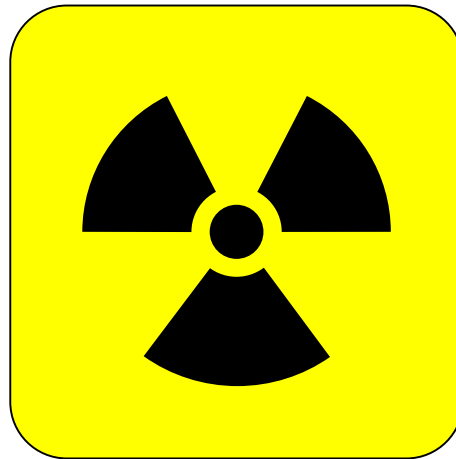


GREENPEACE

CAMPAÑA ENERGIA

Marzo 2005



URANIO

Descubierto en el siglo XVIII a raíz de las afecciones pulmonares que generaba en los mineros, es en 1938, cuando dos físicos alemanes, Otto Hahn y Fritz Strassmann, comprueban que el uranio podía ser dividido en partes y producir una fuerte emisión de energía.

El uranio se ha convertido en el combustible básico para los reactores nucleares y la materia prima esencial para las armas nucleares. La minería y concentración del uranio son los primeros eslabones de la industria nuclear. Una industria cuyos riesgos, residuos radiactivos y problemas de seguridad la convierten en la peor y menos justificada opción para producir electricidad.

Uranio Natural

El uranio es un elemento metálico, radiactivo y de color gris. Aparece en la naturaleza en concentraciones muy bajas. En su forma natural aparece como una mezcla de tres isótopos: Uranio-234 (0,01%), Uranio-235 (0,71%), y Uranio-238 (99,28%). El uranio es el elemento más pesado que se encuentra en la naturaleza. Se trata de un elemento peligroso por ser radiactivo y químicamente tóxico.

Uranio-234: Isótopo no fisionable, no fértil, de vida media de 245.400 años.

Uranio-235: Isótopo esencial para sostener el proceso de fisión en que se basa la energía nuclear y el diseño de armamentos nucleares. Es uno de los tres elementos fisionables que existen y el único que aparece naturalmente. Su vida media es de 703,7 millones de años.

Uranio-238: Es también un isótopo indispensable para la industria nuclear y es uno de los dos materiales fértiles que pueden ser utilizados para producir material fisionable. Tiene una vida media de 4.468 millones de años. El uranio-238 genera el plutonio-239, material fisionable.

Estos tres radioisótopos emiten radiación alfa y gamma.

El núcleo de un elemento radiactivo es inestable, esto significa que se transforman espontáneamente en otros elementos, típicamente emitiendo partículas (a veces mediante la absorción de partículas). Este proceso, conocido como “decaimiento radiactivo” o “desintegración”, generalmente resulta en la emisión de partículas **alfa** y **beta** provenientes del núcleo. Es a veces acompañado por la emisión de radiación **gamma**, que es una radiación electromagnética, como los rayos X. Estos tres tipos de radiación tienen diferentes propiedades pero todas son radiaciones ionizantes.

Los materiales radiactivos poseen la particularidad de liberar energía en forma de radiación ionizante. Este tipo de radiación es capaz de golpear electrones y extraerlos de los átomos, convirtiéndolos en iones. En interacción con la materia, una alta concentración de radiación ionizante genera estados excitados de los átomos o moléculas y por lo tanto promueve reacciones químicas que de otro modo ocurrirían muy lentamente o nunca sucederían. Los radionucleidos representan un gran riesgo para la salud cuando son ingeridos o inhalados, sin embargo los fragmentos que emiten radiación pueden ser tan pequeños que pueden permanecer en los poros de la piel y folículos capilares de todo el cuerpo.

Los emisores **alfa** son los más peligrosos para las células vivas en caso de ser ingeridos o inhalados, esto ocurre a pesar de que las partículas alfa sólo pueden recorrer distancias de algunos centímetros. Estas partículas tienen poco poder penetrante pero de mucho impacto (son las partículas atómicas más pesadas emitidas por un material radiactivo).

La radiación **gamma** es un tipo de radiación electromagnética, no es una partícula como la alfa o beta. La radiación gamma posee un gran poder de penetración.

