cit. p. 42-45.

son fundamentales para la calidad de vida a que aspira en su mayoría la población del mundo. La demanda mundial de esos servicios seguirá aumentando en las próximas décadas en la medida en que aumenten la población y los ingresos. Esto es particularmente cierto en los países en desarrollo, donde la electricidad recién comienza a penetrar los mercados potenciales".¹⁹

Adicionalmente la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial en un estudio que recientemente publicó señala:

"Si en los países en desarrollo, la tasa de crecimiento, del consumo energético se mantiene al ritmo actual, la participación de esos países en la demanda mundial de energía podrá llegar a ser del 50% para el año 2010, frente al 23% en 1985. Este rápido crecimiento del consumo energético en los países en desarrollo, no sólo puede ejercer una tremenda presión sobre los decrecientes recursos mundiales de combustibles fósiles y los escasos recursos financieros de que se dispone para importar energía, sino que también puede imponer una carga insoportable al medio ambiente".²⁰

Por otra parte, el Consejo Mundial de la Energía, celebró en 1989 el Congreso Mundial de Tendencias de la Energía y la Electricidad, en el que se llegó a definir ciertas perspectivas futuras. Según las predicciones realizadas por el Congreso, entre 1985 y el año 2020 el consumo de energía mundial se elevará entre 50% y 75%. Por su parte, el OIEA publicó en 1991 otras estimaciones para un período más corto que va de 1990 a 2010, durante dicho período se prevee un aumento que oscila entre el 28%

¹⁹ VELEZ Ocdn, Carlos. "La Energía y las Sociedades Modernas. Seminario Internacional de Expertos sobre Energía, Helsinki, Finlandia, febrero 1992.

²⁰ ONUDI, Boletín Informativo No.283 oct-nov.1991 p.1.

y 41%, lo que muestra una tasas de crecimiento anual entre el 3% y 4%. Estos estudios coinciden con otras predicciones realizados por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, y el Instituto Internacional de Análisis Aplicados de Sistemas, dichos estudios indican la evidente importancia de la electricidad y el constante incremento en la demanda de fuentes para generarla.²¹

Como resultado de estas tendencias se supone que, los problemas ambientales y energéticos se agudizarán en las enormes ciudades, sobre todo en los países menos avanzados. Esta situación exigirá un incremento en la urbanización a nivel mundial, lo cual a su vez demandará un mayor suministro de energía por habitante. Por consiguiente los requerimientos energéticos para proporcionar agua, servicios de saneamiento, hospitales, alumbrado, transportes, calefacción, y demás servicios que requieren las sociedades aumentará considerablemente.

"Por lo general, los países en desarrollo emplean una fracción de la energía per cápita que consumen los países desarrollados. En el caso concreto de la electricidad, Bangladesh, por ejemplo, consume menos de 100 kilovatios-hora (kWh) per cápita anualmente, mientras que Noruega, consume más de 25,000 kWh. No cabe duda que los países en desarrollo tratarán de ampliar su producción y consumo de energía, en particular de electricidad. Es más, cabe esperar lo mismo de los países industrializados".²²

21 Véase: SEMENOV, B. GUTHRIE y TATSUTA. "El papel futuro de la energía nucleoelectrónica en el equilibrio energético mundial". Boletín OIEA Vol. 33 N°3. 1991 p.p. 20-25.

22 BLIX, Hans. "La electricidad y el medio ambiente: fundamentos para la selección". Boletín OIEA Vol. 33 N°3 Viena Austria 1991 p.2.

El problema en este sentido radica, no solamente en el aumento numérico de habitantes y de exigencias energéticas, sino que a la vez se combina con un paulatino, pero constante agotamiento de los recursos naturales. Nos encontramos en un mundo empujado cada vez más hacia el límite de sus recursos naturales no renovables, debido a que la demanda de éstos supera en mucho la capacidad de la tierra para proporcionarlos, por ello resulta fundamental buscar un equilibrio que permita continuar el crecimiento de los países de tal forma que puedan cubrirse los requerimientos energéticos que propicien dicho desarrollo buscando alterar lo menos posible el medio natural.

El Dr. Hans Blix actual director del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), en un discurso presentado en el Instituto de Tecnología de Massachussets a finales de 1989, en torno a la vinculación entre energía y desarrollo señaló:

*"La energía es el elemento vital de nuestras sociedades. El enorme aumento en el empleo de petróleo, carbón, gas y energía hidráulica ha coadyuvado en gran medida a elevar el nivel de vida en algunos países a planos sin precedente. Ha existido una evidente relación entre el nivel de desarrollo económico y el consumo de energía".*²³

La situación energética no es la misma en todo el mundo; en los países en desarrollo, pese a los graves problemas económicos por los que atravieza la mayoría de ellos y aún después del impacto de los precios del petróleo, la energía primaria y el uso de la electricidad se han incrementado a un ritmo anual de 4% a 5%. El aumento

²³ BLIX, Hans. "Las necesidades energéticas del mundo y la opción nucleoelectrica". Boletín OIEA Vol.32 No.1 1990 Viena Austria p.38.

de la electrificación en los países en desarrollo es actualmente mucho más rápido que en los países industrializados y en los últimos 15 años ha sido de alrededor del 8% anual, o de un total de 200% en el período. Tal situación pone de manifiesto que la disponibilidad y el consumo futuro de electricidad es y será un factor determinante para el desarrollo. De esta forma, la electricidad se ha convertido en un elemento vital para las sociedades en desarrollo y las industrializadas.

"La creciente importancia de la electricidad se evidencia en el hecho de que en 1987 el 28% de la energía primaria del mundo se dedicaba a la producción de electricidad en comparación con el 24% en 1973. El aumento de la utilización de electricidad ha cambiado considerablemente las modalidades de empleo de energía en el mundo. Desde 1979 la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ha perdido 12 millones de barriles diarios en los mercados de petróleo pese a que el empleo de energía en el mundo ha aumentado en una cantidad equivalente a 16 millones de barriles diarios. Claro está que, además del petróleo de la OPEP, otras fuentes de energía han contribuido al crecimiento económico y al desarrollo".²⁴

Si bien es cierto que existe una inegable relación entre la producción de electricidad y el desarrollo, y que éste último se constituye como una de las prioridades fundamentales de todos los países que integran la sociedad internacional, en las últimas dos décadas tal cuestión ha adquirido un matiz muy particular, ya que si bien resulta necesario producir electricidad para poder continuar con el desarrollo de los países industrializados y fomentarlo entre los que están en vías de desarrollo, al mismo tiempo ha surgido una nueva preocupación que nunca antes había despertado tal interés. La

²⁴ OIEA. "Generación de electricidad, energía nucleoelectrónica y mercados de petróleo en el mundo". Reporte especial Boletín OIEA Vol.32 No.1 Viena Austria p.31.

cuestión ambiental ha pasado a formar parte sustancial en la agenda de asuntos relevantes que deben de considerarse con gran seriedad y profundidad debido al deterioro ambiental que está sufriendo el planeta.

La cuestión no es ya sólo buscar altos niveles de desarrollo sin que importe el costo natural que ello represente. La sociedad internacional ha empezado a considerar seriamente los problemas de tipo ecológico que enfrenta el planeta y que tienden a hacerse cada vez más alarmantes. Como ejemplo de esta creciente preocupación están las conferencias de las Naciones Unidas sobre medio ambiente que desde 1972 se vienen realizando y en las que se ha puesto de manifiesto la urgente necesidad de atender problemas tales como el "efecto de invernadero" que está provocando cambios sustanciales en el clima del planeta y cuya amenaza a futuro parece ser aun peor.

Resulta paradójico observar que uno de los factores básicos para el desarrollo se haya convertido en uno de los principales causantes de los problemas ambientales del planeta; es decir, la generación de electricidad, que por una parte proporciona la energía necesaria para mover a las grandes ciudades y a los complejos industriales que, entre otras variables, conducen al crecimiento y desarrollo económico y por consiguiente a elevar los niveles de vida de ciertas sociedades, es a la vez uno de los principales focos de generación de contaminantes.

Actualmente, el petróleo y demás combustibles fósiles, como el carbón, siguen siendo los energéticos fundamentales de las sociedades contemporáneas. Hoy en día del orden de un 70% de la electricidad a nivel mundial se genera por medio de estos combustibles, lo cual provoca altos niveles de bióxido de carbono y otros gases que están afectando la capa de ozono en la atmósfera y cuyas consecuencias para el planeta son desoladoras. Ante esta situación, la comunidad internacional a través de

conferencias y reuniones ha intentado establecer nuevas bases para el desarrollo a partir de recursos cuya utilización no represente un problema tan serio como lo son los combustibles fósiles.

En 1972, en Estocolmo se celebró la primera conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. A partir de esa fecha se han celebrado otras reuniones para tal fin, como la Conferencia de Científicos y Políticos en Toronto durante el mes de junio de 1988, y la creación del Grupo Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC), bajo los auspicios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en noviembre de ese mismo año. Para abril de 1989 la Conferencia Ministerial de la Haya, y en julio del mismo año, la Reunión Cumbre de los siete países más industrializados, donde se dedicaron 19 páginas de su comunicado conjunto a las cuestiones ambientales, y finalmente, la reciente Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también llamada Reunión Cumbre de Río de Janeiro en junio de este año (1992), donde se dió especial énfasis al problema del riesgo de sobrecalentamiento del planeta provocado, entre otras causas, por el agotamiento de la capa de ozono que genera el conocido "efecto de invernadero" el cual amenaza con producir severos cambios en el clima mundial. Se señaló en dicha reunión que una de las causas principales que provocan tal problema es la quema inmoderada de combustibles fósiles. Se añadió que anualmente se arrojan a la atmósfera más de seis mil millones de toneladas de bióxido de carbono, por lo cual es ya una necesidad imperiosa el disminuir en más del 20% durante los próximos 10 años las emisiones de estos gases a la atmósfera.

Un dato importante que ilustra dicha situación es el hecho que:

"el 60% de las emisiones de bióxido de azufre y el 30% de las de óxido de nitrógeno proceden de la generación de electricidad".²⁵

En la reunión de Río, sorprendió la postura del Presidente norteamericano quien se negó a firmar varios acuerdos, entre ellos el de biodiversidad, así mismo se negó a comprometerse a disminuir sus emisiones de bióxido de carbono en los plazos establecidos por la reunión, señalando que si bien un tercio de sus emisiones provienen de plantas para generar electricidad, su país no puede sacrificar su propio desarrollo económico en pos de la ecología mundial. Esta situación es realmente alarmante dado la magnitud real del problema y como señalara Hans Blix:

"Es evidente que sólo se podrán reducir o contener las emisiones globales de bióxido de carbono mediante la adopción de medidas internacionales, y que por lo menos una de ellas tendrá que ser la limitación del quemado de combustible fósiles en la generación de electricidad".²⁶

En la actualidad existen sólo dos fuentes energéticas que han probado su viabilidad técnica y económica en gran escala, y su capacidad de producir grandes cantidades de energía sin aumentar de manera considerable las emisiones de bióxido de sulfuro, de óxido nitroso o de bióxido de carbono. Ellas son la energía hidroeléctrica y la nucleoelectrónica.

"En lo que respecta a fuentes sustitutivas de energía actualmente en desarrollo, como la solar, la eólica, la geotérmica, y la mareal, necesariamente habrá que excluirlas de la lista de fuentes de energía a gran escala disponibles en la práctica

25 Boletín OIEA Vol.33 N°.3 1991 p.2.

26 BLIX,Hans Ob.Cit.p.39.

a corto plazo, ya que tienen una baja eficiencia y baja competitividad desde el punto de vista económico. Según las conclusiones del Consejo Mundial de la Energía de 1989, se estima que las fuentes de energía nuevas y renovables satisfecerán no más del 3% de la demanda mundial de energía en el año 2020".²⁷

Respecto de la energía hidroeléctrica, aún existe una capacidad considerable por explotar, sin embargo es muy importante contar para ello con las condiciones geográficas naturales adecuadas y disponer de los recursos acuíferos suficientes, sin dejar de observar cuidadosamente las consecuencias que se producen en el entorno natural a la hora de construir presas.

Con respecto a la energía nucleoelectrica, ésta proporciona actualmente alrededor del 17% de la electricidad mundial. En los Estados Unidos, la fracción de electricidad generada por centrales nucleares es del 20%, mientras que Francia ha llegado a producir más del 70% de su electricidad por medios nucleares en virtud de lo cual se ha constituido en el país más nuclearizado del planeta.

La energía eléctrica generada en centrales nucleares se ha constituido como una de las opciones más viables y que se prevee crecerá en el futuro a corto y mediano plazo. El 1989, por citar un ejemplo de su importancia, se produjeron 1800 terawatios-hora de energía eléctrica a partir de medios nucleares. Si esta cantidad se hubiera producido por centrales alimentadas con carbón, que es la opción económicamente más atractiva y competitiva, habrían aumentado en 9% las emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera, provenientes de la quema de combustibles fósiles.

²⁷ SEMENOV, B.GUTHRIE y TATSUTA. Ob.cit.p.21.

"Cerca del 25% de las emisiones totales de bióxido de carbono del mundo provienen de las estaciones generadoras de electricidad de las empresas de servicios públicos. En el Reino Unido, donde el 20% de la electricidad proviene de estaciones nucleares, la emisión media de bióxido de carbono por cada kilovatio-hora producido fue de 0.78% kilogramos. En Francia, donde las centrales nucleares generan más del 70% de la electricidad, la cifra correspondiente fue de 0.09% kilogramos. Ello nos da una idea de lo que se podría alcanzar".²⁸

Como respuesta al problema internacional de la búsqueda de suministros de energía, en mayo de 1991 se llevó a cabo el Simposio de Expertos Superiores sobre Electricidad y Medio Ambiente en Helsinki, Finlandia. Dicha reunión tuvo como principales objetivos el evaluar la situación actual de los requerimientos energéticos a nivel mundial y los medios más óptimos para satisfacerlos.

El simposio concluyó que la demanda mundial de electricidad continuará creciendo y estará sujeta sólo a las limitaciones que imponga el crecimiento económico, ya que los servicios de electricidad resultan, como ya se señaló, esenciales para la calidad de vida a que aspira la mayor parte de la humanidad, por lo cual la demanda mundial de servicios eléctricos seguirá creciendo en los próximos decenios en la medida que aumente la población y los ingresos, particularmente en los países en desarrollo.

En este simposio, se estimó que es necesario contar con una solución tecnológica capaz de responder a la creciente evidencia sobre el riesgo de calentamiento global y cambio climático que afronta el planeta, en tal sentido, se espera una ampliación

28 Boletín OIEA 1/1990 Ob.cit.p.42.

notable en el empleo de energía nucleoelectrónica sobre la base del despliegue de centrales nucleares con tecnología perfeccionada, ya que se considera que este tipo de energía es la fuente energética que ofrece mayores posibilidades de despliegue a una escala mucho mayor y costos capaces de competir con los de combustibles fósiles en la generación de carga básica, ya que la energía así obtenida puede acrecentar su contribución en la reducción de emisiones de gases y partículas contaminantes a la atmósfera.²⁹

Todo lo anterior pone claramente de manifiesto como un hecho indiscutible que los requerimientos energéticos a nivel planetario tienden a ser cada vez mayores, al mismo tiempo que los problemas ecológicos globales tienden a agravarse; en este sentido resulta innegable la importancia de la energía nuclear para dar respuesta a los retos energéticos del futuro. Desde luego que no la planteamos como la panacea que habrá de resolver todos los problemas; sin lugar a dudas representa riesgos para las sociedades, pero como se indicara en el Simposio de Expertos Superiores Sobre Electricidad:

"Todos los ciclos del combustible del sistema de generación de electricidad entrañan ciertos riesgos para la salud y repercuten en alguna medida sobre el medio ambiente. No obstante, todos los principales ciclos del combustible de los sistemas de generación de electricidad, cuando se les incorpora una tecnología avanzada, son capaces de generar electricidad con riesgos relativamente bajos para la salud y el medio ambiente. Una excepción al respecto es el dióxido de carbono que emana de los combustibles fósiles en el momento de ser quemados;

²⁹ Véase: Simposio Internacional de Expertos Superiores sobre Electricidad y Medio Ambiente: Aspectos Destacados y Conclusiones de la Reunión de Helsinki, en Boletín OIEA Vol. 33 N° 3 1991 p. 5-8.

en este sentido, en condiciones de explotación normales, la energía nucleoelectrica y los sistemas de energía renovables son los que ocupan el lugar más bajo en la escala de riesgos para la salud, mientras que los sistemas energéticos que tienen como base el carbón y el petróleo les corresponde el nivel superior de riesgos ".³⁰

Actualmente la generación de electricidad, como un elemento promotor del desarrollo se ha convertido en una prioridad de todos los estados, no obstante el medio ideal para obtenerla aun no ha sido encontrado ya que por una parte los medios tradicionales representan una fuerte descarga de bióxido de carbono y demás gases contaminantes a la atmósfera con los efectos ya mencionados, y por otra la opción nuclear es severamente atacada por el problema de los desechos, que si bien técnicamente ya ha sido resuelto, aún falta superar la controversia política y social, y aunque constantemente se mencionan las fuentes renovables, a excepción de la hidroeléctrica, es poco probable que otras puedan satisfacer la demanda global de electricidad. No obstante esta situación, la energía nuclear ha ido ganando terreno importante y por consecuencia el comercio internacional del uranio, materia a partir de la cual se obtiene el U 235 que alimenta a las plantas nucleares ha adquirido en las últimas dos décadas una dinámica especial, la cual para poder ser apreciada en su magnitud real es preciso hacer una breve reflexión sobre la situación actual de la nucleoelectricidad.

³⁰ Simposio Internacional. Ob. cit. p. 7.

La nucleoelectricidad hoy en día.

Tal y como hemos venido señalando, la generación de electricidad a partir de medios nucleares, es una opción tecnológica que ha cobrado gran importancia, sobre todo después de la década de los setentas cuando se saturó el mercado militar de uranio, y se empezó a fomentar un mercado civil, que aunado a la crisis petrolera del momento provocaban el ambiente propicio para la expansión de las centrales nucleoelectricas. Sin embargo los primeros diseños de reactor datan de 1942 cuando Enrico Fermi construyó el primero en la Universidad de Chicago.

El primer reactor nucleoelectrico fue el llamado ASP-1, que entró en operación en junio de 1954 en Obninsk, cerca de Kaluga en la ex-Unión Soviética. Este era un reactor de potencia con grafito como moderador y agua como refrigerante que usaba uranio enriquecido al 5%, dicho reactor fue el prototipo de los reactores RBMK (las siglas anteriores se refieren al nombre en ruso del reactor que utiliza grafito como moderador y agua como refrigerante) que aún están en operación por toda la ex-Unión Soviética y en otros países del ex-bloque socialista.

En Estados Unidos, el primer reactor experimental tipo BWR (Boiling Water Reactor por sus siglas en inglés), fue el de Vallecitos que sirvió como prototipo para el desarrollo del reactor comercial Dresden 1 del tipo BWR/1 con 192 Mw de potencia. Ese reactor entró en operación en 1960, y fue el antecedente del BWR/5, como el de Laguna Verde que actualmente se encuentra ya en operación en México. Estos son reactores de agua en ebullición, los cuales utilizan el agua como moderador y como refrigerante, y emplean uranio enriquecido al 2.5%

La contribución de la energía nuclear para satisfacer las necesidades de energía a nivel mundial se ha venido incrementando progresivamente. A pesar de la diversidad de obstáculos a los que se ha enfrentado desde su origen. Aunque se trata de una opción relativamente nueva, hoy en día ha llegado a generar casi el mismo nivel de electricidad que la producida por plantas hidroeléctricas a nivel mundial. Para 1987, por citar un ejemplo, la nucleoelectricidad generó el 16% del total mundial, mientras que la hidroelectricidad contribuyó con un 20%. El resto fue producido por plantas que utilizan combustibles fósiles; ya que la geotermia contribuyó con menos del 0,3%.³¹

"Antes de 1973, el mundo dependía cada vez más del petróleo para muchas aplicaciones de la energía, incluida la producción de electricidad. En 1973, más de la cuarta parte de la electricidad producida en el mundo se obtenía del petróleo. Sin embargo en 1987, pese al considerable aumento de la demanda de electricidad, el petróleo sólo generó menos del 10% de la electricidad. La energía nucleoelectrica desempeñó un papel vital en ese cambio. Los analistas de Science Concepts se percataron de que en el período comprendido entre 1973 y 1987 la energía nucleoelectrica había evitado que se consumieran 11,700 millones de barriles de petróleo en el mundo y que se efectuaran compras de petróleo por un valor de 323,000 millones de dólares".³²

Desde 1973, la energía nucleoelectrica ha suministrado poco más del 31% de toda la electricidad generada en el mundo. Esto ha llevado a una continua disminución

³¹ Véase: *Situación Mundial de la Nucleoelectricidad*. Folleto publicado por la Comisión Federal de Electricidad México 1989.
³² Boletín OIEA 1/1990. Informe Especial p.31.

en el consumo de combustibles fósiles para generar electricidad. La siguiente tabla muestra la cantidad de combustibles sustituidos por la energía nuclear desde la crisis petrolera hasta 1987, lo cual evidencia la importancia que ha ido cobrando la energía nuclear obtenida a partir del uranio como materia prima.

COMBUSTIBLES SUSTITUIDOS POR LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA.

Informe especial					
Combustibles sustituidos por la energía nuclear en el mundo y en algunas regiones					
A ESCALA MUNDIAL					
no consumido 1967	valor	no consumido 1973-87	valor		
Petróleo 5 millones de barriles diarios	39 000 millones dólares (EE.UU.)	11 700 millones de barriles	122 000 millones dólares (EE.UU.)		
Gas 3 millones de toneladas	600 millones dólares (EE.UU.)	15 millones de toneladas	16 000 millones dólares (EE.UU.)		
Carbón 195 millones de toneladas	6 000 millones dólares (EE.UU.)	1 000 millones de toneladas	75 000 millones dólares (EE.UU.)		
A ESCALA REGIONAL					
América del Norte		Europa occidental			
Combustible no consumido		Combustible no consumido			
1967	1973 a 1987	1967	1973 a 1987		
Petróleo 1 millón de barriles diarios	600 millones de dólares	Petróleo 2 700 millones de barriles diarios	4 700 millones de dólares		
Gas 1,25 millones de toneladas	2,5 millones de dólares	Gas 11 000 millones de toneladas	13,5 millones de dólares		
Carbón 87 millones de toneladas	750 millones de dólares	Carbón 26 millones de toneladas	272 millones de dólares		
URSS y Europa oriental		Otras regiones			
Combustible no consumido		Combustible no consumido			
1967	1973 a 1987	1967	1973 a 1987		
Petróleo 400 000 barriles por día	1 600 millones de dólares	Petróleo 1,2 millones de barriles diarios	2 000 millones de dólares		
Gas 1,25 millones de toneladas	2,5 millones de dólares	Gas 11 000 millones de toneladas	2,1 millones de dólares		
Carbón 18 millones de toneladas	742 millones de dólares	Carbón 44 millones de toneladas	263 millones de dólares		
PAISES SELECCIONADOS					
Estados Unidos		Francia			
Combustible no consumido		Combustible no consumido			
1967	1973 a 1987	1967	1973 a 1987		
Petróleo 800 000 barriles diarios	740 millones de dólares	Petróleo 1 millón de barriles diarios	2 000 millones de dólares		
Gas 1,2 millones de toneladas	2,5 millones de dólares	Gas 17 000 millones de toneladas	6,1 millones de dólares		
Carbón 30 millones de toneladas	500 millones de dólares	Carbón 7 millones de toneladas	12 millones de dólares		
Japón		República Federal de Alemania			
Combustible no consumido		Combustible no consumido			
1967	1973 a 1987	1967	1973 a 1987		
Petróleo 400 000 barriles diarios	200 millones de dólares	Petróleo 700 000 barriles diarios	300 000 millones de dólares		
		Gas 400 000 millones de toneladas	7,6 millones de dólares		
		Carbón 14 millones de toneladas	180 millones de dólares		
Personas no empleadas por el petróleo y el gas sustituidos por la energía nuclear en 1987					
Personas no consumido					
Compras no efectuadas		Personas no consumido			
Compras no efectuadas		Compras no efectuadas			
América del Norte	472 millones de personas	114 000 millones dólares (EE.UU.)	URSS	1 000 millones de personas	26 000 millones dólares (EE.UU.)
Europa occidental	4 millones de personas	16 000 millones dólares (EE.UU.)	Francia	2 700 millones de personas	21 000 millones dólares (EE.UU.)
			Reunión	11 700 millones de personas	127 000 millones dólares (EE.UU.)
Notas: mil millones = 10 ⁹ ; millón = 10 ⁶ ; por día cubren = 0,026 millones cubren. Todos los valores no expresados en dólares (EE.UU.) de 1967.					

