



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

1/14

### **Ing. Carlos Cortizas:**

Dr. Roberto Eugenio Bianchi. El Dr. Bianchi se gradúa en 1984 como Geólogo en la Escuela de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, su provincia natal. Entre los años 1983 y 1986 se desempeñó en el Complejo Fabril Córdoba de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Desde 1986 al 2006 en la Gerencia de Exploración, Departamento Regional Trelew, Provincia de Chubut. Como responsable de comisiones geológicas en el área de prospección y exploración de minerales nucleares así como en estudios geológicos de superficie y de medio ambiente en el proyecto Cerro Solo de estudios hidrogeológicos en el distrito granífero Pichinán Este del Chubut, y en el complejo minero fabril San Rafael, en la provincia de Mendoza. Ha sido coordinador por la Comisión Nacional de Energía Atómica en el relevamiento de las hojas geológicas en escala 1 a 100.000 en el convenio de la CNEA con Cejemar y responsable de los estudios de metodología extractiva lixiviación in situ en la región patagónica. Desde diciembre de 2006 está a cargo de la Gerencia de Exploración de materias primas.

Ha participado como expositor y asistente en simposios y jornadas de divulgación de la actividad nuclear en el país y en el exterior. Realizó cursos en Regina, Canadá; Wiomin EE.UU.; Ialmati Kasaskán, relacionadas con geología del uranio y técnicas de exploración, explotación y conservación del medio ambiente.

Es autor de informes técnicos e internos inéditos. Ha hecho presentaciones en trabajos de congresos geológicos. Es co-autor de publicaciones internacionales todas vinculadas con las tareas desempeñadas en el ámbito de la CNEA.

### **Dr. Roberto Bianchi:**

Antes que nada quiero agradecer a los organizadores de la Semana de la Ingeniería 2007 y saludar a los Ingenieros en su día.

Los voy a introducir en un tema para algunos conocido, y es todo lo relativo al uranio, que vendría a ser una alternativa en la generación de energía con que cuenta el país. El uranio es un recurso natural que se encuentra en la corteza terrestre en un promedio de 3 grs. por tonelada, y suelto en medios acuos en el orden de algunos microgramos por litro. El uranio es 800 veces más abundante que el oro, 40 veces más que la plata, 1,8 más que el mercurio, 1,6 más que el antimonio, 1,5 más que el cadmio. Es



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**  
CNEA

2/9

tan abundante como el plomo, el cobalto, el molibdeno o el arsénico. Alcanza la corteza terrestre y se concentra como depósito mineral a través de eventos geológicos formadores de rocas sísmicas. Estamos hablando de rocas graníticas o rocas volcánicas y logra concentraciones significativas en ambientes sedimentarios en presencia de sustancia químicamente reductoras. Se lo conoce en la naturaleza bajo tres formas, tres isótopos principales: uranio 238, uranio 236 y uranio 234. El uranio 235 se encuentra en un porcentaje de 0,72%. Ese es el isótopo fisionable en el reactor nuclear. Y este mineral así como se lo toma de la naturaleza y se lo concentra es lo que se conoce como uranio natural.

Uds. habrán escuchado también hablar del uranio enriquecido, es cuando ese uranio 235 se eleva a ese porcentaje de 0,7 a 1% ; 1,2%; 3% logrando mayor poder energético.

La CNEA, fundada en el año 1950, es la institución rectora en el país dedicada a la investigación y desarrollo de las aplicaciones nucleares. A través de sus cincuenta y siete jóvenes años recién cumplidos el 31 de Mayo, ha dado lugar a la formación de empresas asociadas de las cuales participa con un variado porcentaje. Tenemos la empresa CONOAR, que es Combustibles Nucleares Argentinos. La empresa ENSI, donde se fabrica el agua pesada.

La empresa NASA que es en este momento la que conduce el funcionamiento de las centrales nucleares. FAE S.A. que es Fabricación de Aleaciones Especiales donde se producen los tubos de circaloi, uno de los elementos que constituye el combustible nuclear. DIOXITEX, que es la empresa donde se transforma el concentrado de uranio de mina en dióxido de uranio que es el combustible nuclear propiamente dicho. Y tenemos también la FUESMEN que es la Fundación de Medicina de Energía Nuclear que tiene sede en Mendoza, donde se forman profesionales médicos en las técnicas de aplicaciones nucleares dedicadas a los tratamientos oncológicos y demás.

Por último, y acá hay una relación con el CAI, tenemos una íntima relación con INVAP. INVAP nace con personal de la comisión, es una empresa estatal de Río Negro, donde si bien la comisión en este momento no tiene acciones, sí hay una estrecha relación en todos los proyectos de trabajo que se vienen desarrollando.



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

3/9

Esto constituye el sector nuclear argentino en estos momentos. Es un sector nuclear que ha llegado a dominar el ciclo de combustible, que no es poco. Esto se logró en el año '82 o sea que tenemos varios años de experiencia en la materia.

¿Qué es el ciclo de combustible? Da inicio con la exploración y explotación de yacimientos de uranio. La purificación del uranio y su conversión en material de uso nuclear. El enriquecimiento de uranio 235 del uranio natural, la fabricación de elementos combustibles. El quemado en la operación de las centrales nucleoelectricas y de los reactores de investigación y de producción de radio isótopos y el eventual reprocesamiento de los elementos combustibles quemados, la gestión de residuos radioactivos y las tareas de investigación y desarrollo.