Resumen de los isótopos del Uranio

Isótopo	% en uranio natural	Nro.de Protones	Nro.de Neutrones	Vida Media (en años)
Uranio-238	99,284	92	146	4,46 mil millones
Uranio-235	0,711	92	143	704 millones
Uranio-234	0,0055	92	142	245.000

El Uranio-238, el isótopo con mayor presencia en el mineral de uranio, tiene una vida media de alrededor de 4,5 mil millones de años, esto significa que la mitad de los átomos, en cualquier muestra que se tome, decaerá en ese lapso de tiempo. El Uranio-238 decae mediante una emisión alfa a Torio-234, el cual decae mediante emisión beta a Protactinio-234, el cual decae mediante emisión beta a Uranio-234, y así continua. Los diversos productos de decaimiento forman una serie que se inicia con el Uranio-238. Luego de varios decaimientos por emisiones alfa y beta, la serie finaliza con el isótopo estable Plomo-206.

SERIE DE DECAIMIENTO DEL URANIO-238

Leer de izquierda a derecha. Las flechas indican el decaimiento.
(La vidas medias son valores redondeados)

Uranio-238 ==> (vida media: 4,5 mil mill.años) alfa, gamma	Torio-234 ==> (vida media: 24,1 días) beta, gamma	Protactinio-234 ==> (vida media: 1,2 minutos) beta, gamma
Uranio-234 ==> (vida media: 245.000 years) alfa, gamma	Torio-230 ==> (vida media: 75.000 years) alfa, gamma	Radio-226 ==> (vida media: 1.600 years) alfa, gamma
Radon-222 ==> (vida media: 3,8 días) alfa	Polonio-218 ==> (vida media: 3,1 minutos) alfa	Plomo-214 ==> (vida media: 27 minutos) beta, gamma
Bismuto-214 ==> (vida media: 20 minutos) beta, gamma	Polonio-214 ==> (vida media: 160 microseg.) alfa	Plomo-210 ==> (vida media: 23 years) beta, gamma
Bismuto-210 ==> (vida media: 5 días) beta, gamma	Polonio-210 ==> (vida media: 138 días) alfa	Plomo-206 (estable)

El Uranio-238 emite partículas alfa, que son menos penetrantes que otras formas de radiación. En la medida que permanezca fuera del organismo, el uranio representa un pequeño riesgo para la salud (principalmente por los rayos gamma). Si es inhalado o ingerido, entonces, su radiactividad representa un riesgo muy alto de cáncer de pulmón o cáncer de huesos. El uranio es también químicamente tóxico a altas concentraciones y puede ocasionar daños en órganos internos, particularmente en riñones. Estudios realizados en animales sugieren que el uranio puede afectar la reproducción, el desarrollo del feto e incrementa el riesgo de leucemia y cáncer en tejidos blandos.

La propiedad importante del uranio para las armas nucleares y la energía atómica es su capacidad de fisión, o sea dividirse en dos fragmentos más livianos cuando es bombardeado con neutrones y liberar energía. De las formas naturales del uranio solo el Uranio-235 puede sostener una reacción en cadena --una reacción en la cual cada fisión produce suficientes neutrones como para disparar otras, lo que hace que el proceso de fisión se sostenga sin ninguna fuente externa de neutrones. En contraste, el Uranio-238 no puede sostener una reacción en cadena, pero puede ser convertido en Plutonio-239, el cual sí puede generar una reacción en cadena. El Plutonio-239, no existe en la naturaleza, fue utilizado en la primer bomba atómica probada el 16 de julio de 1945 y en la bomba que se arrojó sobre Nagasaki el 9 de agosto de 1945.

Uranio en el agua de consumo humano

El valor guía de uranio en agua para consumo humano es establecido por la Organización Mundial de la Salud en 15 µg/litro. Este valor ha sido establecido teniendo en cuenta básicamente la toxicidad química del uranio. Vale mencionar que la Directiva para la calidad del agua para consumo humano de la OMS en 1998 era de **2 µg/litro**. Luego ese valor fue aumentado a **9 µg/l** en el año 2003. En el 2004 se adoptó el valor vigente.¹

Este valor, al igual que el de muchos otros contaminantes, ha ido variando a lo largo del tiempo acorde avanzaron los conocimientos sobre los impactos sobre la salud de estos elementos. También, en buena parte, los valores máximos admitidos por diferentes países evolucionan acorde a la capacidad de la industria de controlar sus vertidos o a las posibilidades tecnológicas y económicas de alcanzar niveles más bajos. Por lo general estos parámetros han tenido una clara tendencia a la baja con el paso del tiempo y son resultado de la puja entre la necesidad de proteger la salud y la presión que ejercen determinadas industrias.

En Australia el límite máximo para el uranio en agua para consumo humano es de 20 µg/l según sus directrices de 1996. En Estados Unidos el valor máximo se estableció en 30 µg/l en el año 2000 aunque la Agencia de Protección del Medio Ambiente sostiene que el objetivo debería ser 0 µg/l y que actualmente sería factible al menos llevarlas a 20 µg/l².