Fuente: Boletín OIEA Vol.32, No.1 Viena, Austria 1990 p.34.

Este mismo informe enfatiza que:

"Gracias al nivel actual alcanzado por la energía nucleoelectrónica, se han podido ahorrar desde 1973 11,700 millones de barriles de petróleo, más de 15 billones de pies cúbicos de gas natural y más de 1,500 millones de toneladas de carbón".³³

Lo anterior pone claramente en evidencia que a medida que aumenta la demanda de electricidad en los países industrializados, la energía nucleoelectrónica se admite cada vez más como un medio esencial para producir energía eléctrica económica y segura.³⁴

La opción nucleoelectrónica hoy en día es realmente redituable en términos no sólo ecológicos sino también económicos. El solo hecho de pensar que más del 50% de las nucleoelectrificadas que actualmente operan a nivel mundial se encuentran en manos de la iniciativa privada debería ser prueba contundente de esta afirmación. Esto, también ha sido demostrado a través de un estudio realizado por un grupo de expertos de el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), conjuntamente con especialistas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), y de la Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Electricidad (UNIPEDA).

Este grupo de expertos examinó la proyección de los costos nivelados de generación de electricidad de opciones con carga básica que estarán disponibles a mediano plazo. Obtuvieron y evaluaron las proyecciones de los costos de las centrales nucleares y de las centrales alimentadas con combustibles fósiles, principalmente

³³ Boletín OIEA Vol.32, No.1 Ob.cit.p.35.

³⁴ Véase: KENNETH W.Davis. "La Energía, el Medio Ambiente y la Economía". Boletín OIEA 1/1990 p. 46).

las operadas con carbón, que podrían ponerse en funcionamiento entre mediados y finales del presente decenio. De entre los principales resultados obtenidos por esta investigación tenemos que:

"las proyecciones indican que las centrales nucleares tendrán una importante ventaja económica sobre las alimentadas con carbón en cuanto a la producción energética con carga básica permanente en la mayoría de los países industrializados y en algunos países en desarrollo".³⁵

La situación de los costos en la generación de electricidad varía un poco según el país del que se trate; por ejemplo en varios países de la OCDE, y otros como Yugoslavia y la India, la opción nuclear presenta una notable ventaja en función de los costos. Sin embargo en el resto de los países, las proyecciones indican que el costo de la electricidad producida con energía nuclear oscilará entre un punto de equilibrio y un 10% más alto que la electricidad producida por carbón, lo cual se debe a varias situaciones específicas entre las que destacan: la capacidad ya instalada, el tratarse de regiones carboníferas que se refleja en bajos costos del material y su transporte por lo cual el carbón resulta ahí la opción más barata, la falta de una tecnología de avanzada que permita aprovechar al máximo la energía nuclear potencial, y otras. Sin embargo, como ya se ha mencionado, el costo ecológico por el nivel de gases y partículas arrojadas a la atmósfera por las plantas alimentadas con carbón, no justifica el ahorro que pueden hacer en el combustible, dada la magnitud actual del problema ecológico.

³⁵ P.M.S. Jones y Wote G. "Costo de la Generación de Electricidad con carga básica convencional y nuclear". Boletín OIEA Vol.32.No.3 1990 Viena Austria p.21.

"Si bien, habrá carbón por muchos siglos y éste probablemente será competitivo desde el punto de vista económico dentro de los requisitos ambientales establecidos, a la larga resultará pernicioso para el ecosistema.

Por otra parte, es posible que se disponga de petróleo y gas durante algunos decenios, a un costo cada vez mayor y con la consiguiente disminución de la competitividad económica. Sin embargo, éstos deberán emplearse con mayor eficacia en las industrias químicas como materias básicas".³⁶

En este sentido, la generación de electricidad por medios nucleares es como ya se mencionó una de las opciones más viables, desde la perspectiva global del problema energético y de los costos sin dejar de lado la preocupación por el entorno natural ya que como se indicara en el Congreso Mundial de Tendencias de la Energía y la Electricidad de 1989:

"Durante siglos se dispondrá de recursos para producir energía nuclear, ya sea con uranio o plutonio, proceso que por demás es económicamente viable".³⁷

Lo anterior queda aun más claramente de manifiesto al observar los datos de la situación en la que se encuentra actualmente la nucleoelectricidad a nivel mundial.

Hoy en día son ya 24 países los que aprovechan la electricidad generada por medios nucleares. Además otros países como Cuba, China, Irán y Rumania están construyendo sus primeras centrales nucleares.

³⁶ SEMENOV, B. GUTHRIE. Ob.cit.p.21.
³⁷ Ibidem.

A finales de 1990 se encontraban funcionando en todo el mundo 423 reactores nucleares con una potencia instalada neta total de 326 gigavatios eléctricos (GWe). Para ese mismo año se encontraban 83 reactores en construcción, con un total de cerca de 66 GWe. Así mismo, se conectaron diez nuevos reactores a redes de distribución eléctrica en Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón, y la hasta entonces URSS.

En términos energéticos, la energía nucleoelectrónica generó alrededor de 1901 teravatios-hora de electricidad, lo que equivale a un aumento de 2.5% con respecto a 1989, representando el 16.8% del total de la electricidad generada en el mundo. Por citar algunos ejemplos de la participación que ha logrado alcanzar la energía nucleoelectrónica en el mundo, se puede recordar que en Francia el 75% de la electricidad se genera por medio de reactores nucleares; en Bélgica, 61%; en Hungría, 51%; en la República de Corea, 49%; en Suecia, 46%; en Suiza, 42%; en España, 38%; en Finlandia, 35%; y Japón el 26%. En la actualidad diez países generan más de 30% de su electricidad utilizando la energía nuclear.³⁸

"En 1990, la generación de electricidad en plantas nucleoelectrificadas aumentó en 4.1% en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), cuyos miembros principales son los países industrializados de Europa, América del Norte, Asia y el Pacífico".³⁹

En lo que respecta a la capacidad nuclear instalada, en 1990 correspondió a los países miembros de la OCDE el 81.4% de dicha capacidad, a los Estados miembros

³⁸ Véase: Boletín OIEA Vol 32 N°2 1990 Viena Austria p.58.

³⁹ Boletín OIEA Vol.33 N°2 1991 p.42.

del recientemente desaparecido, Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), el 13%, y a los países en desarrollo solamente el 5.6%⁴⁰. Estos datos, mejor que cualquier otro indicador hacen patente en toda su magnitud el vínculo inexorable entre capacidad para generar energía y desarrollo socio-económico.

Se espera que durante los próximos diez años la energía nucleoelectrónica recupere el nivel de crecimiento que alcanzó durante la década de los setentas, ya que en el último decenio observó una disminución del ritmo de crecimiento, sobre todo a raíz del accidente de Chernobyl, el cual llegó a influir drásticamente en forma negativa en el desarrollo de esta tecnología. Sin embargo, en función del incremento en el consumo de electricidad a nivel mundial y de la nueva conciencia ecológica imperante a nivel planetario se prevee una recuperación importante de la industria nuclear por lo menos a mediano plazo. Según estimaciones recientes del OIEA, el aumento total proyectado en la capacidad de generación de energía nucleoelectrónica en el escenario menos optimista es de 326 GWe en 1990 y de unos 460 GWe para el año 2010, lo que equivale a una tasa de crecimiento medio anual de 1.7% y un incremento total de alrededor de 130 GWe durante el período.

Durante el mismo período se espera que la capacidad de generación de energía nucleoelectrónica de los países en desarrollo, ascienda a 46 GWe en el año 2010, lo que equivale a 28 GW adicionales de capacidad nuclear, a una tasa de crecimiento

⁴⁰ Véase: "El papel futuro de la energía nucleoelectrónica". *Boletín OIEA* 3:1991 p.22-24.

medio anual de 4.7%. En virtud de lo anterior, se espera que la nucleoelectricidad en los países en desarrollo, tenga una mayor participación en la generación de electricidad aumentando de 4% en 1990 a 6% en el 2010.⁴¹

Las siguientes gráficas ilustran la situación actual en la que se encuentra la nucleoelectricidad en el mundo hasta 1991

⁴¹ Véase: *Boletín OIEA 3/1991 ob.cit.*

REACTORES NUCLEARES EN OPERACION Y EN CONSTRUCCION A FINES DE 1991

PAIS	REACTORES OPERACION	EN	REACTORES CONSTRUCCION	EN	ELECTRICIDAD PRODUCIDA	% de total
	No. de unidades	Total MW (e)	No. de unidades	Total MW (e)	TW(e).h	
Alemania	21	22 390	-	-	140.0	27.6
Argentina	2	935	1	692	7.2	19.1
Bélgica	7	5 484	-	-	40.4	59.3
Brasil	1	626	1	1 245	1.3	0.6
Bulgaria	6	3 538	-	-	13.2	34.0
Canadá	20	13 993	2	1 762	80.1	16.4
Corea Rep.de	9	7 224	3	2 550	53.5	47.5
Cuba	-	-	2	816	-	-
Chcslo	8	3 264	6	3 336	22.2	28.6
China	1	288	2	1 812	-	-
España	9	7 067	-	-	53.2	35.9
E.U.A.	111	99 757	3	3 480	612.6	21.7
Finlandia	4	2 310	-	-	18.4	33.3
Francia	56	56 873	5	7 005	314.9	72.7
Hungría	4	1 645	-	-	12.9	48.4
India	7	1 374	7	1 540	4.7	1.8
Irán	-	-	2	2 392	-	-
Japón	42	32 044	10	9 192	209.5	23.8
México	1	654	1	654	4.1	3.6
Países Bajos	2	508	-	-	3.5	4.9
Pakistán	1	125	-	-	0.4	0.8
Reino Unido	37	11 710	1	1 188	62.0	20.6
Rumanía	-	-	5	3 125	-	-
Sudáfrica	2	1 842	-	-	9.1	5.9
Suecia	12	9 817	-	-	73.5	51.6
Suiza	5	2 952	-	-	21.7	40.0
URSS	45	34 673	25	21 255	212.1	12.6
<u>Yugoslavia</u>	<u>1</u>	<u>632</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>4.7</u>	<u>6.3</u>
TOTAL	420	326 611	76	62 044	2009.1	--

NOTA: El total anterior incluye 6 unidades más en operación instaladas en Taiwan, con una capacidad de 4890 MW(e), con 33.9 TW(e).h de electricidad generada lo que equivale al 37.8% del total producido.

Fuente: International Atomic Energy Agency (IAEA). Press Release 6 abril 1992

**REACTORES DE INVESTIGACION EN FUNCIONAMIENTO EN
EL MUNDO.**

PAIS	NUMERO DE REACTORES	PAIS	NUMERO DE REACTORES	PAIS	NUMERO DE REACTORES
Alemania	25	Francia	20	Portugal	1
Argelia	1	Grecia	2	Reino Unido	11
Argentina	5	Hungria	3	Rumania	2
Australia	2	India	6	Suecia	2
Austria	3	Indonesia	3	Suiza	4
Bangladesh	1	Iran	2	Tailandia	1
Bélgica	5	Iraq	2	Turquía	2
Brasil	4	Israel	2	URSS	25
Bulgaria	1	Italia	6	Venezuela	1
Canada	14	Jamaica	1	Viet Nam	1
Chile	2	Japón	18	Yugoslavia	3
China	12	Libia	1	<u>Zaire</u>	<u>1</u>
Colombia	1	Malasia	1		
Corea Pop.	1	México	4	Total	
Chclq	4	Noruega	2	Mundial	323
Dinamarca	2	Países B.	2		
Egipto	1	Rep.Corea	3		
E.U.A.	92	Pakistán	2		
Filipinas	1	Perú	2		
Finlandia	1	Polonia	3		

NOTA: El total incluye un reactor de investigación en funcionamiento dependiente de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), y cinco reactores de investigación en Taiwán, China.

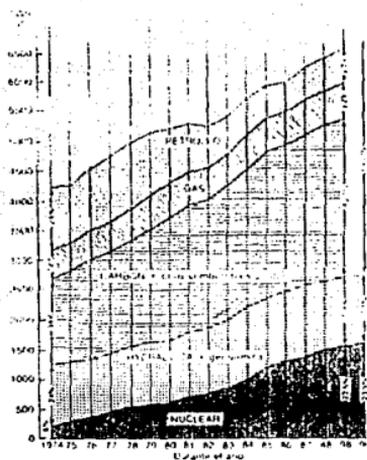
Fuente: Base de datos del OIEA sobre reactores de investigación. Boletín OIEA 3/1991 p.37

Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad.



Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad

Generación (bruta) de electricidad



Las gráficas anteriores muestran la creciente importancia de la energía nucleoelectrónica hasta el momento y su proyección a futuro. De su análisis podemos concluir que en la medida que la disponibilidad de energía es imprescindible para el desarrollo de la economía mundial, y toda vez que la demanda de energía crecerá como ya se mencionó, entre 50% y 75% en los próximos 30 años, es de esperarse que la energía nucleoelectrónica mantendrá y mejorará su posición como fuente energética, no sólo debido al aumento real de la demanda, sino muy especialmente debido a la preocupación general en torno a la protección del ambiente.

Dado que el principal problema de la contaminación y del deterioro del planeta es causado por la quema de combustibles fósiles, es apremiante adoptar una política energética que encare la amenaza del calentamiento global; es necesario un compromiso mundial en torno a la máxima conservación de energía, la repoblación forestal, y un mayor uso de las fuentes renovables, pero en vista de que esto por sí solo no es suficiente y aún menos a corto plazo, por lo tanto, durante el período de transición del uso de los combustibles fósiles al uso de las fuentes renovables es innegable la importancia que reviste la opción nuclear como fuente generadora de electricidad.

"No sólo debemos de mantener la capacidad nucleoelectrónica existente, sino también ampliarla de manera considerable. El que esto sea lo que ocurra en realidad no es en modo alguno una conclusión inevitable. Debemos de garantizar que la energía nucleoelectrónica funcione en forma segura y económica, que se cree una cultura internacional de seguridad nuclear. Debemos vencer la

resistencia a la construcción de instalaciones para el almacenamiento del combustible gastado y para la evacuación de los desechos. Es preciso desmitificar la energía nuclear".⁴²

Sin lugar a dudas la energía nuclear se ha convertido en una de las opciones energéticas a corto y mediano plazo con mejores perspectivas de crecimiento, ejemplo de ello es el número cada vez más grande de reactores en construcción y las decididas políticas de varios países a hacer de la energía nuclear una fuente importante en el suministro de electricidad que requieren para su crecimiento y desarrollo. En este sentido podemos señalar el caso de Japón, cuyo Ministerio de Industria y Comercio declaró en agosto de 1990, que uno de sus principales objetivos era que para el año 2010 Japón deberá disponer de 40 nuevas centrales nucleares con lo que la producción de electricidad nuclear para ese año será, según se estima de 473 millones de Kwh, un 43% de la total estimada para el país.⁴³

Asimismo, se espera que en octubre del presente año llegue a su nivel de criticidad el reactor japonés Monju, para poder ser acoplado a la red en 1993. Además Japón mantiene una investigación de vanguardia en el área nuclear, lo que le ha permitido ser uno de los países líderes en la construcción de los primeros reactores de diseño avanzado.⁴⁴ Un dato más que resulta importante añadir es el hecho de que Japón ha concluido su planta de enriquecimiento isotópico de uranio en Rokkasho, esta planta

42 Blix, Hans. Ob.cit.p.43.

43 Véase: *Nuclear News*, Agosto 1990.

44 Véase: *INFO* Mayo 1991

tiene una capacidad de 150 toneladas de uranio enriquecido por año siendo ésta la primera de un programa mayor mediante el cual se espera concluir tres plantas más de éste tipo para 1994.⁴⁵

Los datos anteriores resultan de particular importancia si consideramos que este país fue el que sufrió directamente los devastadores efectos de la energía nuclear con fines bélicos durante la Segunda Guerra Mundial, y ahora están decididos a desarrollar un amplio programa nuclear capaz de promover el progreso en un ambiente de paz.

Pero no sólo Japón está desarrollando su programa nuclear; Francia por su parte, aún que es el país más nuclearizado del mundo, continúa haciendo crecer su número de instalaciones nucleares. Se espera que la planta Golfech entre en servicio en enero de 1993, la Chooz B1 en mayo de este mismo año y la Chooz B2 en marzo de 1994. Hay varias más programadas para más adelante.⁴⁶

Los países en desarrollo también están considerando la viabilidad de la opción nuclear como una alternativa a sus requerimientos energéticos; por ejemplo Marruecos ha firmado un contrato con la empresa americana General Atomics para la construcción de un reactor nuclear de 1.5 Mw térmicos modelo Triga Mark II para investigación, que se espera entre en operación a mediados de 1993 iniciando con ello su programa nuclear.⁴⁷ Por su parte la India y Pakistán están negociando con Francia la concesión de créditos y apoyo tecnológico para la instalación de nuevas centrales nucleares con capacidad de más de 900 MWe.

45 Véase: *Power in Asia*. 24 sep. 1990.

46 Véase: *Bulletin Aspea No. 18* 1990.

47 Véase: *Nuclear Week agosto 1991*.

En este sentido podemos seguir mencionando otros países como Indonesia, Bulgaria, Argelia, Polonia, Checoslovaquia, Finlandia, Rumania, Dinamarca, África del Sur, Cuba, Corea, México y muchos más que se encuentran promoviendo arduamente sus programas nucleares ya sea a nivel de investigación, construcción de los primeros reactores o ampliación de su red ya instalada para generar electricidad.

Observando la importancia de la opción nuclear algunos países que estaban contra este tipo de energía han reiniciado sus programas o están prontos a hacerlo. Por ejemplo, en septiembre de 1990, tuvo lugar un referendun en Suiza donde los votantes rechazaron el cierre, que se tenía previsto, de sus centrales nucleares.⁴⁸ Por su parte Suecia ya no parará sus centrales nucleares como se tenía planeado en base al dictamen de su Parlamento, el cual establecía el cierre total de las plantas para el año 2010, ésto fue anunciado en enero de 1991 debido a que los costos de la electricidad no nuclear han aumentado notablemente y no se ha logrado encontrar otra fuente alterna menos contaminantes que las ya existentes.⁴⁹

En este mismo sentido, Holanda piensa levantar la moratoria nuclear que impusiera después del accidente de Chernobil, la cual supuestamente iba a durar hasta el año 2000. Sin embargo por razones económicas y ambientales que justifican no sólo levantar la moratoria sino construir nuevas centrales, ésta se levantará en 1994.⁵⁰

Ante este panorama energético mundial, y de la posición desempeñada por la energía nucleoelectrónica es inegable la creciente importancia que adquiere en el plano

48 Véase: *Flash Nuclear* No. 208 oct. 1990.

49 Véase: *Flash Nuclear* Num. 205 agosto 1990 España.

50 Véase: *European Energy Report*. 3 mayo 1991.

internacional el comercio del uranio dado que en todo momento que se habla de la energía obtenida por medios nucleares inevitablemente se habla del uranio debido a que es la materia prima a partir del cual se logra obtener el combustible nuclear.

En el siguiente capítulo exploraremos las condiciones que imperan actualmente en el mercado internacional de esta materia prima estratégica.

CAPITULO 4. EL COMERCIO INTERNACIONAL DEL URANIO.

Aspectos generales.

El análisis de la compleja trama de interacciones económicas y comerciales, producto de los inevitables intercambios entre los países, nos permite entender muchas de las contradicciones que se desarrollan en el sistema económico internacional y por ende, ayudan a explicarnos problemas tales como los relacionados con los distintos niveles de desarrollo y la pobreza en el sistema internacional. En este contexto, el comercio internacional de materias primas desempeña un papel fundamental en el flujo de las transacciones en el marco del comercio mundial.

El comercio de materias primas se enfrenta actualmente a una serie de problemas y limitaciones que van desde restricciones a los mercados hasta problemas de orden estructural, ya sea de las economías nacionales o bien de la estructura económica internacional. No obstante esta situación, el comercio de materias primas se mantiene como una actividad básica en los intercambios de mercancías que coadyuvan a definir el panorama internacional contemporáneo: pobreza o riqueza, desarrollo o subdesarrollo, escasez o abundancia, productividad o dependencia en los diversos polos de desarrollo que caracterizan a la geografía política de nuestro planeta.

Los productos básicos, como ya se señaló son los insumos fundamentales para la fabricación de productos más elaborados, los cuales son vendidos en mercados ya sea nacionales o internacionales dando así el impulso vital al sistema capitalista donde la actividad comercial desempeña un papel muy importante.

Es oportuno señalar que si bien, el comercio de materias primas es una actividad básica del sistema capitalista, no debemos pensar que éste se desarrolla de manera

uniforme y ordenada, sino que va a estar determinado por el tipo de producto que se comercia. En este sentido es que las materias primas estratégicas como el petróleo, el acero, y el uranio entre otras, desarrollan un tipo de comercio muy distinto al que se podría dar en materias primas como las que son características del sector agrícola. En función de lo anterior, podemos añadir que el análisis del uranio como mercancía estratégica en el mercado internacional revela que, mucha de la inestabilidad que refleja su precio tiene su origen, las más de las veces, en cuestiones políticas que en factores netamente económicos.

La actividad comercial en torno al uranio, es relativamente reciente, aunque ya desde el siglo pasado se tienen los primeros registros de exportaciones de uranio de Cornwall, Inglaterra hacia Alemania, con el fin de ser utilizado como agente colorante para el vidrio, no es sino hasta este siglo cuando el mercado del uranio con fines energéticos empieza a surgir y desarrollarse. En un primer momento, el interés por el uranio se origina a partir de las necesidades de este mineral por parte de los países más interesados en procurarse una industria militar con armas nucleares, utilizando el uranio como materia básica; posteriormente empieza a gestarse el comercio del uranio con fines pacíficos, a partir del fomento del mercado civil para plantas nucleoelectricas, aproximadamente hacia la segunda mitad de la década de los cincuentas y más intensamente en la siguiente década.

Sin lugar a dudas, el uranio es una materia prima estratégica que paulatinamente ha ido cobrando mayor importancia, sobre todo por su utilización como fuente alterna de energía, ésto se ha dado principalmente, en la medida que se ha podido comprobar el indisoluble vínculo que existe entre desarrollo socio-económico y capacidad de generación de energía y electricidad, aunado a los problemas de tipo ecológico, que

como ya se indicó en el capítulo 3, se han convertido en una cuestión prioritaria de los asuntos internacionales. Tal situación ha repercutido directamente en el fortalecimiento del uranio a nivel mundial e incrementado su importancia como materia prima, ya que hasta el momento y en proyección a corto plazo, la energía nucleoelectrónica ha podido demostrar su competitividad económica y su reducido impacto sobre el medio ambiente, lo que la coloca como una de las opciones energéticas viables y redituables; de este modo, el uranio se ubica en una posición especial ya que es la materia prima a partir de la cual se logra obtener dicha forma de energía. Desafortunadamente tal importancia en términos energéticos no ha logrado proyectarse en precios equilibrados, sino que ha ocurrido todo lo contrario. Cada vez más, los precios se encuentran a la baja, teniendo esto repercusiones directas en el mercado de esta materia prima estratégica, por la forma como se han visto afectados los productores.