En la Argentina el valor máximo permitido para el uranio en agua de consumo humano es de **100 µg/l** de acuerdo a la reglamentación de la Ley 24.051 (Residuos Peligrosos).³

Claramente se trata de un anacronismo de la legislación argentina, ya que en dicha reglamentación, realizada en abril de 1993, se adoptó como referencia la normativa vigente en Canadá. En ese país esa normativa fue revisada y actualizada a un valor guía de **20 µg/l** en 1999. Es decir que la normativa vigente en Argentina está rezagada en relación a la evolución del conocimiento de los riesgos de este elemento. **Mantener un valor alto como límite máximo permitido en la concentración de uranio en el agua de consumo humano es claramente un modo de proteger a una industria sucia como la nuclear en detrimento de la salud de la población.**

¹ "Guidelines for drinking-water quality", third edition, Organización Mundial de la Salud, 2004.

² National Primary Drinking Water Regulations; Radionuclides; Final Rule, ENvironmental Protection Agency, 2000.

³ Decreto Nacional 831/93, Decreto Reglamentario de la Ley 24.051 sobre régimen de desechos peligrosos.

La minería y el concentrado de uranio

Del mineral extraído de las minas se obtiene el óxido de uranio (U_3O_8) por medio de un proceso denominado concentrado del uranio. A este concentrado se le suele llamar "yellowcake", una sustancia amarilla o marrón que contiene alrededor de un 75%, o más, de óxido de uranio.

Las operaciones mineras y de concentración del uranio generan una gran cantidad de residuos químicos y de restos minerales o "colas de mineral". La parte útil es generalmente menos del uno por ciento del mineral original.

Minas de uranio y cantidades de residuos conteniendo uranio

Yacimientos	Explotación	Residuos	Area afectada
Don Otto (Salta)	1955-1981	390.000 tn	6,5 hec.
Los Adobes (Chubut)	1977-1981	155.000 tn	2.2 hec.
Los Gigantes (Córdoba)	1982-1990	2.200.000 tn	
La Estela (San Luis)	1982-1991	70.000 tn	1 hec.
Malargüe (Mendoza)	1955-1986	700.000 tn	8 hec.
Sierra Pintada (Mendoza)	1980-cont.	1.200.000 tn	8,6 hec.
Los Colorados (La Rioja)	1993-poco explotado		
Total:		4.715.000 toneladas	

Si bien el riesgo por cada gramo de estos residuos es relativamente bajo comparado al de otros residuos producidos en el ciclo del combustible nuclear, el gran volumen y las notables fallas registradas en los sistemas de control resultan en un gran riesgo ambiental.

Más aún, las vidas medias de los principales componentes radiactivos de estas colas de mineral, torio-230 y radio-226 son largas, siendo alrededor de 75.000 y 1.600 años respectivamente.

El riesgo más serio asociado con estos procesos es el cáncer de pulmón debido a la inhalación de productos del decaimiento del uranio. Las colas de mineral contienen materiales radiactivos, entre los más importantes están el Torio-230, el Radio-226, el Radón-222 (gas radón) y la serie generada a partir del radón que incluye al Polonio-210. También se encuentran metales pesados como el manganeso y molibdeno. Todos estos elementos pueden filtrarse dentro de las napas y cursos de agua.

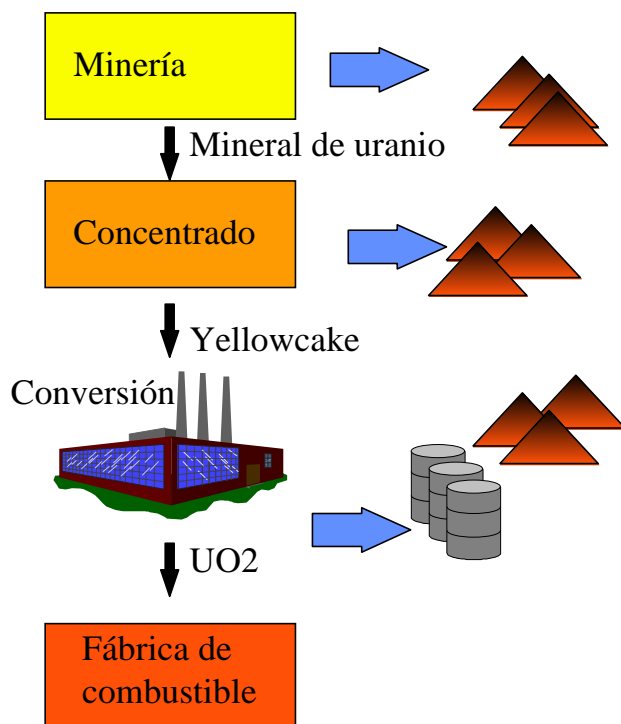
Conversión (UO₂)

El uranio es generalmente utilizado en los reactores en forma de dióxido de uranio (UO₂) o de uranio metálico. En la Argentina se utiliza como combustible nuclear el uranio natural (sin enriquecimiento). La sustancia utilizada es el dióxido de uranio.

Este proceso se realiza en la actual fábrica que posee la empresa Dioxitek S.A. en la ciudad de Córdoba. Por medio de una serie de procesos químicos se obtiene inicialmente una purificación del concentrado de uranio para producir uranilo carbonato de amonio (AUC) y luego este es reducido a UO₂. Esta planta tiene una capacidad nominal de producir unas 150 toneladas anuales de UO₂.

La materia prima de esta planta proviene del Complejo Minero Fabril de San Rafael (Mendoza) y de importaciones. Greenpeace detectó en mayo de 1998 una importación de 120 toneladas de concentrado comercial de uranio ingresados por el puerto de Buenos Aires siendo transportados en condiciones no habilitadas y violando la constitución de la Ciudad de Buenos Aires.

La etapa de conversión suma una nueva serie de descargas gaseosas, líquidas y sólidas producto de los diferentes procesos químicos. Estos residuos contienen uranio y sus diferentes productos de decaimiento o desintegración (como el radio-226). Durante la operación de esta planta se han repetido incidentes con emanaciones gaseosas de amoníaco.



Torio-230: Es el radioisotopo de más larga vida dentro de la serie de desintegraciones del uranio. Es tóxico y afecta particularmente al hígado y el bazo. Es causante de leucemias y otras afecciones en el sistema sanguíneo.

Radio-226: es uno de los elementos más peligrosos producto del decaimiento del uranio. Es un metal pesado radiactivo y potente emisor alfa. Por su desintegración se genera el gas radón. Es químicamente similar al calcio, por lo tanto, cuando se lo ingiere migra a los huesos, dientes y leche

Radón-222: Es un gas tóxico. Cuando la roca de uranio es molida se libera el gas atrapado en ella. El radón (y sus productos de decaimiento) es un poderoso agente cancerígeno. La molienda del uranio genera permanentemente grandes cantidades de radón. Puede viajar a grandes distancias por efecto del viento y depositar sus productos de desintegración sólidos.

Greenpeace

Desde 1997 recibe además del concentrado de uranio lotes de dióxido de uranio enriquecido al 3,4 % en Uranio-235. Este material es mezclado con dióxido de uranio natural para lograr lotes de óxidos levemente enriquecidos al 0,85% en uranio 235. Este material se utiliza para fabricar elementos combustible para Atucha I.

Un embarque con dióxido de uranio enriquecido al 3,4 % fue detectado por Greenpeace en Diciembre de 1998 ingresando por el puerto de Bahía Blanca. Este transporte implicó la violación de prohibiciones como las existentes en la ciudad de Torquinst (Buenos Aires).

Uranio “enriquecido” y uranio “empobrecido”

Se hace referencia a uranio “enriquecido” o “empobrecido” en función de la proporción existente de U-235 en el volumen total de uranio. Como señalamos anteriormente el isótopo U-235 aparece naturalmente en una proporción de 0,711% del total de uranio. Cuando se incrementa artificialmente esa proporción hablamos de uranio “enriquecido”. Cuando esa proporción es reducida artificialmente respecto del valor natural se habla de uranio “empobrecido”.

Como ya lo señalamos el isótopo Uranio-235 es esencial para el combustible en plantas de energía y en armamentos. Esto se debe a su capacidad de ser “fisionable” es decir que puede sostener una reacción en cadena, ya sea “controlada” en un reactor o “no controlada” en un explosivo nuclear. Por lo general, los combustible para las plantas atómicas y reactores de investigación utilizan uranio “enriquecido”, es decir que poseen más Uranio-235 que lo normal. En el propio proceso de enriquecimiento queda una porción sobrante con menos Uranio-235 que lo normal y se lo denomina uranio empobrecido.

El uranio natural, enriquecido o empobrecido es químicamente idéntico. El uranio empobrecido es el menos radioactivo, el uranio enriquecido el más radioactivo.