Históricamente el uranio ha estado sujeto a los mismos vaivén que otros minerales convertidos en mercancías, es decir, gran variación tanto en la demanda como en el control de precios. Sin embargo, la elasticidad de los precios no se compensa con la de los costos de producción, lo que provoca una mayor incertidumbre en cuanto a las posibilidades de este mineral de soportar la inestabilidad del mercado. En este sentido se puede señalar que la situación por la que actualmente atraviesa el mercado del uranio es paradójica, ya que si bien se ha comprobado la imperiosa necesidad de contar con alternativas energéticas que permitan sostener el desarrollo de los países industrializados y, por otra parte, promover el de los subdesarrollados sin descuidar las cuestiones de tipo ambiental y ecológicas que tanta relevancia han alcanzado en la última década, el uranio no ha podido mejorar su situación en el mercado

internacional, observándose una constante tendencia a la baja de los precios durante más de una década, lo cual ha propiciado el cierre de varias minas e industrias relacionadas con la actividad uranífera, a pesar de que el uranio es el combustible que mejor ha respondido a las expectativas y necesidades energéticas del mundo en la actualidad, siendo un recurso redituable tanto en costos como en beneficios.

En la medida que se observa que la importancia del uranio va aumentando, tanto los países consumidores como los productores buscan establecer condiciones favorables a sus propios intereses, lo cual tiene consecuencias directas en la situación del mercado internacional del uranio, que desde el inicio de los ochentas se caracteriza por una situación de inestabilidad constante y de una baja de los precios que repercute directamente en las políticas adoptadas por los países que de una u otra manera intervienen en este comercio.

A continuación se aborda el tema del comercio del uranio, sus principales tendencias en cuanto precios, producción, consumo, problemas a los que se enfrenta y sus repercusiones en el mercado internacional.

Situación del mercado internacional de uranio.

El mercado no-militar del uranio empezó a desarrollarse a partir de la década de los sesentas en respuesta a la demanda de combustible para el creciente número de centrales nucleoelectricas que empezaban a utilizarse en varios países, lo que propició un crecimiento notable de la producción de uranio pasando de niveles considerablemente bajos a principios de los cincuentas (a excepción de la producción en el sector militar la cual no se tiene cuantificada) hasta alrededor de 40,000 toneladas en 1981. Sin embargo, este crecimiento no fue ni estable ni pronosticable al paso de las tres décadas transcurridas.

El auge de la demanda del uranio hacia principios de los sesentas impulsó una exploración considerable en varios puntos del planeta. Los resultados de dichos trabajos están debidamente registrados en la contabilidad de los países desarrollados de occidente, no así para el caso del ex-bloque socialista del cual sólo se tienen datos poco confiables. Por lo que respecta a los países en desarrollo que intentaron fomentar sus propios programas de exploración existen los datos oficiales, pero no hay registro alguno del mineral que los países más desarrollados pudiesen haber extraído de territorios donde la falta de conocimientos y de tecnología impedían a los locales identificar siquiera sus propios recursos naturales. También empezaron a proliferar por aquel entonces las plantas de extracción; se abrieron 26 plantas en los Estados Unidos durante 1960-1962; 19 en Canadá en 1959 y muchas más en otros países, sobre todo en Sudáfrica. Sin embargo para 1970, muchas de estas plantas ya habían cerrado debido a que la demanda que originalmente se había anticipado no logró materializarse.

Un segundo período de crecimiento para este tipo de actividad empezó a principios de los setentas, cuando la crisis energética de 1973, motivada por el embargo petrolero de la OPEP, aceleró la demanda de energía nuclear. Esto provocó que la propia demanda de uranio aumentara, la exploración se intensificara y los precios aumentaran; además, se abrieron nuevas minas, lo que provocó que en 1980 se lograra el récord de producción de 40,000 toneladas de uranio en ese año, cifra que no se ha vuelto a repetir hasta la fecha y que tampoco se vislumbra para el futuro inmediato.

Sin embargo, este aparente auge no duró mucho. Desde principios de la década de los ochentas, la recesión mundial se intensificó, provocando que la demanda de energía disminuyera al igual que la demanda del mineral. La industria del uranio se encontró otra vez en una situación peligrosa que se reflejaba en una oferta excesiva y una constante baja en los precios. En el mercado spot, los precios descendieron de 42 dólares la libra de U_3O_8 en 1979 hasta por debajo de los 20 dólares en 1982. Esto dió como resultado el cierre de varias fábricas procesadoras, además se aplazaron varios proyectos de apertura de nuevas minas y disminuyó considerablemente la exploración de éstas.

Es oportuno señalar que si bien, los factores de tipo económico han sido muy importantes en el devenir mismo del mercado del uranio, también deben de considerarse otros elementos que ejercen presión en la situación del mercado, sobre todo cuando se refiere a una materia prima como el uranio con características tan peculiares; tal es el caso de los accidentes que han ocurrido en centrales nucleares por ejemplo el de Three Mile Island, ya que resulta curioso observar como el auge tan importante de los programas nucleares de la década de los setentas llega a su fin en 1979, y comienza su desplome abrupto, lo que coincide con el accidente ya mencionado y que ocurrió

precisamente en 1979, fecha a partir de la cual no se han vuelto a solicitar permisos de construcción para nuevas centrales y sí por el contrario, entre 1979 y 1983 se cancelaron varios proyectos. Además hay que mencionar la nueva conciencia ecológica a nivel planetario, la cual desde hace ya varios años induce a los gobiernos a establecer marcos jurídicos y controles más severos sobre aquellos productos o materias primas que tienen incidencia en los problemas ambientales, lo cual también ha afectado al mercado del uranio.

Esta situación pone de manifiesto la injerencia que tienen otros factores en el comercio del uranio, sobre todo por tratarse de un recurso energético cuya capacidad radiactiva le imprime un rasgo muy especial que impacta más de forma psicológica que de manera real, y por ende cualquier anomalía, aunque sea mínima, incide fuertemente en las condiciones del mercado.

Al iniciarse la última década del presente siglo, la situación del mercado del uranio ha cambiado poco respecto a la de la anterior, ya que las estimaciones hechas sobre el crecimiento de la energía nucleoelectrónica durante el decenio de 1970, para la actual década, han resultado demasiado optimistas frente a las condiciones imperantes hoy en día. La realidad muestra un crecimiento de la energía nucleoelectrónica, aunque constante, sí más lento de lo que se esperaba, propiciado tanto por cuestiones políticas como económicas, las cuales se han visto acentuadas por los accidentes de Three Mile Island y Chernobyl, que como ya indicaba anteriormente, ejercen una presión adversa hacia cualquiera de las actividades vinculadas con el ciclo del combustible nuclear.

Es cierto que riesgos los hay en todas las actividades que el hombre desempeña, pero como ya se indicó en el capítulo tres, los riesgos en las actividades nucleares se han visto envueltos en una atmósfera de misticismo que impide evaluar de manera objetiva sus efectos reales, ésto como consecuencia de la tan desafortunada forma como fue presentada la energía nuclear ante la opinión pública en 1945. Incluso antes de este trágico suceso, durante las tres primeras décadas de este siglo, a medida que se corría el velo del progreso científico relacionado con el conocimiento de la estructura de la materia a partir de las nuevas teorías atómicas, ya la imaginación popular había sido nutrida con imágenes de criaturas monstruosas resultantes de mutaciones radiactivas, o de científicos locos que urgando en los secretos de la naturaleza habían descubierto los secretos de la transmutación, y al mismo tiempo, desarrollado la capacidad para destruir al mundo¹; sin embargo, es fundamental hacer a un lado este tipo de elementos psicológicos que se han visto exacerbados por los accidentes de Three Mile Island y Chernobyl que tanto han afectado al mercado del uranio, ya que haciendo un análisis de los accidentes y sus efectos, se puede concluir que hay una desproporcionada relación entre la magnitud real de éstos y el impacto adverso generado contra la energía nuclear, lo que definitivamente se proyecta en alteraciones en el mercado del combustible.

Esta situación también ha afectado a la industria del ciclo del combustible nuclear y especialmente al subsector de exploración de recursos de uranio, que constituye la

¹ WEART, Stenger. *Nuclear Fear: a History of Images*. Harvard University Press, London England 1988, p. 535. En esta obra, el autor hace referencia a varias novelas, series de televisión y películas llevadas al cine en las el fenómeno de la radiactividad y la fuerza atómica eran culpables de la aparición de seres mutantes o bien de la misma destrucción del planeta. Por ejemplo, se pueden citar las siguientes novelas: *El futuro como pesadilla* de Marc Hillégar; *The Island of Dr. Moreau* de H. Wells de 1896; *La nube morada* de Matthew Shiel de 1901. Al cine se llevaron las siguientes películas: *El Dr. Cyclops*, *La nave espacial hacia el infinito* (1936), *El reino submarino* (1936), *El imperio fantasma* (1935), entre otras; así mismo las series de televisión de héroes como *Flash Gordon*, *Crash Corrigan* y *Jane Autry* explotaban el mismo tema.

primera fase de las actividades encaminadas a producir combustible nuclear. Ante esta situación, muchos productores tuvieron que reducir tanto la búsqueda como la producción de uranio, salvo Canadá que ha mantenido en niveles considerables su producción gracias, entre otros factores, al apoyo de las autoridades del país.

El desarrollo del mercado del uranio, como se puede observar, se ha visto transformado continuamente, sobre todo a partir de la década de los sesentas, ya que en aquellos años, el mundo vivió una creciente demanda de energía, lo cual se conjugó con la recesión económica mundial, que aunado a las modificaciones en la correlación de fuerzas internacionales que controlaban la producción y comercialización de hidrocarburos, provocó que a principios de la década de los setentas se impusieran incrementos sustanciales a los precios del petróleo, lo que hizo imperativo buscar y fomentar el desarrollo de fuentes alternas de energía.

"Después de un siglo de basar la industrialización y el desarrollo en la explotación de los hidrocarburos, se volvió imperativo encontrar y desarrollar fuentes energéticas más baratas y abundantes que complementaran y sustituyeran gradualmente al petróleo en el perfil de la oferta energética".²

Actualmente, como ya se señaló, la situación del mercado internacional de uranio se puede definir como paradójica, ya que si bien es cierto que nadie niega la importancia de este mineral como materia prima estratégica, fundamental en el suministro de energía, no ha logrado alcanzar precios suficientemente atractivos como para que los productores puedan estabilizar el mercado.

2 URAMEX, *Desarrollos Energéticos*, México 1985 Vol. I p.64.

"El mercado actual del uranio es, en lo fundamental, un reflejo de varios parámetros económicos relacionados parcialmente entre sí: la demanda y la oferta de uranio en relación con los reactores y sus precios"³.

En el curso de los últimos años, el mercado internacional de uranio natural ha sufrido una serie de cambios dramáticos. El más importante de ellos ha sido la caída de los precios de 16.50 dls. la libra en diciembre de 1987 a unos 10.00 dls. en abril de 1989. Esto ha sido el resultado de una reserva de uranio bastante superior a los recursos demandados.

No obstante el oscuro panorama, existen algunas tendencias positivas, cuando menos desde el punto de vista de los oferentes. Por una lado se puede decir que durante 1990, mejoró la situación de Namibia, país que por sí solo posee casi la décima parte de la capacidad uranífera del mundo fuera de los países que anteriormente integraban el bloque socialista. Por otra parte, el papel de China y la URSS como abastecedores mundiales también se ha incrementado. Pero del lado de los aspectos que afectan negativamente al mercado, tenemos la política de precio mínimo del gobierno australiano y su política de mantener sólo tres proyectos mineros en operación, además de la preocupación por la creciente concentración de empresas entre los abastecedores de uranio.

En general se puede decir que la evolución del mercado del uranio obedece a leyes económicas normales donde interactúan la oferta y la demanda, surgiendo de dicha interacción un precio, lo cual aunado a cuestiones de tipo político y de opinión

³ MULLER-KAHLE, Eberhard. "La situación en el mercado del uranio y sus repercusiones sobre las tendencias en la exploración y el desarrollo de los recursos de uranio". Boletín OIEA 3/1990.

pública, determinan las principales tendencias en el mercado. Sin embargo, en el caso del uranio también tienen una incidencia notable los problemas energéticos mundiales como ocurrió con la crisis de 1973⁴.

Respecto a las perspectivas futuras del mercado del uranio, éstas dependerán principalmente de lo que suceda con la oferta, ya que mientras sigan llegando al mercado grandes existencias disponibles, habrá una oferta excesiva y en consecuencia debilidad en los precios, sobre todo por que en estos momentos una parte considerable del material se está vendiendo incluso por debajo de su costo real de producción. Si ésto sigue ocurriendo, la industria del uranio se verá más afectada ya que, los productores cuyos costos son más altos difícilmente podrán mantener la rentabilidad de sus operaciones en esas condiciones del mercado, aunque bien puede cambiar la situación si aumenta, como se tiene previsto, la demanda de energía nucleoelectrónica⁵.

Además de las variables de tipo económico que previsiblemente incidirán en la situación del mercado a futuro, también existen otros factores de tipo político que podrían afectar al mercado en los años venideros. Entre los más importantes se pueden mencionar: la independencia de Namibia, ya que por la cuestión del apartheid las importaciones de uranio de Namibia y Sudáfrica estaban restringidas en varios países, por ejemplo en los Estados Unidos en base al Acta antiapartheid de 1986; la política gubernamental australiana, y la participación de China y la hasta hace poco URSS que se erigen actualmente como importantes proveedores potenciales. Cada uno de estos factores puede tener o bien una repercusión positiva en el sentido de convertirse en

4 Véase: *La Industria Nuclear en México, Análisis de Perspectivas*. SUTIN 1984 p.35-37.

5 Véase: MULLER-KAHLE ob.cit.p.p.30-31.

nuevos recursos o bien incidir negativamente al convertirse en restricciones adicionales a la oferta. Un aspecto más que vale la pena señalar y que ha afectado negativamente al mercado del uranio es el hecho que con la firma y ratificación del Acuerdo de Libre Comercio (ALC) entre Estados Unidos y Canadá hacia fines de 1988, el gobierno norteamericano y las empresas eléctricas de éste se han dado el lujo de poder considerar los abundantes recursos uraníferos del Canadá como un recurso seguro y de fácil acceso, provocando con ello desequilibrios importantes en el mercado mundial, ya que Canadá es el principal productor de recursos de uranio y lo que ocurra en este mercado definitivamente afecta en el plano internacional⁶.

Otro tipo de factores que inciden en los precios del uranio y por ende en la situación misma del mercado son los referentes a los costos de producción. Respecto a esto se tiene poca información, sin embargo continúa habiendo una presión a la alza sobre las variables de mayor costo tales como salarios e insumos externos para la producción. Ante esta panorama, el costo del desarrollo y expansión de las actividades de producción y exploración se opone a la tendencia hacia la baja que muestran los precios de uranio haciéndose con ello cada vez menos remuneradores, lo cual contrae de manera significativa las actividades de producción. Respecto a esta situación podemos citar que:

"Según estimaciones recientes acerca de los costos de producción de uranio en los países de la región de WOCA, cerca de un 50% de la producción actual podría lograrse a un costo de 65 Dólares KgU o menos lo cual equivale aproximadamente

⁶ Véase: STEYN, J. "Tendencias en el Mercado Internacional del Uranio", Nuclear Engineering International. Septiembre 1989.

al precio promedio de los contratos durante 1988. Esto implica que la mayor parte de la producción de uranio de WOCA no resulta económica bajo las actuales condiciones del mercado"7.

Frente a este panorama nos podríamos preguntar cómo han podido ciertos productores mantenerse en el mercado, dadas las condiciones de baja en los precios y aumento en los costos de producción. Ante estos problemas, muchos productores todavía han logrado vender su uranio al amparo de contratos más antiguos y favorables; sin embargo dichos contratos llegarán al fin de su vigencia y entonces cambiará la viabilidad económica en la producción de uranio si las condiciones del mercado no cambian. En vista de esta situación, existe una presión constante encaminada a reducir los costos de producción e incrementar la productividad para poder mantenerse en el mercado.

Recursos de uranio.

Cuando se aborda cualquier tema relacionado con intercambios comerciales, ya sea a nivel nacional o en el plano internacional, ocurre a menudo que uno se concentra excesivamente en variables tales como la oferta, la demanda, los sistemas de comercialización, y otros factores, como fundamentales en la determinación del comportamiento del mercado, pero pocas ocasiones nos detenemos a pensar en otras variables, las cuales también pueden influir decisivamente en la determinación de precios, y en la disponibilidad de la oferta. En este sentido nos referimos a la situación de los recursos potencialmente disponibles de la materia prima en cuestión, ya que en la medida en que ésta es más escasa, sus precios tienden a aumentar, ocurriendo lo

7 IAEA, *Yearbook 1990* IAEA Ob.cit.p.26.

contrario si es de fácil acceso o se encuentra en forma abundante. Además, es importante analizar la situación que impera actualmente en torno a los recursos de uranio, ya que partiendo de esta base se podrá entender mejor la dinámica del comercio respecto a las principales tendencias en la oferta y la demanda.

Las estimaciones sobre los recursos internacionales de uranio normalmente se reportan en una categoría de costos de hasta 80 dls/KgU, tal y como se define en el informe conjunto que publica la OECD/NEA y el OIEA, bajo el título de Recursos de Uranio, Producción y Demanda, también conocido como "Libro Rojo", pero como esta categoría está sustancialmente por encima de los precios que prevalecen en la actualidad, el Instituto del Uranio ha recopilado información directamente de los productores sobre sus recursos de costos más bajos de hasta 50 dls/KgU y hasta 25 dls/KgU, la cual ha publicado en el libro: Uranium in the New World Market Supply and Demand 1990-2010 editado en diciembre de 1991; información que se toma como base para el análisis siguiente aunada a la del "Libro Rojo".

Hacia finales de la década de los ochentas (1989-90), según información recabada en el informe sobre demanda y oferta de uranio conocido como libro rojo, los recursos de uranio mejor conocidos en el mundo, exceptuando el área de países que integraban el bloque de estados con economías de planificación centralizada, conocidos como Recursos Razonablemente Asegurados (RAR), producibles a un costo de 80 dls KgU (o 30 dólares la libra de U_3O_8) o menos, ascendían a 1.55 millones de tU, en comparación con los 1.625 millones de tU que se reportaron en 1988.

Otra categoría de recursos que incluye al uranio de más difícil acceso recibe el nombre de Recursos Estimados Adicionales categoría I (EARI) por sus siglas en inglés; respecto a este tipo de recursos, que también podían producirse a costos de 80 dls

o menos por KgU, a principios de 1989, se calculaba que ascendían a 0.77 millones de tU, lo cual, si se compara con las estimaciones de 1988 que ascendían a 0.86 millones de tU, se observa un descenso considerable; en realidad, la diferencia es producto de las estimaciones hechas con métodos más exactos.

Si se consideran tanto los recursos clasificados en la categoría RAR, como los EARL, producibles a un costo de 80 dls o menos por KgU, nos estamos refiriendo en conjunto a lo que se conoce como Recursos Uraníferos Conocidos de Bajo Costo, los cuales según las estimaciones más recientes llegan en total a unas 2.32 millones de tU en comparación con las 2.48 que se habían reportado en 1988⁸.

Respecto a estos tipos de recursos es importante señalar que su distribución geográfica está reducida a muy pocos Estados ya que más del 73% de estos recursos se localizan en solamente 4 países que son Australia, Canadá Níger y Sudáfrica, mientras que la mayor parte del porcentaje restante se localizan básicamente en 3 países que son Brasil, Namibia y los Estados Unidos⁹.

Adicionalmente a estos dos tipos de recursos conocidos de bajo costo, por otra parte se debe considerar que hay más de un millón de tU recuperables a un costo un poco más elevado que oscila entre los 80 y los 130 dls el KgU ó de 30 a 50 dls por libra de U₃O₈; sin embargo éste tipo de recursos son de menor interés desde el punto de vista económico debido a las condiciones actuales en las que se encuentra el mercado. Aunque seguramente irán cobrando mayor importancia con el paso del tiempo.

⁸ Véase: OCDE/NEA and IAEA, *Uranium Resources, Production and Demand 1990*, Paris, December 1991.

⁹ Véase: IAEA *Yearbook 1990*, (IAEA) Vienna Austria 1990 p.24-26.

Aparte de los recursos conocidos, se tienen también los recursos aún no descubiertos, entre los cuales se incluyen las proyecciones no conocidas de recursos ya descubiertos denominados Recursos Estimados Adicionales categoría II (EAR II por sus siglas en inglés), y aquellos otros recursos que se piensa que pueden existir en depósitos que aún estarían por encontrarse llamados Recursos Especulativos ó SR. Respecto a estos dos tipos de recursos, se estima que puede haber entre 4.6 y 6.0 millones de tU los cuales se piensa, pueden ser recuperados a un costo máximo de 130 dls.KgU o 50 dls la lb de U_3O_8 .

Hasta aquí, toda la información se refiere a los estudios elaborados por el OIEA y la NEA de la OCDE dados a conocer a través del "Libro Rojo", sin embargo, como ya se mencionó, el Intituto del Uranio, con sede en Londres elaboró recientemente un informe mediante datos recabados directamente con los productores a través de un cuestionario, debido a que los niveles manejados en el Libro Rojo ascendían en mucho los nuevos costos que han surgido como consecuencia de las fluctuaciones en el mercado del uranio.

De acuerdo a las encuestas elaboradas por el Instituto del Uranio, hay muy pocos Recursos Razonablemente Asegurados en la categoría de costos bajos de hasta 25 dls/KgU. De esta manera, el total reportado de 476 800 toneladas de recursos de esta categoría, que equivale al 29% del total de RAR de hasta 80 dls/KgU, incluye algunos depósitos aún no desarrollados y recursos que pueden ser recuperados solamente si las vidas útiles de las minas se alargan. Además, en otros casos las políticas de los gobiernos pueden impedir el desarrollo de dicha producción. Para el caso de América del Norte, 87,800 toneladas de uranio fueron reportadas en esta categoría de bajos costos, y para el resto del mundo excepto Australia y el ex-bloque oriental y China,

se reportaron 56,000 tU. En forma combinada, estos recursos podrían cubrir dos años y medio de los requerimientos de uranio para los reactores occidentales actualmente en operación.

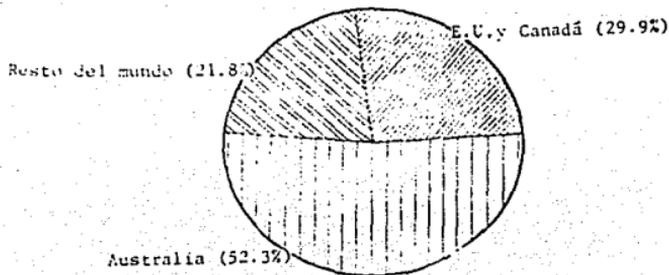
En América del Norte, los recursos de esta categoría de costos bajos son principalmente recursos de alto grado, los cuales se ubican en la provincia de Saskatchewan (Canadá), y en algunos depósitos de Estados Unidos, pero en menor grado de concentración, respecto al resto del mundo, los recursos de este tipo son más difíciles de ubicar.

En el caso de Australia, se han reportado unas 333,000 tU técnicamente extraíbles de las minas a costos de hasta 25 dls/KgU, ya que los costos de producción pueden ser compartidos o absorbidos en la producción de otros productos, en consecuencia el nivel de producción de estos recursos de bajo costo dependería de las perspectivas de venta que tengan los otros productos; sin embargo la política del gobierno australiano de mantener sólo tres minas limita esta posibilidad.

Otra categoría de Recursos Razonablemente Asegurados a bajo costo contempla recursos producibles hasta 50 dls/KgU. Respecto a éstos, la cantidad de recursos reportados es insuficiente para satisfacer la demanda a largo plazo, especialmente más allá de este siglo, por lo que tal demanda probablemente podrá ser satisfecha, sólo si los recursos que actualmente se encuentran en la categoría de costos más altos llegaran a bajar mediante el desarrollo de nuevas tecnologías que permitieran tal descenso, o bien, encontrando nuevos depósitos de bajo costo como resultado de una mayor exploración.