En la mayoría de las plantas nucleares de producción de energía en el mundo se utiliza combustible nuclear realizado con uranio enriquecido al 3,5% o un poco más. En cambio en Argentina se utiliza uranio natural.

La Central Nuclear de Embalse (Córdoba) utiliza combustible nuclear en base a uranio natural, en cambio la Central Nuclear Atucha I (Buenos Aires), diseñada para funcionar en base a uranio natural, desde el año 2001 funciona con uranio levemente enriquecido (ULE) al 0,85%.

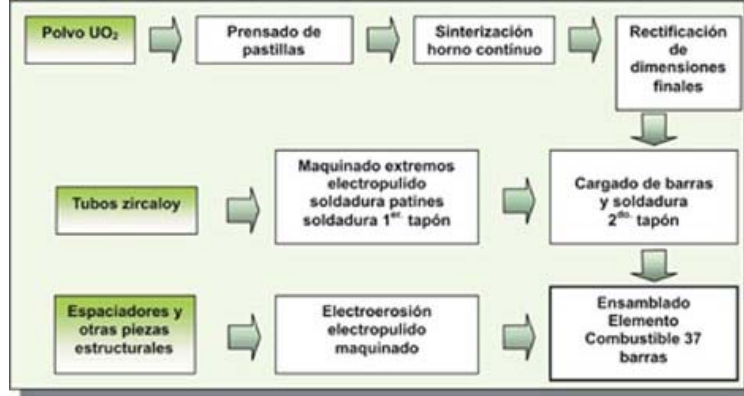
La fábrica de los elementos combustibles para ambas centrales es Combustibles Nucleares Argentinos (CONUAR) que está situada en el Centro Atómico Ezeiza (CAE). Esta empresa se estableció en 1982 y es operada por una sociedad mixta de mayoría privada.⁴

El proceso de fabricación se alimenta de polvo de UO_2 de pureza nuclear, proveniente del Complejo Fabril Córdoba, y de tubos fabricados con una aleación de zirconio denominada Zircaloy, producidos en instalaciones adyacentes a la planta de Fábrica de Aleaciones Especiales (FAE) también en el Centro Atómico Ezeiza.⁵

⁴ La composición accionaria de CONUAR es 33% Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y 67% del Grupo Perez Companc.

⁵ La empresa Fábrica de Aleaciones Especiales S.A.(FAE) fue creada en 1986. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde un 32% a la CNEA y el 68% restante a CONUAR.

Esquema del proceso de fabricación combustible nucleares en CONUAR



Por lo general, en los reactores de investigación y de producción de radioisótopos para usos medicinales e industriales se usan combustibles con niveles de enriquecimiento mucho mayor. En los reactores de investigación emplazados en Argentina se utiliza uranio enriquecido en las siguientes proporciones:

	REACTOR					
	RA-0	RA-1 ⁶	RA-3 ⁷	RA-4	RA-6	RA-8
UBICACIÓN	Ciudad Universitaria -Córdoba-	Centro Atómico Constituyentes	Centro Atómico Ezeiza	Universidad Nacional de Rosario	Centro Atómico Bariloche	Pilcaniyeu
OPERADOR	Universidad Nacional de Córdoba	CNEA	CNEA	Facultad de Ingeniería	CNEA	CNEA
USO	Investigación y docencia	Investigación	Producción de Radioisótopos e investigación	Investigación y docencia	Investigación y docencia	Investigación
POTENCIA	1 W	40 KW	10 MW	1 W	0,5 MW	10 W
COMBUSTIBLE	Uranio enriquecido al 20% en uranio 235	Uranio enriquecido al 20% en uranio 235	Uranio enriquecido al 20% en uranio 235	Uranio enriquecido al 20% en uranio 235	Uranio enriquecido al 90% en uranio 235	Uranio enriquecido al 3% en uranio 235

El uranio enriquecido para elaborar los elementos combustibles tanto de Atucha I como de los diferentes reactores experimentales ha provenido de Estados Unidos o Rusia. La mezcla de uranio y el ensamblado de los elementos combustibles se realiza en Dixitek (Córdoba) y en CONUAR (CAE).

Greenpeace Argentina

Zabala 3873 – C1427DYG
 Buenos Aires - Argentina
 Tel: 54 (11) 4551 8811
 Fax:54(11) 4552 0775
 www.greenpeace.org.ar

⁶ Este reactor comenzó a operar en 1958 con un núcleo enriquecido al 90% y luego fue modificado para operar con combustible enriquecido al 20%.

⁷ Se puso en servicio en 1967 con un núcleo en base a uranio enriquecido al 90%. En 1990 comenzó a operar con combustible en base a uranio enriquecido al 20%.