Sudáfrica por su parte, recientemente anunció contar con unas 80,000 tU de recursos razonablemente asegurados en la categoría de costos de hasta 25 dls/KgU y 140,000 tU en la categoría de costos de hasta 50 dls/KgU. No obstante, tales recursos no son contabilizados por el Instituto del Uranio ni por el OIEA, ya que no representan un monto importante, pues sólo existen como sub-producto, fundamentalmente, de los depósitos de oro, además de no existir recursos de uranio económicamente recuperables que puedan manejarse por sí mismos. En este sentido, toda vez que se prevee que la producción de oro declinará en el futuro, los niveles de producción de uranio no podrán mantenerse al ritmo actual. Así, las cantidades anunciadas de recursos de bajo costo dependen del comportamiento de la producción de oro y por lo tanto no se contabilizan en los datos sobre recursos de uranio que maneja el Instituto.

FIGURA 1. RECURSOS DE URANIO EN EL MUNDO OCCIDENTAL HASTA 50 dls/KgU.



**FIGURA 2. RECURSOS DE URANIO EN EL MUNDO OCCIDENTAL HASTA 80
dls/KgU.**

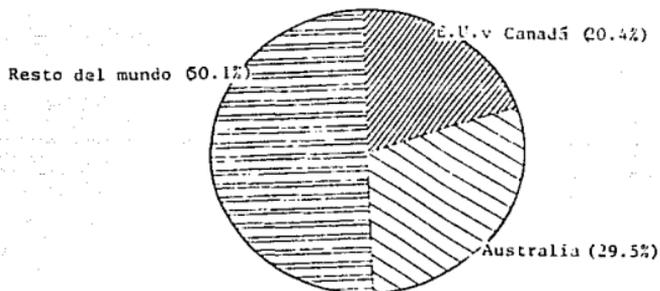
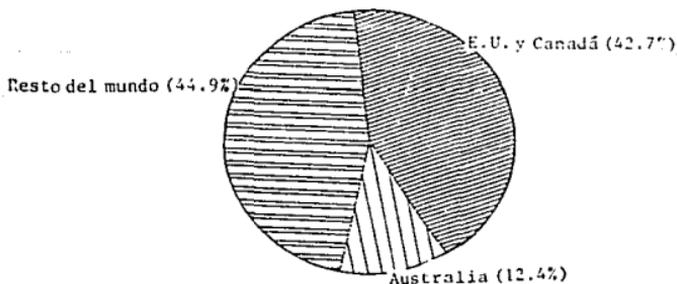


FIGURA 3. PRODUCCION DE URANIO EN EL MUNDO OCCIDENTAL EN 1990



Fuente: Uranium Institute. Uranium in the New World Market. Supply and Demand 1990-2010. London 1991 p.40.

La distribución geográfica de los recursos según las categorías de costos de hasta 50 y hasta 80 dls/KgU se muestra en las figuras 1 y 2. La figura 1 muestra que una gran porción de los recursos de hasta 50 dls/KgU, se encuentra en Australia, es decir más del 52%, en tanto que 26% está en Norte América y el restante 22% se ubica disperso por el mundo occidental, principalmente a lo largo de varios depósitos en Africa, ya que los recursos de Europa se ubican principalmente en la categoría de costos de hasta 80 dls/KgU.

La figura 2, muestra la distribución de los recursos de la categoría de costos de hasta 80 dls/KgU; esta figura nos muestran un reparto más equilibrado de los recursos entre un mayor número de países.

Como puede observarse, las figuras anteriores nos sugieren que Australia podría, convertirse en un gran productor sobre la base de sus propios recursos, pero ésto no ha sido posible debido a sus políticas gubernamentales. Por este motivo, Canadá se ha mantenido como el primer productor mundial pese a que tiene menor cantidad de recursos que Australia. Esto también se ilustra en la siguiente tabla:

TABLA 1. Recursos Razonablemente Asegurados (RAR) en el mundo occidental en las dos categorías de costos (toneladas de uranio).

<u>REGION</u>	<u>Hasta 80 dls/KgU</u>	<u>Hasta 50 dli/KgU</u>
E.U.A. y Canadá	361 300	227 900
Australia	486 500	460 000
Resto del mundo	816 000	192 200
Total	1 663 800	880 100

Fuente: Uranium Institute ob.cit.p.39.

Respecto a los recursos con los que cuenta la parte oriental de Europa, la ex-URSS y China se tienen muy pocos datos confiables, ya que la información brindada por estos países al Instituto a través de las encuestas elaboradas por sus especialistas, fue muy limitada. Aun así la información disponible se muestra en la siguiente tabla, pero sin poder definir a que categoría de costos corresponde o bien como se subdivide.

TABLA 2. Recursos de Uranio en Europa Oriental, ex-URSS y China (toneladas de uranio).

PAIS	Recursos	Recursos Estimados
	Razonablemente <u>Asegurados (RAR)</u>	<u>Adicionales (EAR)</u>
Bulgaria	15 000	30 000
Checoslovaquia	30 000	100 000
Hungría	19 000	10 000
Polonia	5 000	10 000
Rumanía	18 000	25 000
ex-URSS	465 000	326 000
China (Continental)	100 000	N.A.
Total (redondeado)	650 000	500 000

Fuente: Uranium Institute Ob.cit.p.41

Oferta y Demanda

La oferta y la demanda, ya sea de bienes o servicios, son llamadas fuerzas naturales del mercado y constituyen uno de los rasgos esenciales de las economías propias del sistema capitalista. Tanto la oferta como la demanda y el tipo de interacción

que se da entre ambas genera una dinámica particular en el comercio, por ello, para poder entender las principales tendencias y la situación que prevalece en el comercio de determinado bien o servicio es fundamental partir de las tendencias generales de estos indicadores.

Respecto a la demanda de uranio, ésta se basa en la capacidad de generación de electricidad por medios nucleares, ya que el uranio se utiliza casi de manera exclusiva en plantas nucleoelectricas (ésto refiriéndonos a sus aplicaciones con fines pacíficos).

"La demanda de uranio, ha sido definida como la cantidad de uranio natural o su equivalente, requerida para fabricar el combustible nuclear necesario para la primera carga o la recarga de los reactores existentes"¹⁰.

Teniendo en cuenta que la demanda de uranio está en función directa del número de reactores existentes para generar electricidad, es importante destacar que ésta se encuentra condicionada por varios factores que van desde los requerimientos energéticos, hasta la presión que ejerce la opinión pública respecto a la opción nuclear como fuente alterna de energía, tal y como ocurrió después del accidente de Chernobyl en abril de 1986. Así mismo, a través del tiempo, la demanda ha variado significativamente. Hacia mediados y fines de la década de los setentas, después de la crisis del petróleo de 1973, la energía nuclear fue considerada por varios países como una buena alternativa frente a la incertidumbre que rodeaba el suministro de combustibles fósiles y las irregularidades del potencial hidroeléctrico. A partir de este

10 Uranium Institute Ob.cit.p. 29.

momento, la demanda de uranio aumentó de una manera que no ha vuelto a repetirse, ya que se intensificaron los programas nucleares a fin de reducir la dependencia con respecto al petróleo de la OPEP.

A fines de los setentas, la demanda de uranio se duplicó respecto a las cifras de principios de esa década rebasándose las 30,000 t.U, como resultado del creciente número de órdenes de construcción de centrales nucleares. Sin embargo, debido a la recesión económica de los ochentas y las nuevas políticas en materia de conservación de la energía, el consumo energético se vio seriamente disminuído, lo que llevó a una reducción en los programas nucleares que a su vez condujo a una contracción progresiva de la demanda de uranio la cual continúa hasta nuestros días. Las perspectivas a futuro no muestran una recuperación importante a corto plazo.

Como han señalado expertos de la NEA/OCDE, y del OIEA, en las cuestiones del comercio del uranio, es muy difícil predecir la demanda a futuro, aunque no por ello debe de omitirse; sin embargo para tratar de hacer las proyecciones más confiables deben de tenerse en cuenta varios factores tales como:

- El crecimiento económico en general, medido en crecimiento porcentual del PNB, el cual en cierto modo depende de la disponibilidad de energía.*
- La intensidad del consumo energético de los diversos sectores de la economía en diversas partes del mundo, lo cual, en combinación con el crecimiento del PNB nos da alguna medida con respecto a la demanda global de energía.*
- La elasticidad de la demanda de electricidad con respecto al crecimiento económico, lo cual nos da una medida acerca del potencial de ahorro en el*

consumo de energía, por ejemplo, a través de medidas de conservación por una parte, y del cambio de industria pesada a industria de servicios y de alta tecnología por el otro.

- La tasas de penetración de la electricidad en los mercados de energía como porcentaje del total de la demanda de energía.

- la tasa de penetración de la energía nuclear dentro del mercado mundial de la electricidad, y a partir de ello, el potencial de la energía nuclear para reemplazar otros medios de generación de electricidad.

- La eficiencia de los combustibles de uranio en los diversos tipos de reactor.

- El uso de uranio reprocesado y/o plutonio en los reactores, y el paso a la introducción de reactores rápidos (de cría)"¹¹.

En este sentido, para poder apreciar las tendencias por las que ha atravesado la demanda y las proyecciones a futuro que sobre la misma se han elaborado, es preciso conocer los niveles en los que se encuentran los requerimientos de uranio en base a los reactores existentes hoy en día. Cabe señalar que, en la actualidad se necesita menos uranio por MWh de electricidad producido, aproximadamente de 10 a 20%, del que se requería hace 10 años, y según las estimaciones hechas a futuro, la demanda continuará cayendo, durante la década de los noventas, debido entre otros factores, a los avances tecnológicos que han permitido obtener un mayor número de megawatts diarios por cada tonelada de uranio cargada a los reactores, lo que permite una mayor competitividad de la opción nuclear frente a otras alternativas energéticas, sin embargo

11 Report NEA/OCDE and IAEA. URANIUM, Resources, Production and Demand 1980. Paris 1990.p. 57.

se espera que para el siguiente siglo se observe una recuperación de la demanda en función de la esperada expansión en varios proyectos nucleares a nivel mundial y el agotamiento de los inventarios que hoy en día afectan de forma negativa a la producción de uranio. La siguiente tabla muestra los requerimientos de uranio entre 1988 y 1990, y las proyecciones futuras en base a los reactores existentes sin considerar la ampliación de su vida útil.

TABLA 3. Requerimientos de uranio entre 1988-1990 y proyecciones hasta 2010 según reactores existentes. (En toneladas de uranio)

<u>Pais</u>	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Alemania	3439	3547	3333	3466	3415	3442	3379	3301
Argentina	118	102	141	141	202	208	208	208
Bélgica	986	988	1028	982	867	800	1353	1012
Brasil	8	38	49	52	66	264	266	267
Bulgaria	446	446	540	1122	743	1148	1299	1374
Canadá	1844	1844	1408	1782	1937	2018	2246	2752
China	0	145	521	347	685	579	880	874
Chcslvq	728	728	728	937	821	1816	1665	1826
Corea del Sur	1006	1308	1293	1292	1875	2225	2969	3650
Cuba	0	0	0	0	88	176	258	344
España	1252	1392	1244	1247	1259	1229	1222	1222
E.U.A.	15670	14374	15778	16757	16801	16805	16927	16030
Finlandia	480	480	481	467	449	591	587	584
Francia	8399	7276	8179	8319	8735	8409	8524	9572
Holanda	90	99	95	96	101	93	0	0
Hungría	408	408	408	303	388	376	368	364
India	195	85	222	226	417	1022	780	720
Japón	6002	6054	5761	7229	7579	9756	10147	9954
Lituania	*	*	*	432	458	732	488	244
México	258	0	56	91	194	200	202	204
Pakistán	4	1	7	8	11	357	137	137
Reino Unido	1860	1750	2030	2152	2206	1930	1569	1177
Rumania	0	0	0	0	85	176	264	264
Sudáfrica	266	272	209	213	233	256	256	256
Suecia	1786	1526	1617	1558	1472	1517	1517	1517
Suiza	546	528	545	548	575	576	1099	835
Taiwan	904	936	895	848	794	1185	1186	1184
ex-URSS	5620	5700	5417	4709	6026	6004	6433	6052
ex-Yugoslav	87	96	104	105	107	110	110	111
Total de occidente	45200	42841	44996	47926	49980	53572	55564	55567
Total ex- Comecon	7202	7282	7093	7503	8609	10428	10775	10468
Total Mundial	52402	50123	52089	55429	58589	64000	66339	66035

* Se incluyen en los requerimientos de la ex-URSS.

Fuente: Uranium Institute Ob.cit.p.34.

El cálculo de la demanda se realiza a partir de proyecciones a corto y largo plazo. Por ejemplo, en 1975, se estimó que los países del llamado WOCA, rebasarían una producción de electricidad generada por medios nucleares de más de 2000 gigavatios (GWe) para el año 2000, lo cual se traduciría en una demanda de 244,000 toneladas de uranio, sin embargo esta estimación fue excesiva y demasiado optimista, y contrasta notablemente con estimaciones más recientes que calculan una generación de electricidad de 337 Gwe, a partir de 49,000 tU, es decir, escasamente el 20% de las proyecciones de 1975¹².

"Para ser más precisos: se estima que la demanda de uranio en el WOCA aumentó de unas 4000 tU en 1965 a 41,500 tU en 1989. Esto equivale a una tasa de crecimiento anual de más de 10%. La proyección hasta el año 2005 prevé un nuevo aumento -aunque menor- de hasta casi 53,000 tU, o sea, alrededor del 1.5%, anual por lo tanto la demanda acumulada para el período 1990-2005 vendría a ser de unas 75,000 tU"¹³.

Respecto a las tendencias de la oferta y la demanda de uranio a nivel mundial y en proyección a futuro, recientemente la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (NEA/OCDE) ha preparado un informe sobre lo que se espera ocurra con estos indicadores a corto plazo (hasta el año 2005) y a largo plazo (hasta el año 2030). Según el informe, en el primer caso se espera que las necesidades de uranio relacionadas con los reactores de potencia aumentarán de unas 42,000 tU en 1990 a 53,000 toneladas para el año 2005. De

¹² Véase: *Uranium Resources, Production, and Demand*, NEA/OCDE/ OIEA Paris 1986.

¹³ MULLER-KAHLE E. Ob. cit. p.29.

conformidad con estas proyecciones, la producción de uranio a partir de recursos de bajo costo (80 dls/KgU) se mantendrá por debajo de la demanda, pero el déficit se cubrirá con las existencias de los grandes inventarios existentes en muchos países al igual que con las importaciones procedentes de China y los recursos de la recientemente desaparecida URSS.

Conforme a la proyección a largo plazo, se estima que las necesidades de uranio a bajo costo para reactores, ascenderán a 73,000 toneladas para el año 2030. Ante este panorama, las proyecciones de la oferta, teniendo en cuenta los recursos de bajo y alto costo, indican que los centros de producción actuales, con los recursos "conocidos", sólo podrán satisfacer la demanda hasta los años 2000 y 2005. Por lo tanto, a partir de ese año se necesitarán nuevos centros de producción para poder cubrir el déficit que se prevee. El informe señala que los recursos que se requerirán después del 2005 podrán obtenerse mediante el aumento de los trabajos de exploración en varios países, con el descubrimiento de nuevos yacimientos o bien mediante materiales obtenidos de arsenales bélicos que según se espera podrán desmantelarse paulatinamente¹⁴.

Respecto a las tendencias futuras en la oferta de uranio, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha elaborado unas proyecciones empleando para ello dos parámetros; uno parte de la capacidad de producción de las minas actualmente en existencia y en operación que trabajan extrayendo recursos conocidos de bajo costo (80 dls/KgU), y el otro parámetro es la producción que se espera, la cual supuestamente debe ser superior al 80% de la capacidad agregada de producción

¹⁴ Véase: *Boletín OIEA Vol.32 No.2 1990 Viena Austria p.57.*

que tiene la región WOCA. De conformidad con estos dos escenarios, se espera que la oferta alcanzará su punto más alto hacia 1995, con una capacidad de producción superior a las 41,000 tU y una producción real de 33,000 tU. Subsecuentemente se espera que la oferta empiece a declinar hasta llegar a las 33,000 tU de capacidad de producción, y a las 26,000 tU de producción real para el 2005¹⁵.

La situación de la oferta y la demanda para los años 1990, 1995, 2000 y 2005 se sintetiza en la siguiente tabla:

TABLA 4. PROYECCIONES DE OFERTA Y DEMANDA DE URANIO EN WOCA (tU/a)

	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>
DEMANA	41,900	43,600	48,960	52,900
OFERTA (capacidad de producción)	40,930	41,400	36,900	32,800
DÉFICIT DE PRODUCCION 1	970	2,200	12,060	20,100
OFERTA (Produccion esperada)	32,750	33,100	29,520	26,240
DÉFICIT DE PRODUCCION 2	9,150	10,500	19,440	26,660

Fuente: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.34

De acuerdo con estos datos, la demanda de uranio excederá a la oferta durante todo el período analizado. Los déficits resultantes en la oferta, que de hecho serán déficits en la producción, marcados en la tabla como Déficit 1 y 2 se incrementan de unas 1000 tU (déficit 1) a más de 9000 tU (déficit 2) en 1990, hasta 20,000 y 27,000 tU respectivamente para el 2005, lo cual equivale a 2.3% y 21.8% de la demanda de 1990 y llegan al 38% y 50.4% de la del 2005. Según estos cálculos,

¹⁵ Véase: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.34.

los déficits acumulados para los dos escenarios de oferta hasta el 2005 sumarán un total de 135,000 tU y 257,000 respectivamente, lo cual representará un 18% y un 34% de la demanda acumulada de uranio para ese período¹⁶.

Resulta claro que en el pasado, la diferencia entre las proyecciones efectuadas y la realidad en cuanto a la demanda de uranio tuvo un notable efecto sobre la industria de extracción del mineral, ya que ésta última se empeñó casi obstinadamente en suministrar el uranio que supuestamente se iba a requerir en base a las ambiciosas proyecciones de escritorio, lo que provocó una oferta excesiva que ha durado hasta más de las mitad de las década de los ochentas.

"En 1965, la producción total de uranio alcanzó unas 16,000 tU, en comparación con la demanda de 4000 tU. La producción alcanzó su nivel máximo de más de 44,000 tU en 1980 y 1981, mientras que la demanda fue de unas 30,000 tU. La sobreproducción que tuvo lugar hasta aproximadamente 1985 provocó un aumento de las reservas de uranio en el WOCA, estimadas en un total de 150,000 tU"¹⁷.

Esta situación obligó a la industria del uranio a realizar ajustes a partir de la segunda mitad de la década de los ochentas, ajustes que evidentemente resultaron muy perjudiciales para las compañías mineras y para los mismos países donde operaban. Los ajustes realizados provocaron que la producción total de uranio en el WOCA declinara de un nivel máximo de más de 44,000 tU en 1980-81 a unas 34,000 tU en 1989; ahora la producción se encuentra en los mismos niveles que registró en

¹⁶ Véase: IAEA Yearbook 1990 p. 34-35.

¹⁷ OIEA/NEA. Uranium Resources, Production, and Demand, NEA (OCDE), OIEA, París 1990.

1978. Esta situación de contracción en la demanda y sobreoferta afectó principalmente a los grandes productores de Sudáfrica y los Estados Unidos, países donde entre 1980 y 1989 la producción decreció en más del 50% en el caso de Sudáfrica y en 70% en el de los Estados Unidos. Otros países como Gabón y Níger hicieron reducciones de cerca del 10% y el 27% respectivamente, mientras que sorprendentemente Canadá ha incrementado su producción.

Como se puede observar, en la actualidad el mercado de uranio se caracteriza por una sobreoferta del mineral y una considerable contracción de la demanda que repercute directamente en los precios, los cuales se encuentran a la baja. Sin embargo, no debemos pensar que esta situación permanecerá por mucho tiempo ya que varios estudios realizados por el OIEA y la NEA de la OCDE, muestran que a futuro aumentará la demanda de uranio al punto de que la oferta no podrá satisfacer los requerimientos demandados. En este sentido podemos citar el informe aparecido en Nuclear Fuel en diciembre de 1989:

"La proyección de la oferta y la demanda para el período 1990-2005 se basa en los dos escenarios siguientes sobre la oferta: 1) la capacidad de producción de las minas y plantas de tratamiento existentes que extraen recursos de bajo costo (recuperables a 80 dólares KgU o menos); y 2) la producción prevista, que se supone sea el 80% de la capacidad de producción. Sin embargo, en ninguno de los dos escenarios podrá satisfacerse la demanda proyectada de unas 41,900 tU en 1995 a 52,900 tU en el 2005. Los déficit en la capacidad de producción aumentarán de unas 1000 tU en 1995 a más de 20,000 tU en el 2005. El déficit

acumulativo será de 135,000 tU, o sea, el 18% de la demanda durante ese período. A su vez, el déficit en la producción prevista es mayor y alcanza las 250,000 tU es decir, el 34% de la demanda acumulativa¹⁸.

Esta situación, que de no atenderse podría llegar a ser crítica debido a la abrupta escalada de precios que propiciaría, no debe de causar alarma si se toman las debidas precauciones. De hecho, ante este escenario de aparente incapacidad de la oferta para cubrir los recursos demandados por los consumidores, es oportuno señalar que tal situación no tiene porque repercutir negativamente en los mercados y mucho menos se puede pensar que habrá escasez de recursos, todo lo contrario. Los déficits antes señalados, se refieren en esencia directamente a la producción, sin embargo existen en el WOCA cuantiosos inventarios de uranio, ya sean inventarios de productores, de consumidores, de intermediarios o bien gubernamentales, con reservas de uranio que incluyen material en forma natural, en U_3O_8 , o incluso ya convertido en combustible nuclear, con los cuales se están cubriendo satisfactoriamente, y se espera seguir haciéndolo, los déficits registrados hasta el momento. WOCA posee un inventario total de alrededor de 150,000 tU, lo cual excede en unas 70,000 tU la cantidad necesaria de existencias estabilizadoras, por lo cual tales recursos se consideran dentro de la oferta disponible. En este sentido, también debe de considerarse la posibilidad de que grandes cantidades de uranio utilizado con fines militares pasen al mercado civil, con lo que las existencias totales de reservas podrían cubrir los déficits proyectados hasta más allá del año 2005 con toda tranquilidad. Adicionalmente han ingresado al mercado, como ya se mencionó, suministros procedentes de regiones

18 "Nuclear Fuels" Dic. 1989, Boletín OIEA 3/1990.

externas al bloque de WOCA, principalmente de China y la ex-URSS, zonas de las cuales no se tienen cifras exactas, por lo que resulta más difícil pronosticar el impacto que estos recursos tendrán sobre el mercado de uranio, sin embargo se piensa que pueden ser volúmenes considerables que definitivamente impactarán los precios de uranio de WOCA a corto y quizá mediano plazo¹⁹.

Con relación a las cantidades de uranio provenientes de el extinto Comecon y de China, durante 1989 fueron cantidades muy limitadas las que llegaron al mercado internacional, mientras que no hubo comercio en la dirección contraria, es decir de occidente hacia esa región. Sin embargo, en 1990 en base a las últimas estimaciones del Instituto del Uranio, se calculó que las ventas combinadas de la ex-URSS y China hacia la región de WOCA fueron de alrededor de 800 tU anuales entre 1987 y 1989, mientras que para 1990 se estimó que las exportaciones de esta región hacia países de occidente sumaron aproximadamente 4100 tU. Sin embargo, ésto no implica que tales cantidades hayan sido vendidas en su totalidad, ya que mucho de este material fue colocado por la ex-URSS en países de occidente con el propósito de incrementar su credibilidad como oferente confiable.

Durante los últimos dos años, los representantes de los territorios que integran la hoy Comunidad de Estados Independientes (CEI) y las autoridades Chinas han anunciado en varios foros internacionales, su capacidad de suministrar a occidente por lo menos unas 6000 tU por año hacia 1994, de las cuales 5000 provendrán de la CEI y 1000 de China. Lo anterior no significa que nuevo material entrará a occidente, por que de hecho varios países ya han estado recibiendo uranio en forma de producto

¹⁹ Véase: *Uranium Institute ob.cit.cop.5.*

enriquecido (EUP) durante varios años. Lo que sí se espera, es un aumento considerable en la cantidad de los suministros, aunque aún prevalece la duda de ver si es que la incierta estabilidad política de los territorios de la ex-URSS les permite realizar los planes anunciados. De lo que sí no hay duda es que la capacidad de producción de estos países excede los requerimientos domésticos, por lo que la posibilidad de que traten de colocar sus excedentes en los países de occidente no es remota sino más bien, de esperarse²⁰.

Con relación a la oferta potencial procedente del reciclamiento de material militar hacia reactores civiles es interesante observar el cambio de percepción que se ha dado en el manejo de esta posibilidad. En el pasado, digamos todavía durante la década de los ochentas, se había mantenido una clara separación entre el uso civil y el militar de los materiales nucleares; tal separación estaba sancionada, y que de hecho lo sigue estando, por medio de acuerdos internacionales sobre salvaguardas. Este tipo de acuerdos prohíbe expresamente transferir material fisil de uso civil hacia usos militares; mientras que la transferencia del sector militar hacia el civil había sido evitada por razones de tipo práctico ya que por un lado las instalaciones civiles y militares estaban separadas y por ende el manejo y transportación de materiales nucleares exigía de rigurosos procedimientos. Así mismo, todo aquel material militar que pasa a ser utilizado en reactores civiles inmediatamente pasa a estar sujeto al régimen de salvaguardas internacionales. Sin embargo, en lo que va de la presente década, y los últimos años de la pasada, se empezó a manejar la posibilidad de transferir materiales de uso militar hacia la industria civil, sobre todo en el marco de los acuerdos

²⁰ Véase: *Uranium Institute Ob.cit.p.55-56.*

internacionales para la reducción de armamento que llevan implícito el problema de qué hacer con los materiales nucleares que propicia el desmantelamiento de los arsenales. Ante este panorama es importante saber aproximadamente de qué cantidad de materiales del sector militar se está hablando, como potencialmente disponibles para usos pacíficos; ante esta interrogante citamos lo siguiente:

"La producción acumulada de los Estados Unidos de material con nivel para armas, es decir, plutonio con grado suficiente para armamento, se estima en 100-110 toneladas de plutonio (Pu), y aproximadamente 500-550 toneladas de uranio altamente enriquecido (HEU)"²¹.

"Las estimaciones correspondientes para la producción soviética son aproximadamente de 105-130 toneladas de plutonio, y más o menos 500 toneladas de uranio altamente enriquecido con una incertidumbre del 50% sobre ese cálculo"²².

"Adicionalmente, China, Francia, la India, y el Reino Unido probablemente tienen acumulada una producción de alrededor de 20 toneladas de plutonio y pequeñas cantidades no cuantificadas de uranio altamente enriquecido (HEU)"²³.

Según los datos anteriores, y suponiendo que todo el uranio para usos militares tuviese un nivel de enriquecimiento del 95% de U²³⁵, y colas de un 0.25% de U²³⁵, se estima que se necesitaron más de 200,000 toneladas de uranio natural para producir

21 Nuclear Weapons Databook: Volume II U.S. Nuclear Warhead Production, Natural Resource Defense Council Inc. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1987.

22 Quantities of Fissile Materials in US and Soviet Nuclear Weapons Arsenals, PU/CEES Report No.168, The center for energy and environmental studies, Princeton University, USA July 1986.

23 World Inventories of Plutonium, PU/CEES Report 195, Center for energy and environmental studies, Princeton University, New Jersey, USA, 1987.

esas 1000 toneladas de uranio altamente enriquecido (HEU) que se calcula tienen en forma combinada los sectores militares norteamericano y ruso. Teóricamente, este HEU podría ser diluido para emplearse en reactores nucleoelectrónicos, donde los requerimientos en el grado de enriquecimiento varían desde menos del 1% hasta el 4% que es ya considerado un muy buen nivel de enriquecimiento. Sin embargo, en el proceso se perderían varias unidades separativas de trabajo ya contenidas en el HEU. Adicionalmente, las 245 a 270 toneladas de plutonio que se calcula existen en los arsenales nucleares, equivaldrían a aproximadamente entre 45,000 y 55,000 toneladas de uranio natural si se incorporasen a la fabricación del combustible tipo MOX para reactores de cría, ya que el plutonio puede ser reciclado en reactores como combustible de óxidos combinados (MOX), reemplazando al U^{235} como material fisil.

De manera general, se está hablando de alrededor de unas 240,000 y 250,000 toneladas de uranio natural provenientes de los arsenales militares nucleares, lo cual equivaldría a unos 5 años aproximadamente de requerimientos de reactores en el mundo occidental al nivel actual. Sin embargo, la situación no es tan sencilla para decidir la transferencia de materiales del sector militar al área civil, ya que se necesitan varios requisitos de tipo técnico y administrativo para hacer posible tal transferencia. Entre dichos requisitos se deben de considerar como prioritarios: el establecimiento de una normatividad tanto nacional como internacional que garantice la transferencia del sector militar al civil y su subsecuente comercialización con fines exclusivamente pacíficos, garantizando de esta forma la paz y la seguridad internacional. También se debe contar con el equipo necesario que asegure la transformación del plutonio a una forma conveniente para su posterior procesamiento en los ensambles de combustible combinado de óxido de plutonio y uranio (MOX), y el manejo seguro de los materiales.

Ante esta situación, parece ser que el reciclamiento de materiales militares no es una opción que vaya a afectar el mercado de uranio a inmediato o corto plazo en una escala significativa, ya que hay que cubrir y asegurar varios aspectos técnicos y de salvaguardas, sin embargo a mediano y largo plazo, el plutonio y el uranio HEU procedentes de las reservas militares deberán ser considerados como una fuente de combustible potencial importante²⁴.

Con lo anterior podemos observar, que pese al déficit de producción, el mercado de uranio continuará afectado por una oferta excesiva de existencias que sin lugar a dudas continuará ejerciendo presión sobre los precios y aún en el caso de que el programa nucleoelectrónico mundial crezca en los próximos años, como se tiene previsto, el abastecimiento de uranio está garantizado, ya sea mediante recursos nuevos, recursos reprocesados o bien de recursos del sector militar canalizados hacia la industria civil, sin olvidar los recursos potencialmente disponibles de países de Europa oriental, China y la hoy en día Comunidad de Estados Independientes (CEI).

²⁴ Véase: *Uranium Institute Ob.cit.p. 56-57.*

Países Productores.

La producción de uranio está distribuída de forma muy irregular en el mundo debido a varios factores que van desde cuestiones naturales, como las geológicas que han repartido los recursos naturales de manera desigual en diversos puntos del planeta, hasta las de tipo económico ya que la producción de uranio está estrechamente vinculada con los proyectos de exploración que emprenden los diferentes países y, como ya se indicó en el capítulo 2 de esta tesis, la exploración de nuevos yacimientos es, desde el punto de vista económico, una de las actividades más riesgosas dentro del ciclo del combustible nuclear debido a los altos costos que implican y las bajas posibilidades de éxito. En este sentido podemos señalar que los principales países productores de uranio son así mismo aquellos que mantienen una mayor inversión en el área de la exploración.

Actualmente se observa una marcada tendencia hacia la baja en el renglón de la producción; según los expertos del mercado internacional del uranio, ésto se debe entre otros, a dos factores básicos; por una parte se tiene una saturación plena de los inventarios tanto de uranio natural como enriquecido en la región que se ha denominado como WOCA; y por otra, la creciente capacidad de los países que hasta hace poco tenían una organización de economía centralizada, para saturar los mercados con su producción; ésto desde luego se refleja en los precios que han observado una continúa tendencia hacia la baja en los últimos años²⁵.

²⁵ Véase: *Uranium and Nuclear Energy 1990*, Uranium Institute Londres 1991 p.75-76.

No obstante este escenario poco favorable para los productores, los países que se constituyen como los principales consumidores de uranio debido a la magnitud de sus programas nucleares como Francia, Alemania, Japón, el Reino Unido y Estados Unidos han decidido incrementar sus programas de exploración tratando con ello aumentar sus niveles de producción.

Esta tendencia que a simple vista parece contradictoria, ya que por una parte indico la actual saturación los mercados que hace poca atractiva la exploración, y por otra seña lo el hecho de que los países mencionados anteriormente están incrementando sus programas de exploración, se explica en la medida que observando las tendencias que muestran los análisis y proyecciones a futuro realizados por instancias como el Uranium Institute, el OIEA, y la NEA de la OCDE, los países citados ven que a futuro los recursos con los que se cuenta actualmente tendrán que agotarse, y si no empiezan ahora a desarrollar nuevos proyectos para tener uranio disponible, podrán ver afectados sus programas energéticos al no contar con la materia prima en el momento de requerirla, ya que no se debe olvidar que los plazos de tiempo entre el inicio de un programa de exploración y la producción ya del mineral llegan a exceder períodos de quince años y en ocasiones hasta más.

Entre los principales programas de exploración tenemos los llevados a cabo en África, específicamente en los países de Camerún, Congo, Guinea, Mali, Niger, Senegal y Zaire. Sin embargo, estos países no se constituyen como productores directos ya que las exploraciones realizadas en ellos han sido concesionadas a empresas extranjeras, por lo que sus gobiernos nacionales no reciben utilidades de manera directa.

Durante la década de los ochentas la exploración en Gabón fue llevada a cabo por la empresa Comuf, Cogèma y Urangesellschaft. En Nigeria la empresa Somair es la que lleva a cabo las actividades de exploración y producción compartiendo dicha actividad con PNC de Japón. En Zambia la exploración la ha realizado Cogèma y Agip que comparten el territorio con PNC que también lleva a cabo actividades en el área del lago Kariba²⁶.

En Australia, al igual que en otros países, los gastos en exploración han observado una marcada tendencia hacia la baja; en este caso, dicha tendencia se ha propiciado entre otros factores, por la política restrictiva del gobierno conocida como "tres minas", la cual trae como resultado que todas las actividades de exploración y producción de uranio se concentren en solamente tres proyectos: el Ranger, el Western Mining y el Olympic Dam, siendo este último un proyecto de producción conjunto de cobre, uranio, y oro.

Hasta 1988, operaban en Australia varias compañías entre las que destacan Agip Australia Pty Ltd, CEGB, CRA Limited (Canning Resources Pty Limited), Energy Resources of Australia, PNC Exploration Australia, Uranerz y Western Mining Corporation Limited. Sin embargo, debido a la política gubernamental, cada vez son menos las industrias interesadas en explorar nuevos yacimientos por lo que las compañías Pancontinental, CRA Limited y Denison han estado haciendo continuos esfuerzos por influir en el gobierno y lograr una política más flexible que permita una

26 Véase: URANIUM INSTITUTE. *Uranium in the New World Market. Supply and Demand 1990-2010*, London 1991, cap.3.

mayor desarrollo de las actividades de exploración en el país, ya que según varios estudios geológicos, Australia cuenta con importantes yacimientos de uranio aún no explotados²⁷.

Canadá por su parte ha tratado de mantener un programa de exploración constante y abierto. Más aún, ha propiciado una mayor participación del sector privado en las actividades uraníferas, tal y como se demostró con la fusión y privatización de los dos principales productores de uranio occidentales a partir de una desición conjunta del Gobierno Federal y del de Saskatchewan que unió a Saskatchewan Mining Development Corporation y Eldorado Nuclear Limited en 1988, dando origen al consorcio CAMECO (Canadian Mining and Energy Company), el cual, desde el punto de vista de la empresa privada ha impulsado de una manera muy importante las actividades de exploración en Canadá; aunque esto no ha impedido una caída sustancial entre 1985 y 1988 en los gastos destinados a la exploración los cuales bajaron de \$112 millones de dólares americanos en 1980 a menos de \$25 millones de dólares americanos anuales para el período 1985 y 1989²⁸.

Las principales compañías que operan en Canadá, además de Cameco son: Amok Lty, Cigar Lake Mining Corporation, Cogèma (Canadá), Denison Mines Limited, PNC Exploration (Canadá), Uranerz Exploration and Mining Limited y Urangesellschaft Canadá Limited.

²⁷ Véase: KNIGHT, R. "Australian Uranium: The Outlook to 2010". *International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, September 1992.*

²⁸ Véase: GORDON, Leaíst. "Canadian Uranium Supply". *CAMECO Corporation, International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, september 1992.*

Respecto a Europa, las principales actividades de exploración son llevadas a cabo por Francia y Alemania a través de sus empresas Gogèma, Comuf, Uranerz y Urangesellschaft. Así mismo Estados Unidos, Japón, la India, China, y algunos países de América Latina, pero de manera marginal, llevan a cabo actividades de exploración las cuales, por ejemplo en el caso de E.U., han caído drásticamente. Por otra parte, no debemos de olvidar, la participación en este tipo de actividades de los países que integraban el llamado bloque oriental incluyendo a la ex-URSS, y si bien es cierto que no se tiene información del todo confiable respecto a sus niveles de exploración, si es un hecho innegable que poseen importantes yacimientos del mineral²⁹.

No cabe duda que las actividades de exploración son fundamentales en toda la actividad comercial del uranio, y aunque actualmente éstas han disminuído debido a los grandes inventarios existentes y a la presencia de oferta del ex-bloque oriental, de China y de la ex-URSS, así como a la constante tendencia a la baja en los precios, que hacen poco atractiva y redituable en términos económicos dicha actividad, no hay que perder de vista, que sin lugar a dudas, el uranio que actualmente inunda el mercado llegará agotarse más pronto que tarde y entonces la necesidad de uranio nuevo será apremiante, por lo que no deben dejarse de lado programas importantes de exploración, sobre todo si se considera que el tiempo que se lleva desde la búsqueda de nuevos yacimientos hasta la producción como tal oscila entre los 10 y 15 años o más.

²⁹ Véase: UNDERHILL, D. "Uranium Exploration Programmes and the Outlook for the 1990's". *Uranium and Nuclear Energy 1990. Uranium Institute London 1991 p.p.74-85.*

En este sentido, las perspectivas para la exploración de uranio seguirán dependiendo en gran medida de las proyecciones que se hagan respecto a la demanda futura, dado que hasta el final de la década de los ochentas y lo que va de los noventas, el exceso de oferta ha propiciado la caída de los precios de uranio, por lo que se espera que los gastos de exploración se mantengan a niveles bajos de aproximadamente 100 a 150 millones de dólares por año.

"En términos generales, la exploración de uranio en un mercado maduro, en el cual opere un número reducido de oferentes bien establecidos, sólo se justificará como una empresa nacional si:

(a) forma parte de un proceso más amplio de evaluación de recursos minerales a nivel regional, o

(b) forma parte de un bien balanceado ciclo de combustible nuclear o de programas nucleares de potencia, o

(c) teniendo en mente producir uranio para el mercado de exportación, se piensa que pueden encontrarse en el país depósitos de uranio de alto grado y bajo costo capaces de competir con el suministro que ofrecen los países productores ya establecidos"³⁰.

En cuanto a la concentración geográfica de la producción de uranio del WOCA, hasta 1989, tres de los principales productores (Canadá, Estados Unidos de América, y Australia) tenían en conjunto una participación de más del 57%. Cinco grandes

³⁰ IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.33.

productores (Canadá, Estados Unidos, Australia, Namibia y Francia) concentraban más del 77%, mientras que ocho países producían más del 97% del total correspondiente al WOCA, lo anterior se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 5. Producción de uranio del WOCA en 1980 y 1989

PAISES	1980		1989	
	TONELADAS DE URANIO	PORCENTAJE	TONELADAS DE URANIO	PORCENTAJE
Australia	1 561	3.5	3 800	11.2
Canadá	7 150	16.2	11 000	32.5
E.U.A.	16 800	38.0	4 600	13.6
Francia	2 634	5.9	3 190	9.4
Gabón	1 033	2.3	950	2.8
Namibia	4 042	9.1	3 600	10.6
Níger	4 128	9.3	3 000	8.9
Sudáfrica	6 146	13.9	2 900	8.5
Resto WOCA	<u>749</u>	<u>1.7</u>	<u>900</u>	<u>2.6</u>
TOTAL	44 243	99.9	33 940	100.0

NOTA: Entre los países que integran el apartado resto del WOCA figuran: Alemania, Argentina, Bélgica, España, India, Japón, Pakistán, Portugal y la ex-Yugoslavia.

Fuente: Boletín OIEA Vol.32, No.3 1990 Viena, Austria.p.30.

"Desde 1980, la producción de uranio en occidente ha disminuido sustancialmente de 44,200 tU por año a tan sólo 28,300 tU para 1990. La producción del antiguo Comecon también ha declinado de una cifra estimada en

17,500 tU en 1988 a una estimada de 13,300 tU en 1990. La capacidad de producción de uranio en occidente procedente de las instalaciones en existencia y las planeadas según se prevé podrá incrementarse en forma continua de 1992 hasta por lo menos 1999, en tanto que en algunos países del antiguo Comecon, la capacidad de producción de uranio según se espera irá declinando como consecuencia del cierre de las minas. Con relación al reciclamiento a escala industrial de productos recuperados durante el reprocesamiento, ya se ha iniciado en el mundo occidental. El combustible de óxido combinado (MOX), por sí solo ha permitido el ahorro de cerca de 500 tU en 1990, con una perspectiva de brindar ahorros de aproximadamente 2500 tU para el año 2000. La capacidad de reprocesamiento según se espera habrá de incrementarse hasta el año 2005 y permanecerá a ese nivel hasta el 2010³¹.

Además de la distribución geográfica de la producción de uranio de WOCA, también resulta interesante observar su desglose por principales compañías productoras. Tomando como base la producción de 1989, se estima que tres compañías (CAMECO, COGEMA, RTZ) responden por más del 40%, y que ocho compañías (CAMECO, COGEMA, RTZ, NUFOR, ERA, DENISON, ENERGY FUELS y URANERZ EXPLORATION AND MINING) producen más del 70% del total³².

31 Uranium Institute Ob.cit.p.47.

32 Véase: IAEA Yearbook ob.cit.p.26.

Como se puede observar, la producción mundial de uranio, sin contar la del ex-bloque socialista, muestra un continuo descenso después que en 1980 y 1981 logró la producción record de 44,000 tU, mientras que entre 1983 y 1988 la producción anual estuvo por debajo de las 35,000 tU.

"La tendencia hacia la baja de la producción que se inicia a partir de 1981 continúa durante 1989, 1990 y hasta 1991. las reducciones más importantes que se observan recientemente ocurrieron en Canadá donde la mina Rabbit Lake paró sus operaciones, mientras que Elliot Lake descendió su nivel de producción a un nivel de aproximadamente 50%. En los Estados Unidos, donde la producción anual había caído de 16,800 toneladas alcanzadas en 1980 a sólo 5000 toneladas en 1988, tuvo una caída mucho más grande hasta por debajo de las 4000 toneladas en 1990. Sudáfrica, el cual produjo sólo alrededor de 2500 toneladas en 1990, perdió su posición como el productor africano más importante ante Namibia, país que produjo cerca de 3200 toneladas de uranio durante ese mismo año, en tanto que Níger se convirtió en el segundo productor africano más grande"³³.

Actualmente sólo se cuenta con información confiable sobre producción y recursos de uranio de los países del llamado WOGA, ya que poco se sabe respecto a la situación del uranio en el área que hasta hace poco integraban el bloque de países de economía centralizada, sin embargo resulta de gran importancia indagar la situación

³³ Uranium Institute. Uranium in the New World Market. Supply and Demand 1990-2010. London 1991 p.42.

de esta industria en el área ex-socialista ya que sus recursos pueden entrar al mercado de WOCA y afectar considerablemente la oferta y por ende a los precios, debido a los recientes cambios ocurridos internacionalmente.

Entre los países productores que se tienen contemplados como potencialmente importantes y que pueden afectar al mercado de WOCA están Checoslovaquia, la parte oriental de Alemania y el vasto territorio de lo que era la URSS, sin contar a China, que por sí sola es un productor importante. Es altamente probable que el Instituto del Uranio, con sede en Londres, nos presente nuevas cifras más completas hasta su próxima edición bianual correspondiente al período 1993-94. De aquí a entonces sólo debemos de conformarnos con los datos preeliminares recientemente aparecidos y que más adelante, se mencionan.

Como se ha venido indicando, la producción de recursos de uranio natural se encuentra en una situación de constante tendencia a la baja debido entre otras causas, a que los precios de mercado son poco atractivos como consecuencia de la saturación de los mercados. Ante esta situación, durante el período 1989-1990, varios proyectos importantes fueron clausurados, en tanto que sólo un pequeño número de proyectos nuevos iniciaron operaciones. Resulta oportuno señalar que tal situación no se ha reservado a un sólo país, o un pequeño número, sino por el contrario es un problema que ha afectado a todos los países productores de uranio tal y como lo muestran los recientes acontecimientos.

En Australia, sobre la base de las perspectivas de ventas de cobre, el proyecto Olympic Dam anunció su intención de expandir sus instalaciones, lo cual traería un incremento en la capacidad anual de producción de uranio a 1400 toneladas hacia finales de 1992, pero sólo como un sub-producto en minas principalmente dedicadas

a la extracción de cobre. Por otra parte, los planes de expansión de la mina Ranger fueron diferidos indefinidamente, mientras que los propietarios de ésta anunciaron recientemente la compra del depósito de uranio Jabiluka el cual aún no ha sido desarrollado. Adicionalmente, la mina Queensland en Nabarlek, una de las minas que integran el proyecto gubernamental de mantener sólo tres minas, ya se ha agotado, situación que ha agravado la baja en la producción de uranio en Australia³⁴.

En Canadá, la industria Cameco vendió la tercera parte de su participación en el proyecto Rabbit Lake y los productos minerales afines de Collins Bay y Eagle Point a la compañía Uranerz. Por otra parte, Cameco anunció que las instalaciones en Rabbit Lake se manejarán al 50% de su capacidad instalada de producción a todo lo largo de 1992 debido a que las operaciones se realizarán en un sólo turno de trabajo, ya que los precios del mercado no permiten tener funcionando la planta al 100%. Ante este panorama, un nuevo descubrimiento ha levantado el ánimo para el consorcio Cameco-Cogema-Uranerz, ya que han confirmado la existencia de un depósito de uranio en Río Mc.Arthur el cual se ha evaluado como el más rico que actualmente existe en el mundo³⁵.

Respecto a la puesta en marcha del proyecto Cluff Lake ubicado en Saskatchewan, la producción que se ha obtenido es de aproximadamente 800 toneladas de uranio para los años 1989 y 1990. Mientras que para 1992 ya se ha anunciado el cierre de la mina Denison en Ontario debido a la baja en la producción. Siguiendo esta misma tendencia, Rio Algom cerró sus minas Panel y Quirke, dejando

34 Véase: KNIGHT R. "Australian Uranium: The Outlook to 2010" ob.cit. p.p.6-9.

35 Véase: GORDON T. Leist. "Canadian Uranium Supply to 2010" CAMECO Corporation. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada. september 1992.

solamente el proyecto Stanleigh en operación, ya que los términos de abastecimiento con la compañía eléctrica Ontario Hydro han sido ampliados hasta 1996 con una demanda anual de aproximadamente 700 toneladas de uranio. En relación con las proyecciones a futuro, se prevé que la capacidad canadiense estimada en 11,900 tU anuales para 1995, declinará a tan sólo 5,400 tU anuales para el 2010³⁶.

Las proyecciones para la producción de uranio en las Repúblicas Federales Checa y Eslovaca prevén que la capacidad de producción de 2000 tU en 1990 decaerá entre 1000 y 1500 tU hacia 1995, como consecuencia, al igual que en otros países, de la falta de competitividad de los precios y el poco estímulo a la industria uranífera en ese país.

Francia, por su parte, no ha escapado al cierre de minas, aún cuando es el país con los mayores requerimientos de uranio al poseer el programa nucleoelectrico más grande del mundo. En 1990, la instalación de Lagogne de la CFM fue cerrada y en 1991 ocurrió lo mismo con la división Cogéma Vendée y su instalación asociada L'Escarpière.

En Alemania, como consecuencia de la unificación, el proceso convencional de minería fue detenido hacia fines de 1990 en la parte oriental del país, lo que ocasionó una baja notable de la producción de 3900 tU en 1989 a sólo 3200 tU en 1990 y hasta las 1200 tU para 1991. Así mismo se anunció que las operaciones en la región de Königstein cesarán su producción para 1995.

36 *Ibidem*.

Los países africanos también están padeciendo el problema de la baja en la producción de uranio; por ejemplo en Gabón la producción anual que en 1990 fue de 710 tU ha sido la más baja registrada desde 1974, además se tiene previsto que las minas existentes hoy en día en este país quedarán agotadas entre 2006 y 2007. Namibia por su parte, al conseguir su independencia de Sudáfrica el 21 de marzo de 1990, logró que las restricciones impuestas en el mercado internacional a las importaciones de uranio de ese país se levantaran, sin embargo ésto no ha mejorado la situación de Namibia, por lo que en 1991, como resultado de la decreciente demanda de uranio, la compañía Rössing decidió establecer un programa de racionalización a través del cual despidió a un número significativo de empleados y redujo el número de días laborales a la semana. Además se hicieron cortes en la producción anual en un 20%, es decir a 2500 tU y posteriormente en un 23%, es decir a 1900 tU. Niger por su parte también ha observado un lento, pero constante descenso en su producción desde 1982³⁷.

En Sudáfrica, la compañía metalúrgica conjunta de Free Gold, con una producción de 350-380 tU anuales fue cerrada en marzo de 1990. Por su parte Anglo American ha anunciado el cierre de su planta para recuperación de uranio Ergo, la cual produjo 147 tU en 1989. En este mismo sentido, Vaal Reefs, el principal productor sudafricano que en 1990 produjo 1375 tU, anunció también un corte en su producción de un 50% en su planta West, en tanto que la producción en su planta East ha sido suspendida³⁸.

37 Véase: *Uranium Institute* ob.cit.p.p.38-42.

38 Véase: SCORER C. "South African Uranium Production: Its History and Prospects for the Future". *Nuclear Fuels Corporation of South Africa, International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, septiembre 1992.*

Respecto a los territorios que integraban la URSS, se cree que han reducido su producción del antiguo nivel estimado en 7000 tU al año, a unas 5000 tU en 1990. Sin embargo, aún y con esa reducción, esta región es muy importante por el impacto que puede ejercer, y que de hecho ya lo ha estado haciendo, en el mercado internacional, ya que durante todo 1990 y 1991 han intentado penetrar los mercados internacionales; es más, en 1990 los rusos embarcaron el equivalente a 3600 tU en forma de productos natural y enriquecido. Así mismo se informó que están pretendiendo exportar por lo menos unas 5000 tU anualmente en el curso de los próximos años. (Vease: *Uranium Institute ob.cit p.p.42-45*).

En estados Unidos los siguientes proyectos mineros han sido cerrados: la mina Taylor localizada en Chevron; el proyecto Sunshine Bridge, Freeport, Homestake de Grants, el Kingsville Dome, que junto con el proyecto Malapai, que en 1991 reinició operaciones, representan una pérdida anual de unas 1300 toneladas de uranio con respecto al ciclo de producción total. Por otra parte, en 1990 y 1991 iniciaron operaciones dos nuevas instalaciones; el proyecto Rosita con una capacidad de 350 tU al año y el proyecto Crow Butte con una capacidad de 400 tU anuales. (Véase: *GRANDEY, C. and GEHRISH, W. "Uranium Supply and Demand to 2005: an Update". Uranium and Nuclear Energy 1990. Uranium Institute. London 1991 p.p.58-59*).

Frente a estos acontecimientos, muchas empresas, con el objetivo de superar la difícil situación, se han fusionado con otras, o bien proyectos menores han sido adquiridos por proyectos más grandes. Así mismo, para muchos productores el mercado spot se ha vuelto una fuente alternativa de material, ya que las compras en el mercado spot pueden ayudar a los productores a responder de manera más flexible a la demanda de pequeñas cantidades a corto plazo.

TABLA 6. Producción de uranio entre 1988-1990 y proyecciones de la capacidad de producción de 1991 al 2010 en base a las instalaciones existentes. (cifras en toneladas de uranio).

<u>PAIS</u>	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Alemania	3 962	3 830	2 972	1 200	200	0	0	0
Argentina	142	51	9	60	180	230	230	230
Australia	3 568	3 710	3 520	3 857	4 057	3 773	3 773	3 773
Bélgica	40	40	40	40	40	40	40	40
Brasil	15	30	4	0	0	0	0	0
Bulgaria	850	850	900	900	900	1 000	1 000	1 000
Canadá	12461	11356	8 706	9 870	11 870	10 700	4 600	4 600
China	1 500	1 000	1 000	1 300	1 500	1 500	1 900	1 900
Chcslvq	2 700	2 300	2 000	1 800	1 000	1 000	1 000	1 000
España	229	228	216	212	800	800	800	800
E.U.A.	5 072	5 151	3 387	4 684	8 079	8 119	7 544	6 624
Francia	3 450	3 290	2 816	2 910	2 910	1 460	1 000	1 000
Gabón	930	870	710	1 500	1 500	1 500	1 500	0
Hungría	580	530	520	450	450	450	450	450
India	230	230	230	230	230	230	230	230
Namibia	3 510	3 077	3 211	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Niger	2 965	2 965	2 830	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Portugal	144	145	111	40	150	150	150	150
Rumania	900	850	900	900	900	900	900	900
Sudáfrica	3 875	2 957	2 481	1 980	1 960	2 010	2 010	2 010
ex-URSS	7 000	7 000	5 000	6 000	10 000	10 000	9 000	8 000
ex-Yugosl.v.	80	85	70	0	0	0	0	0
Producción occidental	36711	34185	28341	33083	39476	36512	29377	26957
Producción ex-Comecon	17492	16360	13292	11350	14750	14850	14250	13250
Producción Mundial	54203	50545	41633	44433	54226	51362	43627	40207

Fuente: Uranium Institute. Uranium in the New World Market, Supply and Demand 1990-2010. London 1991 p.47.

Precios del Uranio.

Al igual que como ocurre con otros recursos naturales, como el petróleo y el cobre, a nivel internacional existen dos sistemas de precios para el uranio: el precio de entrega inmediata, para las entregas a corto plazo, también conocido como precio spot, y el precio convenido para las entregas a más largo plazo. Naturalmente que dependiendo del tipo de precio que se maneje, varían los volúmenes de las transacciones, pero hasta la fecha la mayor parte del material se comercia con arreglo a contratos a largo plazo.

Los precios spot más frecuentemente citados son los compilados por NUEXCO, conocido como valor de cambio, y los de NUKEM o rango de precios. Pero como ambos son muy similares generalmente se hace referencia al precio NUEXCO promedio para tasa de intercambio.

El precio del uranio, se determina en función del juego de la oferta y la demanda. Durante muchos años, prácticamente desde que comenzó la industria nuclear, los precios han experimentado serias fluctuaciones, producto además de las variaciones en la oferta y la demanda, de cuestiones de tipo político y de crisis internacionales, como por ejemplo la del Medio Oriente en 1973, la cual trajo efectos importantes sobre los precios del petróleo lo cual en gran medida aceleró la actividad nuclear, motivando así, como era de esperarse una repercusión directa sobre los precios del uranio.

"Desde 1968 hasta finales de 1973, los precios de uranio se mantuvieron a la baja, pero relativamente estables. Las entregas en el mercado spot variaban en un rango de 5.50 a 7 dólares lb de U_3O_8 (óxido de uranio) y los contratos a largo

plazo se fijaban sobre esta base. A partir de 1974 empezó a gestarse un cambio notable. Con un crecimiento ininterrumpido, los precios del mercado spot se multiplicaron hasta más de seis veces, es decir, pasaron de unos 7 dólares a finales de 1973, hasta más de 40 dólares hacia mediados de 1976. A este nivel se mantuvieron hasta principios de la década de los ochentas. Estos incrementos no sólo fueron reflejo de las transacciones en el mercado. Los precios de los contratos a futuro también empezaron a moverse respondiendo a las nuevas variables”³⁹.

El contexto internacional, siempre ha repercutido en los precios del uranio, tal y como se pudo apreciar en la década de los ochentas, ya que si bien, al inicio de ésta se habían alcanzado los precios más altos, durante el transcurso de esos diez años se observó el más violento descenso en las cotizaciones del mineral como resultado de la caída de la economía mundial y la puesta en marcha de políticas de ahorro y racionalización, que trajeron aparejado la reducción de programas de expansión de los sistemas de generación eléctrica, principalmente entre los países más desarrollados, por lo que se tuvieron que cancelar muchos proyectos nucleoelectricos; lo que aunado a la sobreoferta ya existente de uranio, produjo un desplome del precio del mineral radiactivo. También debemos recordar que esta caída de los precios de finales de los setentas curiosamente coincide, y no por casualidad, con el accidente de Three Mile Island, que ocasionó un fuerte impacto psicológico, más nocivo que los efectos reales

39 REDETZKY, Marian Ob.Cit. p.13.

del accidente, lo cual se reflejó en la cancelación de varios proyectos nucleares en los Estados Unidos, el cierre de varias minas y la suspensión de actividades de exploración, todo lo cual repercutió directamente en los precios del mineral.

Un factor más que afecta los precios del uranio, no tanto en términos reales, pero sí en forma nominal, es el hecho de que como el precio se establece en dólares norteamericanos, y las transacciones en el mercado mundial, ya sea en el mercado spot o sobre la base de contratos a largo plazo, se realizan a través de esta moneda, cualquier variación en torno a la paridad del dólar frente a otras divisas o la devaluación de ésta altera el valor real del mineral que se refleja en el índice de precios internacionales⁴⁰.

Las tendencias de los precios del uranio a largo plazo reflejan el precio de exportación medio de los productos canadienses entre 1970 y 1988, así como el precio medio en los Estado Unidos para el uranio de producción nacional. Durante el período señalado (1970-1988), los precios observaron continuas fluctuaciones. Los precios aumentaron de 40 dls/KgU en 1976 a un nivel máximo de 100 a 110 dls/KgU en 1981. Posteriormente a este año, los precios observaron una continua baja, la cual fue aminorada hasta cierto punto gracias a los altos precios de los contratos concertados a fines del decenio de 1970. Sin embargo, entre 1981 y 1988 los precios declinaron hasta llegar al orden de 67 a 80 dls/KgU, es decir, a cerca del 70% de precio máximo de 1981⁴¹.

40 Véase: *Uranium Institute Ob. cit. p. 58.*

41 Véase: *"Uranium Supply and Demand in the Western World". Nukem Market Report 5, y "Contracted Natural Uranium Supply and Demand of the Western World". Nukem Market Reports 12 (1986), 9 (1988) y 12 (1989) OIEA 3/1990.*

Respecto al precio de entrega inmediata compilado por la firma de corretaje NUEXCO (Nuclear Exchange Corporation), el cual es conocido como valor de cambio, podemos decir que mostró una evolución similar que el anterior índice de cotización:

"En condiciones corrientes, el precio de entrega inmediata aumentó de unos 16 dólares/KgU en 1972 a cerca de 112 dólares/KgU en 1978. La baja comenzó en 1979, y salvo un pequeño ascenso en 1983, continuó hasta finalizar 1989, cuando llegó a 26 dólares/KgU, o sea, el 23% del nivel máximo de 1978"⁴².

Entre 1986 y 1987 el valor de cambio del uranio logró cierta estabilidad manteniendo un nivel de precios de 44 dólares Kg U o bien, 17 dólares la libra de U_3O_8 , sin embargo a principios de 1988 empezó a declinar de 42.40 Dls KgU ó 16.30 la libra hasta los 30.55 dls KgU u 11.75 la libra de U_3O_8 para fines del año. A principios de 1989, el precio spot siguió bajando de 30.16 dls KgU (u 11.60 la libra de U_3O_8) a, 23.40 dls. KgU ó 9.00 la libra en diciembre de ese mismo año. Estos datos nos muestran que el descenso de los precios entre principios de 1988 y finales de 1989 fue equivalente a casi el 45%, en tanto que para el período de enero y diciembre fue de un 22%⁴³.

Los datos anteriores se ilustran más profusamente en la tabla 7 que muestra la evolución de los precios desde enero de 1978 a julio de 1992, y las fluctuaciones ocurridas mes a mes.

42 Uranium Supply and Demand... Ob.cit. p.31

43 Véase: IAEA Yearbook 1990 ob.cit. p. 26.

**TABLA 7. NUKEM: Rango de Precio para el Uranio en los meses y años indicados.
(US \$/lb U₃O₈)**

MES	1978	1979	1980	1981	1982
Enero	47.00-45.00	47.20-43.50	38.00-40.00	27.00-28.00	23.25-24.60
Febrero	47.00-45.00	47.50-43.50	38.00-40.00	25.00-27.50	23.25-24.30
Marzo	43.00-45.00	47.50-43.50	37.00-38.00	24.40-26.00	23.00-24.30
Abril	43.00-45.00	47.50-43.50	31.50-35.00	24.40-26.00	22.00-23.00
Mayo	41.50-45.00	47.50-43.50	30.50-32.00	24.40-26.00	20.00-21.00
Junio	41.50-45.00	47.50-43.75	30.50-32.00	24.40-26.00	19.00-20.00
Julio	43.40-44.50	47.50-43.75	30.50-32.00	23.90-26.00	18.00-19.00
Agosto	43.00-44.20	47.50-43.75	30.50-32.00	23.50-25.50	17.00-18.00
Septiembre	43.00-44.20	47.50-43.75	30.50-32.00	23.50-25.50	16.50-17.40
Octubre	43.00-44.20	41.50-42.50	23.00-30.00	23.50-25.50	17.40-18.30
Noviembre	47.45-44.00	41.00-42.00	29.50-29.50	23.75-24.60	19.00-20.40
Diciembre	47.40-43.50	41.00-42.00	27.75-28.50	23.25-24.60	20.30-21.85

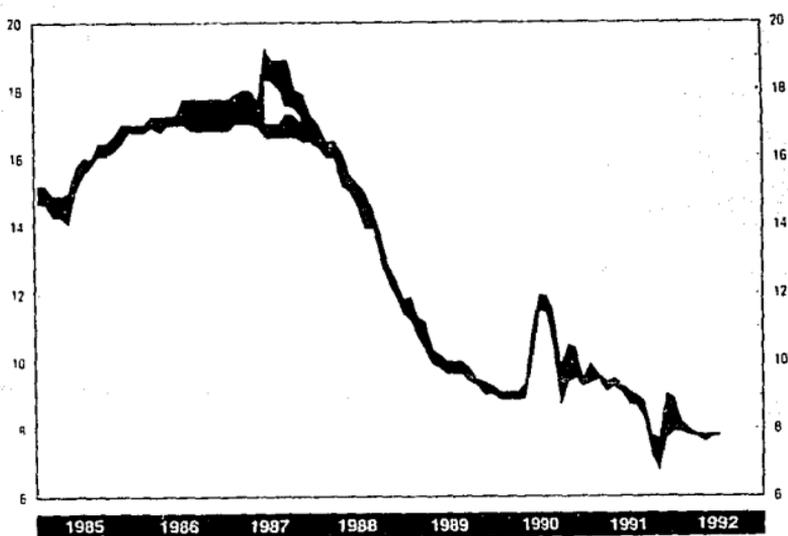
MES	1983	1984	1985	1986	MON. US DOLAR	US DOLAR
Enero	20.30-21.85	19.00-21.00	14.65-15.20	16.75-17.00	16.80-17.75	16.80-17.75
Febrero	21.40-22.75	17.50-19.00	14.65-15.20	16.75-17.00	16.80-17.75	16.50-17.75
Marzo	21.85-23.30	16.25-17.00	14.25-14.80	16.75-17.00	17.00-17.00	17.00-17.00
Abril	22.25-23.00	17.00-19.50	14.25-14.40	16.90-17.25	17.00-18.00	17.00-18.00
Mayo	22.30-23.30	18.20-18.75	14.05-15.00	16.75-17.75	17.00-18.00	17.00-18.00
Junio	23.50-23.90	18.20-18.75	15.00-15.75	16.95-17.75	16.90-17.70	16.90-17.70
Julio	23.50-23.90	18.20-18.75	15.50-16.00	16.95-17.75	16.60-17.00	18.25-19.25
Agosto	24.00-24.75	18.20-18.75	15.75-16.00	17.00-17.75	16.60-17.75	18.25-18.90
Sep.	24.20-24.75	16.65-18.00	16.25-16.45	16.80-17.75	16.60-17.00	17.90-18.90
Oct.	23.50-24.50	16.50-16.95	16.25-16.45	16.80-17.75	16.60-17.25	17.50-18.30
Nov.	22.75-23.50	16.25-16.45	16.20-16.65	16.90-17.75	16.50-17.25	17.40-18.00
Dic.	22.75-23.50	16.45-16.50	16.40-17.30	16.90-17.75	16.45-17.00	17.20-17.30

MES	1988	1989	1990	1991	1992
Enero	16.45-17.25	11.40-11.65	9.00-9.25	9.25-9.50	7.90-8.90
Febrero	16.30-17.00	11.20-11.90	8.85-9.10	9.35-9.95	7.90-8.20
Marzo	16.40-16.50	10.70-11.30	8.85-9.10	9.45-9.50	7.80-8.00
Abril	16.00-16.50	10.30-11.15	8.85-9.10	9.10-9.40	7.75-7.85
Mayo	16.15-16.20	9.90-10.35	8.90-9.35	9.25-9.50	7.60-7.85
Junio	16.30-16.50	9.80-10.70	10.00-11.00	9.05-9.30	7.75-7.85
Julio	14.65-15.25	9.60-10.00	11.45-11.95	8.70-9.10	7.75-7.85
Agosto	14.90-15.00	9.50-10.30	11.45-11.95	8.70-9.00	7.75-7.85
Septiembre	13.0-14.40	9.60-10.00	10.40-11.45	8.30-8.80	7.75-7.85
Octubre	17.90-13.65	9.40-9.80	8.70-9.85	7.20-7.80	7.75-7.85
Noviembre	17.35-12.95	9.30-9.50	9.35-10.50	6.75-7.70	7.75-7.85
Diciembre	17.90-12.40	9.00-9.40	1.60-1.60	7.70-9.05	7.75-7.85

Fuente: NUKEM, Market Report August 1992. Stamford U.S.A. sep. 1992 p.28.

Así mismo las gráficas que a continuación se presentan ilustran dichas tendencias; no sin antes señalar que al mes de septiembre de 1992 el precio del uranio alcanzó las siguientes cotizaciones: El precio NUKEM fue de \$7.75-\$8.20/lb U_3O_8 . Los precios NUEXCO fueron \$8.05/lb U_3O_8 (óxido de uranio natural), \$24.25/Kg U como UF_6 (hexafluoruro de uranio) y \$66/SWU (unidades separativas de trabajo)⁴⁴.

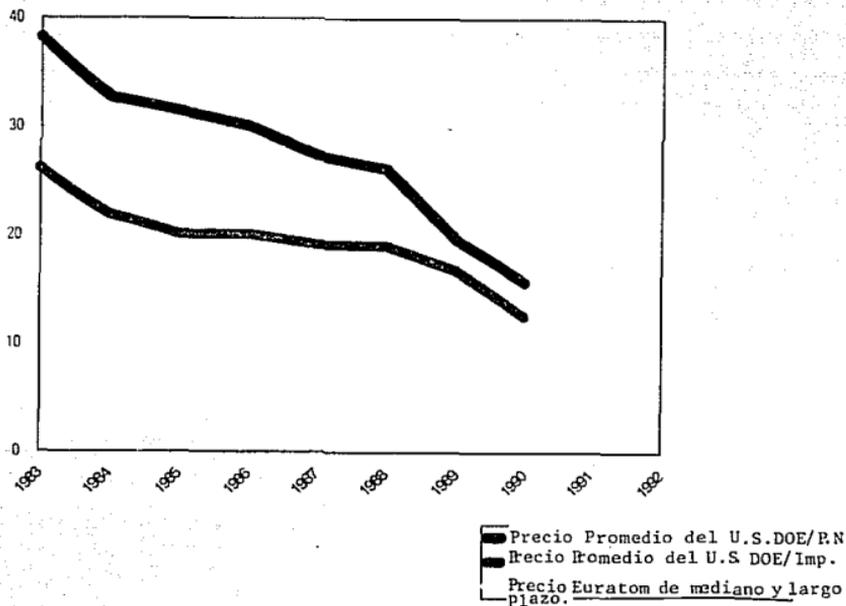
GRAFICA 1. Tendencias de los Precios de Uranio NUKEM (US \$/lb U_3O_8)



Fuente: NUKEM ob.cit.p.29

44 Véase: *The Ux Report. The Uranium Exchange Company Vol.6, Issue 38 september 1992 p.5.*

GRAFICA 2. Precios de Uranio Natural (US \$/lb U₃O₈)



Fuente: NUKEM Ob.cit.p.30

Situación del Mercado Internacional de Uranio Enriquecido.

En la actualidad el mercado de uranio enriquecido se encuentra controlado prácticamente por cinco entidades que son las que ofrecen los servicios de enriquecimiento a nivel mundial, éstas son: el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), Eurodif de Francia, Techsnabexport de la ex-URSS, Urenco del Reino Unido y CNEIC de China. La capacidad de cada una de estas empresas se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 8. CAPACIDAD DE ENRIQUECIMIENTO EN WOCA EN 1989.
CALCULADA EN MSWU/a***

O F E R E N T E S	C A P A C I D A D
DOE	19.7
EURODIF	10.8
TECHSNABEXPORT	5.0**
URENCO	2.6
CNEIC	0.6
TOTAL	38.1

* 1 MSWU = 10⁶ unidades separativas de trabajo

** La capacidad de enriquecimiento en la ex-URSS se estima en más de 10 MSWU, pero de éstas sólo 5 MSWU se calcula pueden exportarse hacia el llamado WOCA.

Fuente: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.28.

En los Estados Unidos, el DOE opera actualmente dos plantas a gran escala y de uso intensivo del tipo de difusión gaseosa, una se localiza en Portsmouth y la otra en

Paducah. Ambas han estado operando aproximadamente a un 50% de su capacidad, es decir 19.7 MSWU. Esta subutilización les permite sacar ventaja de las tarifas que se logran en mercados no saturados. Por otra parte, Louisiana Energy Services (LES), es una nueva compañía con intenciones de establecer una instalación independiente para enriquecimiento doméstico utilizando la tecnología de centrifugación gaseosa de Urenco. Ya se ha comprado el sitio donde se instalará, y se ha formulado la solicitud de licencia para operar una planta con capacidad de 1.5 MSWU anual, ante la Comisión Reglamentadora Nuclear (NRC), sin embargo se espera que la producción sólo podrá iniciarse a fines de 1995 y no antes como se tenía previsto.

En Francia Eurodif/Cogèma ha estado operando a 10.8 MSWU por año, que equivale al 70% de la capacidad total de su planta, logrando mantener este nivel gracias a los costos bajos de energía que le proporciona la central nucleoelectrica Tricastin adyacente al proyecto de Difusión Eurodif.

En los territorios que integraban la URSS, Techsnabexport (TSE), ha reemplazado casi en su totalidad sus antiguas plantas de difusión gaseosa por plantas de centrifugación. Tiene ahora una capacidad estimada entre 9 y 10 MSWU por año, sin embargo el Ministro Ruso de Energía Atómica e Industria (MAPI), recientemente anunció que su país tenía una capacidad de enriquecimiento de 3 MSWU disponibles para ofertar en mercados occidentales, y que podía abastecer unas 10 MSWU por año para el período de 1995 y 1996⁴⁵.

⁴⁵ Véase: MIKERIN Evgeni I. "The Uranium Supply Picture Through 2010 RUSSIA" International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, septiembre 1992.

URENCO por su parte tiene en operación plantas de enriquecimiento por medio de centrifugado en tres sitios diferentes: Almelo en Holanda, Capenhurst en el Reino Unido y Gronau en Alemania. Estas plantas tienen una capacidad conjunta de aproximadamente 2.6 MSWU. Así mismo, Urenco tiene planes de expandir su capacidad hasta aproximadamente 4.5 MSWU anuales para fines de este siglo, y podría incluso, según se prevé, expandirse aún más, hasta las 6 MSWU para el 2005.

En Japón, PNC opera una planta piloto de enriquecimiento por centrifugación gaseosa, con una capacidad de 0.2 MSWU que sólo produce material para uso doméstico, sin embargo, la Japanese Nuclear Fuel Industries (JNFI), ya está construyendo una planta de centrifugación gaseosa con capacidad de 1.5 MSWU por año en Rokkashomura.

En Sudáfrica también existe una planta piloto de enriquecimiento con una capacidad de 0.3 MSWU la cual produce material enriquecido para uso doméstico exclusivamente⁴⁶.

Respecto a la demanda total de uranio enriquecido de la región de WOCA para 1989, ésta fue calculada por el Instituto del Uranio a través de un grupo de expertos, en aproximadamente 26 MSWU, lo cual representa cerca del 70% de la capacidad total disponible en el mundo, que es de unas 38.1 MSWU. Esta situación, sin lugar a dudas, afecta los precios que para 1989 oscilaron por debajo de los 60 dls/SWU, hasta por encima de los 100 dls/SWU. Al igual que en el caso del uranio natural, el otro factor que actualmente presiona aún más el precio del uranio enriquecido, es la presencia de proveedores chinos y rusos en el mercado, los cuales ofrecen tanto

⁴⁶ Véase: *Uranium Institute Ob.cit.p. 52*

servicios de enriquecimiento como la venta de uranio ya enriquecido a precios más bajos de los que manejan los otros tres proveedores, por lo tanto Eurodif y Urenco pretenden iniciar una serie de cambios tecnológicos en materia de enriquecimiento y reprocesamiento del material para intentar hacerse más competitivos frente a esa presencia extranjera. Por otra parte, el DOE continúa sus investigaciones para la construcción de plantas láser para el enriquecimiento, pero los niveles de inversión que se necesitan son todavía demasiado elevados por lo que la opción de plantas láser aún no resulta económicamente viable⁴⁷.

Respecto a las proyecciones futuras en el mercado de uranio enriquecido, es probable que la capacidad excedente de enriquecimiento con la que actualmente se cuenta en el WOCA continúe vigente hasta fin de siglo e incluso un poco más; además también hay que considerar que se espera un crecimiento en la demanda de servicios de enriquecimiento dentro de la región de WOCA de 27 MSWU en 1989 a 28 MSWU en 1990 y de 32 MSWU para el año 2000, mientras que la demanda estimada para el año 2005 se proyecta en 33 MSWU como lo muestra la siguiente tabla:

TABLA 9. PROYECCIONES SOBRE LA OFERTA Y LA DEMANDA DE URANIO ENRIQUECIDO EN WOCA CALCULADA EN MSWU/a*

	1990	1995	2000	2005
DEMANDA	28.0	30.0	32.0	33.0
OFERTA	38.6	41.8	44.7	51.3
SOBRE-OFFERTA	10.6	11.8	12.7	18.3

* 1 MSWU = 10⁶ unidades separativas de trabajo.

Fuente: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.36.

⁴⁷ Véase: COMBS, Jeff. "Uncertainties Facing Uranium Supply". Science Applications International Corporation, Inc. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, septiembre 1992.

Con los datos anteriores, podemos ver que se espera que la oferta en los servicios de enriquecimiento continuará excediendo a la demanda hasta después del año 2005, ésto se debe principalmente a la capacidad adicional que recientemente han reportado como disponibles la CNEIC de China y Techsnabexport de Rusia, para exportar uranio enriquecido a WOCA, así como las nuevas instalaciones para enriquecimiento planeadas por la compañía Louisiana Energy and Services que se espera entrará en operación en 1996, además de las instalaciones japonesas para el enriquecimiento que también se espera entrarán en operación antes de que finalice la presente década.

Por otro lado, respecto a la demanda, se espera que se mantendrá estable, incluso se tiene la expectativa de un ligero descenso para el 2005, debido a varios factores entre los que destacan el mejor aprovechamiento de los recursos aunado al desarrollo de nuevos modelos de centrales que reduzcan sus consumos energéticos además, el ya programado cierre de varias plantas que llegarán en los próximos años al final de sus vidas útiles, y la no autorización para ampliar éstas; por lo tanto, la proyección sobre oferta y demanda nos indica una tasa menor de utilización de las capacidades para enriquecimiento con las que se espera contar, lo cual implica un mayor nivel de competencia en el mercado para el futuro a mediano plazo, considerando especialmente a Techsnabexport que se proyecta como uno de los oferentes que más peso tendrá.

Las capacidades de enriquecimiento que se esperan de cada país para los años 1990, 1995, 2000 y 2005 se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 10. CAPACIDAD PROYECTADA DE ENRIQUECIMIENTO POR PAIS Y METODO UTILIZADO (MSWU/a)^a

PAIS	METODO	1990	1995	2000	2005
CHINA	Difusión Gaseosa	0.4	0.4	0.4	0.4
	Centrifugación G.	-	0.2	1.0	1.5
FRANCIA	Difusión Gaseosa	10.8	10.8	10.8	10.8
	Laser	-	0.05	0.05	3.0
ALEMANIA REINO UNIDO ^b	Centrifugación G.	2.5	4.0	5.5	5.5
JAPON	Centrifugación G.	0.2	1.1	2.6	2.6
	Laser	-	-	0.2	1.0
ex-URSS ^c	Centrifugación G.	5.0	5.0	5.0	5.0
E.U.A.	Difusión Gaseosa	19.2	19.2	15.2	10.0
	Centrifugación G.	-	0.3	1.2	1.5
	Laser	-	0.2	2.0	9.0
OTROS ^d	Otros	0.5	0.6	0.8	1.0
TOTAL		38.6	41.85	44.75	51.3

^a 1MSWU = 10⁶ unidades separativas de trabajo.

^b Los países socios de URENCO.

^c Se contabiliza sólo la capacidad disponible para exportar a WOCA.

^d Incluye: Argentina, Brasil, y Sudáfrica.

Fuente: IAEA Yearbook 1990 ob.cit.p.36

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el proceso de difusión gaseosa irá perdiendo importancia como método de enriquecimiento y se espera que perderá más del 50% de su participación en tanto que los procesos de centrifugación y de láser tendrán una participación combinada de más del 50% de la capacidad total para el 2005. Entre las razones principales para este cambio se encuentra la cuestión de los

costos de los procesos, ya que mientras que los costos actuales de los servicios de enriquecimiento, proporcionados por el método de difusión gaseosa andan sobre los 100 dólares por SWU, se estima que el precio que se puede obtener por el método de láser andará entre los 50 dólares por SWU, pero éso sólo a mediano y largo plazo, ya que actualmente aún no es competitivo en términos económicos.

"Las tendencias a futuro para la industria del enriquecimiento dentro de la región de WOCA incluyen la consolidación de la tecnología de centrifugación de gas y el ingreso de las tecnologías de láser AVLIS (separación isotópica por láser en vapor atómico) y CRISLA (reacción química isotópica por activación selectiva de láser) a escala industrial. Al mismo tiempo que propiciar precios más bajos, estas tendencias podrían tener su impacto en varios otros sectores de la industria del ciclo del combustible, incluyendo la de la minería del uranio y la industria de la conversión"⁴⁸.

Respecto al precio del uranio enriquecido, éste también se establece en dólares norteamericanos por SWU, es decir por unidad de trabajo separativa. Al igual que como ocurre con el precio del uranio natural, la fijación del precio del U. enriquecido está en función de la correlación que se da entre la oferta y la demanda, aunque también deben de considerarse variables de naturaleza distinta, como la reciente intromisión en los mercados occidentales de materiales de la ex-URSS y de China que presionan a los productores occidentales.

Los precios del uranio enriquecido han tenido serias fluctuaciones tal y como ha ocurrido con relación a los precios del uranio natural. Durante finales de la década de

48 IAEA Yearbook 1990 ob cit.p.37.

los setentas se logró la mejor cotización, mientras que durante la primera mitad de los ochentas observaron una baja considerable. En cuanto a los precios actuales podemos decir que, a partir de los últimos meses de 1988 a el mes de julio de 1992, el precio ha permanecido entre los 64 y 65 dólares en precio spot, y entre los 72 y 70 respecto al rango de precio. No obstante este aparente equilibrio en el período indicado, para el ciclo que va de la segunda mitad de 1990 a la primera de 1991, el precio spot bajó hasta los 50-55 dólares por SWU, logrando un repunte nuevamente a principios del presente año. Vease Tabla 11.

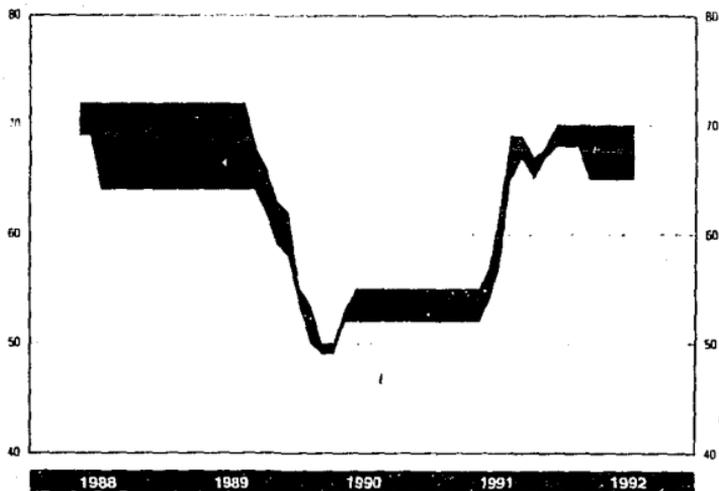
TABLA 11. NUKEM: Precios Spot/Rango de Precios. (US\$/SWU)

MES	1988	1989	1990	1991	1992
Enero		64 00-72 00	53 50-55 00	52 00-55 00	68 00-70 00
Febrero		64 00-72 00	50 00-53 50	52 00-55 00	68 00-70 00
Marzo		64 00-72 00	49 00-50 00	52 00-55 00	65 00-70 00
Abril		64 00-72 00	49 00-50 00	52 00-55 00	65 00-70 00
Mayo		64 00-72 00	52 00-53 00	52 00-55 00	65 00-70 00
Junio	69 00-72 00	64 00-72 00	52 00-55 00	54 00-57 00	65 00-70 00
Julio	64 00-72 00	64 00-72 00	52 00-55 00	57 00-62 00	65 00-70 00
Agosto	64 00-72 00	64 00-72 00	52 00-55 00	65 00-69 00	
Septiembre	64 00-72 00	64 00-68 00	52 00-55 00	67 00-69 00	
Octubre	64 00-72 00	62 00-66 00	52 00-55 00	65 00-67 00	
Noviembre	64 00-72 00	59 00-63 00	52 00-55 00	67 00-68 00	
Diciembre	64 00-72 00	58 00-62 00	52 00-55 00	68 00-70 00	

Fuente: NUKEM, Market Report August 1992. Stamford, U.S.A. sep.1992 p.31

La tendencia de los datos anteriores, se ilustra en la siguiente gráfica:

GRAFICA 3. NUKEM: Tendencias de los precios por SWU. (US\$/SWU).



Fuente: NUKEM ob.cit.p.31.

Es importante señalar, que si bien los precios anteriores se refieren a los precios spot, y rangos de precios que en promedio han prevalecido, algunos proveedores como el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), ha mantenido una política de precios diferente como lo ilustra la siguiente tabla:

TABLA 12. Precios del DOE por Trabajo Separativo (US\$/SWU)

EFFECTIVE DATE			REQUIREMENTS CONTRACTS			UTILITY SERVICE CONTRACTS			
DAY	MO.	YR.	PUBLISHED PRICE	CEILING PRICE Base 1965 30 00	LTRC	AFC	PUBLISHED PRICE	CEILING PRICE Base 1964 135 00	INCENTIVE PRICE ¹
21	Aug	82	149 85		138 65	136 65			
1	Jan	83		154 60					
1	Jul	83		151 63					
1	Jan	84		151 86					
1	Jul	84		155 70					
1	Oct	84	157 00	155 71	153 00	153 00			
1	Jan	85	159 00	166 63			135 00	135 00	
1	Jul	85		157 30					
1	Oct	85					125 00	133 90	
1	Oct	86					119 00	120 00	
1	Jan	87		202 29					90 00
1	Oct	87					117 00	119 10	
1	Oct	88					117 00	119 04	90 00
1	Oct	89					117 85	117 85	
1	Oct	90							
1	Oct	91					121 50		85 00 ²
1	Oct	92					125 00		

Fuente: NUKEM ob.cit.p.32

Resulta evidente que el mercado global de servicios de enriquecimiento de uranio se encuentra en una situación muy particular, en la que los proveedores tradicionales se disputan la clientela con los nuevos proveedores que han ido aumentando su presencia a nivel mundial, pero, en la medida en que disminuye la demanda, mayor se hace la lucha entre ellos. En este sentido, es innegable la influencia rusa o ex-soviética en el mercado.

La preocupante presencia de los rusos en el mercado de uranio enriquecido, se hizo evidente en la Conferencia que sobre Servicios de Enriquecimiento, organizó la industria nuclear de los Estados Unidos en junio de 1991 en Washington D.C., la cual reunió tanto a proveedores como a compradores. Varios de los asistentes a esta reunión señalaron que Global Nuclear Services and Supply Ltd, que es la nueva compañía creada por agentes "soviéticos" especialistas en mercadotecnia de Techsnabexport y Concord/NUEXCO, encargados de la comercialización de combustibles nucleares, pretenden vender SWU en los Estados Unidos tratando de alcanzar niveles de 2 a 2.5 millones SWU, a precios que oscilarán entre los 70 y 80 dólares por SWU, lo cual convierte a GNS&S en el líder mundial de precios afectando de éste modo a la industria norteamericana, la que a su vez arrastrará al resto de la industria nuclear de WOCA.

Ante esta situación, varios de los participantes a la conferencia ya señalada intentan buscar el apoyo del gobierno norteamericano en contra de los rusos, acusándoles de prácticas desleales en el comercio y de practicar "dumping", sin embargo ésto es muy difícil de probar, ya que el cálculo de los costos de producción varía enormemente de región en región por varios factores, como pueden ser el tipo de minas, el personal empleado, los niveles de salarios de los trabajadores, etc. Sin embargo, el senador Malcom Wallop quien encabeza el Comité del Senado norteamericano para cuestiones de Energía señaló estar convencido del "dumping" practicado por los rusos, ante lo cual esperan responder con fuertes restricciones comerciales como barreras arancelarias, pretendiendo proteger la industria nacional.

Sin embargo, y pese a los llamados de senadores como Malcom Wallop y demás representantes de la industria nuclear que solicitan el apoyo del ejecutivo, el Presidente

Bush anunció, el 31 de agosto de 1992, la celebración de un acuerdo con Rusia mediante el cual se establece el compromiso de los Estados Unidos de comprar uranio con grado de armamento a la Federación Rusa para ser convertido y utilizado en reactores nucleoelectrónicos, ya que se calcula que con tan sólo una tonelada métrica de uranio con grado para armas con un nivel de enriquecimiento de aproximadamente 95% de material fisil, puede ser diluido y obtenerse 25 toneladas métricas de combustible para reactores con un nivel del 3% de enriquecimiento.

Según el acuerdo, los Estados Unidos comprarán 10 toneladas métricas el primer año en que entre en vigencia el acuerdo; posteriormente se espera acumular una compra de 50 toneladas métricas durante los primeros cinco años y después de este plazo alcanzar la cifra mínima de 30 toneladas por año. Según el Presidente Bush, esta decisión ha sido tomada, ya que representa el mejor medio para asegurar que el material fisil que posee Rusia no sea empleado en cabezas nucleares de arsenales bélicos y de este modo asegurar la desnuclearización del que fuera su principal enemigo durante todo el período de la guerra fría⁴⁹.

Además, el gobierno norteamericano y el DOE, están realizando una serie de maniobras encaminadas a fortalecerse para evitar perder presencia en el mercado de uranio enriquecido, para lo cual el Senado ha propuesto la creación de una compañía dedicada exclusivamente al enriquecimiento, la cual sería propiedad del gobierno de los Estados Unidos bajo las siglas USEC, a fin de hacerse cargo de las actividades que actualmente concentra el DOE. Por otra parte, con el mismo objeto de enfrentarse a la competencia global, se ha establecido lo que se conoce como el contrato IP3, que

⁴⁹ Véase: USCEA (U.S. Council for Energy Awareness) News Release September 1992.

implica un compromiso de abastecimiento de uranio enriquecido durante 3 años a 90 dólares por SWU y hasta un total del 30% de los requerimientos del cliente. Ante esta postura, el resto de los oferentes de uranio enriquecido a nivel mundial se preguntan cuánto tiempo podrá el DOE mantener dicha política y si realmente un precio bajo por tres años les garantizará una posición favorable en el mercado. Así mismo, las propuestas del resto de los oferentes consiste en asegurar, más que precios temporales a la baja, contratos más seguros a largo plazo con precios estables y con garantía en el suministro⁵⁰.

No cabe duda que el comercio internacional de uranio se ve afectado y condicionado por toda una serie de factores de diversa índole que incluyen, desde las variables puramente económicas en las que la interacción de la oferta y la demanda en un mercado de competencia entre proveedores y demandantes determinan un precio que fluctúa según la correlación de estos indicadores, hasta variables de tipo político y social, ya que por tratarse de una materia prima estratégica y muy particular por sus características intrínsecas, observamos como las acciones gubernamentales han ejercido, y siguen haciéndolo, una influencia considerable en el mercado del uranio. En este sentido podemos decir, que los gobiernos nacionales tienen la responsabilidad de supervisar todas las actividades del ciclo del combustible nuclear. Otorgar licencias para la apertura y exploración de nuevas minas, supervisar las actividades de conversión, enriquecimiento, fabricación de combustibles, además de revisar e

⁵⁰ Véase: Conferencia sobre Servicios de Enriquecimiento. Junio 1991, Washington D.C. Industria Nuclear de Estados Unidos.

inspeccionar las instalaciones nucleoelectricas, hasta el mismo manejo de los desechos y el depósito ya sea final o temporal de éstos. Del mismo modo, las agencias gubernamentales pueden introducir restricciones que afectan el comercio entre países. A continuación se señalan algunos ejemplos de esta situación:

- En Australia, la política gubernamental limita la producción de uranio a sólo tres proyectos mineros de los cuales uno ya ha sido cerrado.

- Francia está bajo un embargo australiano que prohíbe cualquier tipo de contrato de compra de uranio.

- Namibia, al lograr su independencia, ha podido participar más activamente del comercio del uranio gracias a que ya han sido levantadas las sanciones en su contra.

- En la medida que el apartheid es abolido en Sudáfrica, las sanciones económicas contra las exportaciones de este país también son levantadas.

- En Estados Unidos se han incrementado los controles sobre el uranio extranjero, limitándose su procesamiento, incluyendo la fabricación de combustibles.

- En la ex-URSS y China, todas las instalaciones vinculadas con el ciclo del combustible nuclear están totalmente bajo el control gubernamental, por lo tanto la decisión de vender uranio a los países occidentales responde más a necesidades económicas nacionales y la obtención de dinero fuerte para apoyar el desarrollo de sus economías, que a una actividad puramente comercial.

Estas consideraciones, aunadas a la presión social que por medio de la opinión pública condenan el uso de la energía nuclear con fines pacíficos repercute en la dinámica comercial del uranio, por lo que se puede definir que la situación actual del

comercio de esta materia prima es el resultado de la interacción de factores económicos, políticos, sociales y culturales que en la perspectiva histórica de nuestros días imprimen a dicha actividad características muy específicas.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación realizado para la elaboración de esta tesis me ha permitido conocer un poco más de cerca el fascinante mundo de la energía y su, en ocasiones no tan evidente, vinculación con los procesos de desarrollo económico y social. Aunque no es fácil sintetizar en breves palabras todo el camino recorrido durante la investigación, trataré de esbozar a grandes rasgos las conclusiones generales a las que me permitió llegar la búsqueda.

A diferencia de lo que ocurre con otras épocas de la historia en las que la política o incluso la moral parecen haber tenido un predominio avasallador, en el marco de las relaciones internacionales contemporáneas, las transacciones de tipo económico han alcanzado un papel claramente preponderante dentro del conjunto global de interrelaciones que se generan entre los diversos actores internacionales. Esto, desde luego, no implica en forma alguna que las variables económicas hayan estado ausentes de los escenarios históricos anteriores al actual, pero sí, que hoy en día su influencia es mucho más fácilmente perceptible, incluso para los observadores más reacios a aceptarlas.

En este agitado universo de las relaciones económicas contemporáneas, por primera vez de extensión virtualmente planetaria, el comercio internacional ha cobrado, como era de esperarse, una importancia contundente. El número de operaciones que se realizan, los montos que se generan, la movilización de recursos, tanto humanos como materiales que todas estas operaciones implican son verdaderamente astronómicos y, por otro lado, decisivos en la configuración del mundo en que nos ha tocado vivir.

Naturalmente que todos y cada uno de los productos que se comercian hoy en día tiene su importancia; después de todo, incluso aquellos que están abiertamente colocados al margen de la ley, representan, a final de cuentas, un *modus vivendi* para algún sector de la población de nuestro agobiado planeta y, en consecuencia, juegan algún papel en el ciclo global de la producción..

Especial significado ha tenido para el desarrollo de mi trabajo la indagación respecto de las vicisitudes del comercio internacional de materias primas, análisis éste que me pareció el punto de partida lógico para posteriormente llegar a tratar en detalle el caso particular del comercio internacional del uranio, en el que además inciden, como ya fue oportunamente señalado, otras variables de tipo social, político, ecológico e incluso de opinión pública. Y es que gran parte de los graves problemas que aquejan hoy en día a la humanidad, (hambre, pobreza, escasez de recursos, deuda, subdesarrollo, ignorancia, etc.) se reflejan con toda claridad en la dinámica que mueve al comercio internacional de las materias primas.

El caso del uranio, aunque de alguna manera sujeto a las mismas leyes básicas que mueven esa dinámica del comercio internacional en general y el de las materias primas en lo particular, tiene adicionalmente algunas características específicas, propias de su misma naturaleza como mercancía. En primer término, pudimos constatar que su inserción en los mercados es un fenómeno relativamente reciente. De hecho, en escala propiamente "comercial" sólo data de la segunda mitad de este siglo, luego del impulso que el Presidente Eisenhower dió al programa de aplicaciones pacíficas de la energía nuclear con su iniciativa de "Átomos para la Paz" del 8 de diciembre de 1953. Es cierto que el mineral se conoce perfectamente desde el siglo XVIII, y que sus primeras aplicaciones en los laboratorios son de principios de este siglo, sin

embargo, no es sino hasta que se revela la posibilidad de contribuir a la generación de electricidad a escala industrial que el potencial comercial del uranio empieza a volverse atractivo para exploradores, productores e inversionistas.

Es cierto, que incluso antes de que llegase ese momento, en cuanto se descubrió el potencial militar de este elemento, se iniciaron grandes proyectos con apoyo gubernamental para encontrar y procesar uranio. Sólo que, dada la coyuntura política internacional en la que ocurrió ésto y que hacía prevalecer los criterios de seguridad nacional por encima de cualquier consideración en torno al progreso económico, difícilmente podríamos pensar en posibilidades de desarrollo para un mercado civil del uranio. Esta situación prevaleció claramente por espacio de más de una década, e incluso hoy en día, la mayoría de las legislaciones nacionales exhiben todavía algunos resabios patentes de aquella situación.

Aunque para muchos escépticos, la apertura del mercado internacional del uranio sólo se dio como resultado de la saturación del mercado militar y el temor a una diseminación no controlada de la tecnología para fabricar armas nucleares, lo cual seguramente habría generado un problema crítico de proliferación efectiva de este tipo de armamentos y no como se ha dicho, por la buena voluntad de los poderosos para compartir sus avances tecnológicos, lo cierto es que para la primera mitad de la década de los sesentas ya hay un mercado internacional de uranio claramente establecido y, aparentemente, con un enorme potencial para su desarrollo.

Ciertamente que el mayor atractivo del uranio como mercancía (quizá de hecho el único), es su gran capacidad para generar energía y, a partir de ello, la electricidad que tan necesaria resulta para promover el progreso industrial del mundo. Otro resultado interesante de mi investigación fue encontrar una, a veces no tan visible,

pero claramente delineada conexión, entre desarrollo económico-social y capacidad nacional para la generación de energía. No resulta del todo casual y además, es fácilmente demostrable, que los países con mayor capacidad para generación de energía y en consecuencia los de mayor consumo energético per capita a nivel mundial son hoy por hoy, al mismo tiempo, los de mayor desarrollo económico.

Países como Suecia (con un consumo de electricidad de 17260 kWh/capita), Canadá (18830 kWh/capita), USA (11960 kWh/capita), Francia (7240 kWh/capita), y Japón (6480 kWh/capita), por mencionar algunos, son los que cuentan con los promedios de ingreso per capita más elevados del mundo, y, al mismo tiempo, son los mayores generadores y consumidores de energía a nivel mundial, mientras que países como Nigeria (que consume 90 kWh/capita), Bangladesh (con 65kWh/capita) o países como Somalia y Haití que se encuentran por debajo de estas cifras, tienen unos índices de generación de energía que también son un claro reflejo de su pobreza.

Esta vinculación entre capacidad energética y desarrollo nos sugiere con toda claridad que no se puede fincar un programa nacional de industrialización, siquiera de mediana importancia, ya sea con recursos propios o con inversión extranjera, si no se cuenta con la infraestructura mínima necesaria para suministrar la electricidad que requiere todo complejo industrial que pretenda llegar a ser algo significativo.

En este sentido, en un mundo de crecientes necesidades energéticas y de escasos recursos para satisfacer esa demanda, y ante el virtual agotamiento en fechas relativamente cercanas desde el punto de vista histórico de los hidrocarburos como fuente de energía, el panorama energético para el siglo XXI se nos presenta auténticamente como un gran reto. Es obvio que tendremos que mejorar sustancialmente nuestros esquemas de consumo energético, poniendo énfasis

creciente en el ahorro, el uso racional y eficiente de todos los recursos disponibles. También es bastante obvio que la energía nuclear está llamada a desempeñar un papel muy importante en el mercado energético internacional, para el cual, el uranio a su vez resultará uno de los actores principales.

La validez de estas afirmaciones puede corroborarse fácilmente con datos del propio Instituto del Uranio, según el cual, en el transcurso de los últimos 20 años, la demanda de electricidad ha crecido a un ritmo verdaderamente impresionante: por ejemplo, entre 1973 y 1989, tan sólo en los Estados Unidos, la demanda de electricidad aumentó en un 54%. En Europa Occidental, el consumo de electricidad creció en un 35% durante la década de los ochentas y en un 38% en la región de la Europa Oriental y la ex-URSS, mientras que en el resto del mundo el aumento fue de un 60%. Adicionalmente debemos considerar que entre los países del sureste asiático, los llamados (NICs), tanto el crecimiento poblacional como su reciente ingreso a la industrialización elevaron la demanda de electricidad en un 57% entre 1980 y 1990.

Otro aspecto interesante que surgió como resultado de esta investigación, fue el relacionado con la problemática ecológica internacional que afecta al mundo contemporáneo. Hoy día es fácil reconocer que los problemas de contaminación y deterioro ambiental son prácticamente tan antiguos como el hombre mismo. Mucho antes de que la Revolución Industrial propiciara la quema inmoderada de carbón y luego de petróleo, los hombres ya habían causado considerables estropicios a su entorno, sin embargo, también es claro que los niveles alcanzados en la actualidad no tienen precedente en la historia. Esto ha permitido cobrar conciencia de lo que ya

muchos teóricos habían anunciado: la estrecha concatenación e íntima interdependencia de todos los procesos humano-sociales con los procesos naturales; la existencia de un ecosistema.

Bajo estas condiciones, la Demografía, la Economía, la Ciencia Política, las Relaciones Internacionales, en fin, todas las ciencias que se ocupan de los procesos en que están irremediablemente vinculados todos los seres humanos, se conectan con la biología, la química, la física para abordar, desde una perspectiva común el reto de la sobrevivencia de nuestra especie en este planeta. Esto ha obligado a una reconsideración global de todos los viejos preceptos que habían servido como punto de partida para muchas de esas disciplinas consideradas en forma aislada. El "achicamiento" del mundo, obliga a la revaloración de una cultura humana que por primera vez en la historia tiene un alcance verdaderamente planetario. No podemos permanecer indiferentes ante las economías nacionales que pretenden fincar su desarrollo en un uso intensivo de hidrocarburos; la tala inmoderada de árboles, el derroche de recursos, el esparcimiento de basura y desechos tóxicos son fenómenos que, de una u otra manera, nos afectan a todos. La búsqueda de alternativas más limpias y menos perjudiciales al ambiente son responsabilidad de todos.

Bajo esta perspectiva, aunque todavía lejos de tener un expediente integralmente satisfactorio, la industria nuclear sí exhibe un historial que me ha parecido digno de consideración. Son muy pocas las industrias que a nivel global se han preocupado tan notablemente por la seguridad y el buen desempeño. Sus estrictas normas de control de calidad han sido modelo para otras industrias. El desarrollo tecnológico alcanzado en el breve espacio de unas cuantas décadas ha contribuido sensiblemente, no sólo

a enriquecer la cosmovisión del hombre moderno, sino a traducirse en aplicaciones prácticas que, efectivamente han ayudado a elevar los niveles de vida de diversos sectores de la población mundial.

La importancia estratégica del uranio como materia prima sólo puede ser entendida desde esta perspectiva integral. Sólo a la luz de este contexto que nos obliga a pensar en más de 5000 millones de bocas que alimentar para el inicio de siglo; en la amenaza de la lluvia ácida y del efecto de invernadero; en la necesidad creciente de recursos energéticos para mantener funcionando las fábricas y calentar los hogares; en los inmensos requerimientos para resolver el problema mundial del transporte que no sólo hace posible el movimiento cotidiano de millones de individuos en las grandes urbes, sino el traslado de las mercancías que se intercambian a través del comercio internacional, podemos comprender porqué resulta fundamental contar con alternativas energéticas viables a gran escala. Hoy en día, a parte de la hidroelectricidad (que también conlleva sus problemas ambientales), la opción nuclear basada en la fisión de los átomos de uranio para generar calor que transforma el agua en vapor para mover turbinas, es la única que está ampliamente probada a escala industrial para ir sustituyendo gradualmente a los cada vez más escasos hidrocarburos.

Sobre la base de todas estas consideraciones no deja de ser un tanto sorprendente haber encontrado, como resultado de este trabajo, que la situación actual del uranio en los mercados internacionales se caracteriza por la inestabilidad y la incertidumbre. Es verdaderamente una paradoja que, con el potencial energético que tiene (ya que una sola pastilla de uranio equivale a 17,000 pies cúbicos de gas, o a 2.5 toneladas de leña, una tonelada de carbón o tres barriles de petróleo), ninguna instancia multinacional se ocupe de regular su precio o de planificar las condiciones óptimas

para su producción y su comercialización, pues aunque existen diversos organismos especializados dentro del sector nuclear como el Organismo Internacional de Energía Atómica, la Agencia Nuclear Europea, El Consejo Norteamericano para el Desarrollo de una Conciencia Energética, o incluso el propio Instituto del Uranio, tanto por su naturaleza jurídica como por sus funciones, están destinados a otro tipo de actividades distintas de la planeación o la comercialización de la producción mundial del uranio, ya que ninguna de estas instancias participa directamente en las transacciones comerciales, las cuales se realizan básicamente por acuerdo directo entre las partes, ya sea mediante contratos a largo plazo o en operaciones a través del mercado spot, sin que haya convenios internacionales específicos que regulen esta materia. Sólo el OIEA, aunque de manera un tanto marginal, trata de garantizar, por medio de su programa de salvaguardias, que todos los materiales fisibles comercializados a nivel mundial queden sujetos a su programa de inspecciones para así evitar que sean empleados con fines no pacíficos, pero como se puede observar, esta competencia se refiere más bien al uso final de los materiales comercializados que a la promoción de la actividad comercial en sí.

En consecuencia, el comercio internacional de este importante mineral se ha dejado operar bajo las leyes del "mercado libre", lo cual, en la coyuntura actual de saturación en la producción y exceso en la oferta podría propiciar un descuido de las perspectivas a mediano y largo plazo, situación que podría resultar insospechadamente cara para la economía internacional del próximo siglo.

Ante un escenario como éste, la planeación de programas serios de exploración, producción, procesamiento y comercialización del uranio debería convertirse en una prioridad fundamental de los todos los Estados que estén en posibilidad de hacerlo.

La diferencia entre el hacerlo o no, bien podría constituir la diferencia entre abrirse paso al desarrollo o no. Basta recordar casos como los de Zaire, Níger o Madagascar que sólo han fungido como proveedores de una materia prima que escasamente conocen y de la cual no obtienen más que un raquíto beneficio económico a todas luces cuestionable. Teniendo en mente que, desde la fase de la planeación de un proyecto de exploración hasta la producción de uranio bien pueden pasar de 15 a 20 años, es claro que mientras más se retarde la toma de decisión en este terreno, más se alejan las probabilidades de éxito.

Esta situación debe superarse. Aquellos países que cuentan con yacimientos uraníferos atractivos tienen que hacer de la actividad comercial del uranio uno más de los ingredientes en su fórmula para el desarrollo. A pesar de que las tendencias neoliberales que están tan de moda al cierre de nuestro siglo y que sugieren una virtualmente nula participación del Estado en las cuestiones económicas nacionales, dada la magnitud de los recursos, tanto humanos como financieros que hay que movilizar en un proyecto de esta naturaleza, creo que bien valdría la pena reconsiderar la participación del Estado como rector de la planificación y comercialización del uranio a nivel mundial.

Los objetivos originalmente planteados para esta investigación, no me ha permitido ahondar ya con mayor detalle en las posibilidades para sugerir alternativas correctoras a la situación actual en el mercado internacional del uranio. Sin embargo, considero que es importante manifestar la necesidad apremiante de establecer, a nivel internacional, algún convenio o acuerdo multilateral que fije los lineamientos básicos para regir la actividad comercial del uranio y, por qué no, tratar de promover la creación de algún foro internacional que se encargue específicamente de la dinámica comercial

de esta materia prima con el objetivo fundamental de fomentar un ambiente propicio en el que todos los implicados, desde los productores hasta los consumidores, puedan contribuir al mejor manejo del comercio del uranio y así tratar de hacer de esta actividad un elemento más para el crecimiento y el desarrollo de los pueblos. Lo anterior, no debe verse, sino como una serie de recomendaciones que dejan abierta la posibilidad para la realización de nuevas investigaciones sobre un tema que definitivamente no puede darse por concluido con esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- AJURIA G. Sergio.** Proyecto Minero Metalúrgico para Producción de Concentrados de Uranio. Tomo 1, Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas, México 1983.
- ALONSO Concheiro, Antonio.** Alternativas Energéticas. Fondo de Cultura Económica, CONACYT, México 1985.
- BELLE, J.** Uranium Dioxide: Properties and Nuclear Applications. Washington D.C. AEC, 1961.
- BICKEL, Lennard.** Story of Uranium: The Deadly Element. Ed. Stein and Day, New York 1979 p.309.
- BULBULIAN, Silvia.** La Radiactividad, Colección la Ciencia desde México No. 42, S.E.P. Fondo de Cultura Económica, 1987.
- DEESE A. Davis.** Energía Nuclear y Desechos Radiactivos. Edi. Edisa, Buenos Aires, Argentina 1981.
- GRENON, Michel.** La Crisis Mundial de la Energía. Alianza Editorial, Libro de bolsillo No. 525, Madrid, España 1977.
- HAMPEY-HAWLEY.** The Encyclopedia of Chemistry. Third Ed. London, Inglad, 1975.
- HITCH H. Charles.** Conservación de la Energía y Crecimiento Económico. Edit. Tres Tiempos, Argentina 1984.
- HUNT, Daniel.** Diccionario de Energía. Publicaciones Marcombo S.A. México, 1979.
- I.A.E.A.** Yearbook 1990, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1991.
- KATZ, Joseph J. and RABIANOWITCH.** The Chemistry of Uranium. Dorer Pub. New York 1961 p.609.
- KIMBERLEY, M.** Uranium Deposits Their Mineralogy and Origin. Toronto, Univ.of Toronto Press, 1978, p. 521
- PATTERSON C. Walter.** La Energía Nuclear. Biblioteca de Divulgación Científica No.17, Edit. Orbis, España 1986.

-
- POSTIGO, Luis. El Mundo de la Energía. Biblioteca Hispánica, Edit. Sopena, España 1972.
- RADETZKI, Miriam. Uranium a Strategic Source of Energy. Edit. Croom Helm, London 1981.
- RIFKIN, Jeremy. Entropy: A New World View. Bantam Books, New York U.S.A. 1981
- STOBAUGH, Robert y YERGIN, Daniel. Energía del Futuro. Informe del proyecto de energía de la Harvard Business Scholl, Edit. C.E.C.S.A. México 1984.
- SUTIN, La Industria Nuclear en México. Análisis de Perspectivas, SUTIN/SEMIP, México 1984.
- URANIUM INSTITUTE, Uranium and Nuclear Energy 1990. London 1991.
- URANIUM INSTITUTE, Uranium in the New World Market. Supply and Demand 1990-2010. London, Dec. 1991.
- URAMEX, Desarrollos Energéticos. Secretaria de Energía, Minas, e Industria Paraestatal SEMIP, México 1985.
- VILLALOBOS C. Liborio. L'Amérique Latine et la Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement, Thèse pour le Doctorat, Toulouse, Paris 1968.
- VILLALOBOS C. Liborio. Las Materias Primas en la Encrucijada Internacional. Secretaria de Relaciones Exteriores, México 1974.
- WEART, Stencer. Nuclear Fear: a History of Images. Harvard University Press, London, Inland, 1988 p.535.
- WEAST C. Robert. Handbook of Chemistry and Physics: a Ready Reference Book of Chemical and Physical Data 1988-1989, Florida, Chemical Rubber, Co. 1988 ISBN 0-8493-0469-5.

ARTICULOS

BARNICH L. Terrence, "Uranium Procurement and the New World Order: Disarming the Evil Empire", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, September 20-23, 1992.

Blix, Hans. "La Electricidad y el Medio Ambiente: Fundamentos para la Selección" Boletín OIEA, Vol.33 No.3 Viena, Austria, 1991.

COIE, Perkins. "U.S. Federal and State Mining Regulation", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 1992.

COMBS, Jeff, "Uncertainties Facing Uranium Supply", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.

GARCIA A. Arturo. "La Caída de los Precios Internacionales de las Materias Primas", Anuario Mexicano de Relaciones Internacionales, UNAM, México 1986.

GARROW Dustin J. "Uranium Supply Potential Central Asian Republics. The Republics of Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan and Uzbekistan" NUEXCO Trading Corporation. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 1992.

GRANDEY C. and GEHRISH W. "Uranium Supply and Demand to 2005: an Update", Uranium and Nuclear Energy 1990, London 1991.

JONES M. y WOITE G. "Costo de la Generación de Electricidad con Carga Básica Convencional y Nuclear" OIEA Boletín, Vol.32 No.3 1990, Viena Austria.

KATRAK E. Firoze, "The Myths and Realities of the World Uranium Market", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada september 20-23, 1992.

KLAN Mark, COMBS Jeff, "Valuing Limited Price Risk Contracts: The Case of Uranium", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.

KENNETH W. Davis. "La Energía, el Medio ambiente y la Economía", Boletín OIEA, 1/1990.

-
- KNIGHT, R. SHIRVINGTON, P. SCOTFORD, R.** "Australian Uranium: The Outlook to 2010" International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.d
- LEAIST Gordon T.** "Canadian Uranium Supply to 2010" CAMECO Corporation. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 1992.
- LORAIN A. John.** "La Energía: Eje de la Historia", Contextos año 2, No.23, Junio 1981, Secretaria de Programación y Presupuesto, México.
- LUKE P. Robert,** "The U.S. Uranium Industry Through 2010", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.
- NIKAZMERAD M. Nicholas.** "Considerations of Long-term Uranium Supply from the CIS", NUKEM, Inc. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe Nevada, September 20-23, 1992.
- MIKERIN I. Evgeni,** "The Uranium Supply Picture Through 2010 Russia", Russian Ministry of Atomic Energy. International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.
- MULLER-KAHLE, Eberhard.** "La Situación en el Mercado del Uranio y sus Repercusiones sobre las Tendencias en la Exploración y el Desarrollo de los Recursos de Uranio", OIEA Boletín 3/1990, Viena Austria.
- ROUGEAU, Jean-Pierre.** "COGEMA'S Uranium Mining Strategy" International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 1992.
- SARQUIS R. David J.** "Energía Pública y Opinión Nuclear", Técnica y Humanismo, Año XII no.68 sep-oct 1992 CONALEP México 1992.
- SARQUIS R. David J.** "Los Desechos en las Centrales Nucleares ¿De qué tamaño es el problema?". Información Nuclear Vol.V no.4, Abril 1992, México ININ 1992.
- SCORER, C.** "South African Uranium Production: Its History and Prospects for the Future", International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, september 20-23, 1992.
- SEMENOV, GUTHRIE y TATSUTA,** "El Papel Futuro de la Energía Nucleoeléctrica en el Equilibrio Energético Mundial", Boletín OIEA Vol.33 No.3, Viena Austria 1991.

SMITH K.L. "Application of Canadian Environmental Regulations to the Development of Uranium Mines", UNECO, International Uranium Seminar 92, Lake Tahoe, Nevada, septiembre 1992.

STEYN, J. "Tendencias en el Mercado Internacional del Uranio", Nuclear Engineering Internacional, Sep.1990, Información Nuclear, Vol.IV No.1 enero-marzo 1991, ININ México 1991

UNDERHILL, D. "Uranium Exploration Programmes and the Outlook for the 1990's". Uranium and Nuclear Energy 1990, London 1991.

VELEZ Ocón, Carlos. "La Energía y las Sociedades Modernas". Seminario Internacional de Expertos sobre Energía, Helsinki, Finlandia, Febrero 1992.

DOCUMENTOS, REPORTES, Y BOLETINES.

BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCION Y FOMENTO, "El Problema de la Estabilización de los Precios de los Productos Primarios", Washington D.C. 1969

CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL STUDIES, Quantities of Fissile Materials in US and Soviet Nuclear Weapons Arsenals, PU/CEES Report No.168, Princeton University, U.S.A. 1986.

CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL STUDIES, World Inventories of Plutonium, PU/CEES Report No. 195, Princeton University, U.S.A. 1987.

COMISION DE ENERGIA ATOMICA DE LOS EE.UU./División de Información Técnica. "La Historia de la Energía Atómica. Serie Nuestro Mundo Atómico, AEC, USA, 1963.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, CFE. "¿Qué es el Ciclo del Combustible Nuclear?", (folleto), México 1990.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, CFE. "Situación Mundial de la Nucleoelectricidad", (folleto), México 1989.

CONFERENCIA SOBRE SERVICIOS DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO.
Washington D.C. June 1991.

CONTEXTOS, (Revista), año 2, No.8, Marzo 1981, S.P.P. México.

CONTEXTOS, (Revista), año 2, No.40, Octubre 1981, S.P.P. México.

DEFENSE COUNCIL INC, Nuclear Weapons Data-Book Vol.II, "Nuclear Warhead Production Natural Resource", Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1987.

F.A.O. "Acuerdo y Política Internacional sobre Productos Básicos", Estudios sobre Políticas de Productos Básicos No.1, Programa de Estudios Especiales, Roma 1965.

F.A.O. "Situación y perspectiva de los Productos Básicos 1988-1989, FAO, Roma 1989.

F.A.O. "Situación y Perspectiva de los Productos Básicos 1989-1990, FAO, Roma 1990.

F.A.O. "Situación y Perspectiva de los Productos Básicos 1990-1991, FAO, Roma 1991.

NUKEM, "Uranium Supply and Deman in the Western World", Nukem Market Report No.5, 1990.

NUKEM, "Contracted Natural Uranium Supply and Deman for the Western World", Nukem Market Report No. 12 1986, No.9 1988, no.12 1989.

NUKEM MARKET REPORT, June 1992, U.S.A. 1992.

NUKEM MARKET REPORT, August 1992, U.S.A. 1992.

NUKEM MARKET REPORT, September 1992, U.S.A. 1992.

O.E.C.D./N.E.A.- I.A.E.A. Report: Uranium, Resource, Production and Demand 1989. (Reed Book) Paris 1990.

O.E.C.D. Report, "Uranium, Extraction Technology". OECD/NEA and IAEA 1983.

O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.31 No.4 1989, Viena Austria.

O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.32 No.1 1990, Viena Austria.

-
- O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.32 No.2 1990, Viena Austria.**
- O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.32 No.3 1990, Viena Austria.**
- O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.32 No.4 1990, Viena Austria.**
- O.I.E.A. Boletín, Revista Trimestral. Vol.33 No.3 1991, Viena Austria.**
- O.I.E.A. REPORTE ESPECIAL, "Generación de Electricidad, Energía Nucleoeléctrica y Mercados de Petróleo en el Mundo", OIAE, Vol.32 No.4 Viena Austria 1991.**
- O.N.U.D.I. Boletín Informativo. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, No. 282 y 283 oct-nov 1991, Viena Austria.**
- SIMPOSIO INTERNACIONAL DE EXPERTOS SUPERIORES SOBRE ELECTRICIDAD Y MEDIO AMBIENTE, Memorias y Conclusiones de la Reunión de Helsinki, Finlandia 1991.**
- U.N.C.T.A.D. Actas, Tercer Período de Sesiones (Santiago de Chile), Vol.II Doc.of.TD/113, Nueva York 1973.**
- U.N.C.T.A.D. Actas, Cuarto Período de Sesiones (Nairobi), Documentos Básicos, Vol.III, Doc.of.TD/184 y TD/228.**
- U.N.C.T.A.D. Actas, Quinto Período de Sesiones (Manila), Documentos Básicos, Vol.III, Doc.of.TD/228,229/sup.3. Nueva York 1981**
- U.N.C.T.A.D. COMISION DE PRODUCTOS BASICOS, Informe de Actividades, Décimo-tercer Período de Sesiones, Suplemento No.3, Doc.of. TD/B/C:1/304, Naciones Unidas, Nueva York 1989.**
- U.N.C.T.A.D. COMISION DE PRODUCTOS BASICOS, Informe de Actividades, Décimo-cuarto Período de Sesiones, Suplemento No.6, Doc.of. TD/B/C:1/316 y Doc.of.TD/B 1281, Naciones Unidas Nueva York 1991.**
- U.N.C.T.A.D. Documento Básico TD/184, "Medidas sobre Productos Básicos", Nueva York 1978.**
- U.N.C.T.A.D. Informe General del Presidente de la UNCTAD a la Conferencia "Nuevas Orientaciones y Nuevas Estructuras para el Comercio y el Desarrollo", Naciones Unidas, Nueva York 1989.**

U.S.C.E.A. U.S. Council For Energy Awareness. New Release, September 1992.

HEMEROGRAFIA

ASPEA Bolletin, No.1, 1990.

EIA REPORTS, Energy Information Administration, Washington D.C. september 1992.

EUROPEAN ENERGY REPORT, mayo 1991.

FLASH NUCLEAR, No. 205, agosto 1990.

FLASH NUCLEAR, No. 260, enero 1993.

IAEA, Press Release, april 1992.

INFORMACION NUCLEAR, ININ, 1991,1992.

POWER IN ASIA, September 1990.

NAMIBIA NEWSLETTER, Rössing Uranium Limited, Summer 1992.

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL, august 1991.

NUCLEONICS WEEK, August 1991.

THE URANIUM ISSUES, Uranium Institute, No.3 October 1992.

THE UX DAILY, The Uranium Exchange Company, September 1992.

THE UX REPORT, Vol.6, Issue 38, september 21, 1992

UI BRIEFING. No.92/1, The Uranium Institute 1992.

UI BRIEFING. No.92/2, The Uranium Institute 1992.

UI BRIEFING. No.92/3, The Uranium Institute 1992.

UI BRIEFING. No.92/4, The Uranium Institute 1992.

UI BRIEFING. No.92/4, The Uranium Institute 1992.

UI BRIEFING. No.92/7, The Uranium Institute 1992.

UNECAN NEWS, Uranium and Nuclear Energy Cadana, Special Issue, september 1992.

USCEA NEWS RELEASE, Washington D.C. september 1992.