Como ven, el primer punto, este ciclo de combustible es la exploración y explotación de los yacimientos de uranio. Para ello en la CNEA dentro de su estructura está la gerencia de cloración de materias primas que en sus funciones principales tiene la de realizar la exploración de los minerales nucleares en el ámbito del territorio nacional.

Está constituido por 8 departamentos:

El Departamento de Prospección que utiliza técnicas geofísicas, geoquímicas para prospeccionar buscar los minerales de uranio. Tiene la sede en Buenos Aires.

El Departamento Regional del Noroeste con sede en Salta, constituido por cuatro provincias: Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca.

El Departamento Regional Cuyo, con sede en Mendoza; que abarca las provincias de Mendoza, Neuquen y La Pampa.

El Departamento Regional Centro, con sede en Córdoba y abarca La Rioja, San Luis Córdoba y Santiago del Estero.

El Departamento Regional Patagonia que abarca Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Estos departamentos son complementados con el de Evaluación y Reserva, donde disponemos de equipos de perforación y podemos hacer nuestros estudios de evaluación de los depósitos que se van descubriendo.

Recientemente se creó el proyecto Salta, dado que hay una política de reactivar yacimientos de uranio que fueron explotados en la década del '70 hasta principios del '80, todavía contienen reservas.



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

4/9

Tenemos un Departamento de Innovación Tecnológica, donde se están estudiando la aplicación de nuevas técnicas extractivas de mineral de uranio.

Haciendo una recorrida rápida del país, les cuento cuál fue la historia desde la década del '50, cuando comienzan los estudios geológicos por uranio. Voy a ir de norte a sur y no en orden cronológico.

Tenemos en Salta el Distrito Tonco Amblayo que aportó el orden de 202 toneladas de uranio metálico y tenemos reservas ubicadas en este momento del orden de las 200 y 300 toneladas.

Estos yacimientos pueden parecer muy pequeños, el precio del uranio hace dos días era de U\$S 125 la libra. Eso implica el orden de U\$S 325 el kilo. Ayer trepó a U\$S 135 la libra, lo que nos lleva a U\$S 351 el kilo. Es un recurso que si lo tenemos que importar porque no tenemos este recurso natural en el país sería demasiado oneroso en este momento y tendríamos una fuerte dependencia para el funcionamiento de nuestras centrales.

En el yacimiento Donoto lleva desarrolladas hasta el momento 18 Km. de galerías. Hay un proyecto, también dependiente de la Regional Departamento Salta que se llama Las Termas. Se encuentra en Catamarca en un ambiente granítico donde la tipología de yacimiento nos hace esperar como mínimo 1.000 ton. de uranio. Eso está en estudio en este momento.

En La Rioja se explotó en la década del '80 el yacimiento Los Colorados que aportó 45 a 48 ton., era un yacimiento muy pequeño, superficial. En este momento tenemos en estudio importantes áreas de cateo, es decir que son permisos de exploración en la Sierra de Velasco Oriental y Occidental.

Pasamos a Córdoba. En la década del '80 también se explota el yacimiento de Schlagintweit en la Pampa de Achala en Los Gigantes. Un yacimiento también de ambiente granítico que aportó el orden de 190 – 200 ton. también. Y un pequeño yacimiento en San Luis Las Termas, ambos en ambientes graníticos.

El yacimiento Schlagintweit todavía está sujeto a una etapa de exploración porque pen-



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

5/9

samos que en profundidad podemos encontrar una fuerte concentración de mineral de uranio.

En Mendoza, quizás el más conocido es el yacimiento Dr. Baulí de Sierra Pintada. Este yacimiento produjo hasta el año '92 1.600 ton. de uranio metálico. Tiene medidas reservas del orden de las 6.000 ton. en este momento. Al sur de Mendoza, en la década del '70 y principios del '80 también se explotó un yacimiento superficial en ambiente sedimentario Huemul y estuvo en el orden de las 200 ton.

En la zona de Chubut, que quizás sea la provincia patagónica con más posibilidades en cuanto a recursos graníferos. Tenemos en estudio un prospecto que llamamos Laguna Colorada en ambiente volcánico. Otro prospecto que es el depósito Cerro Solo, del cual están ubicadas en dos de los cuerpos mineralizados que fueron evaluados 4.600 ton. Pero el yacimiento está compuesto por 7 cuerpos mineralizados. Así que tenemos expectativas de al menos duplicar esa cifra que se ha medido hasta ahora.

En la década de fines del '70, principios del '80 se explotaron dos pequeños yacimientos en el área que fue el yacimiento Cerro Cóndor y Los Adobes. Entre los dos suman 180 ton.

Recientemente, desde el año pasado venimos trabajando en un prospecto minero nuevo ubicado en Santa Cruz conocido con el nombre de Laguna Sirven. Es un depósito de uranio superficial. Los estudios se llevan adelante en un convenio entre CNEA y FOMICRUZ, la empresa estatal santacruceña.

La producción argentina de uranio hasta la fecha arroja una cifra de 2.425 ton de U. En la década del '90 se paralizó la explotación del yacimiento de Sierra Pintada porque el costo del uranio en ese momento era de U\$S 9 la libra. A nosotros nos salía muy por encima de ese precio. Estamos hablando de U\$S 25 a U\$S 30 el kilo puesto el uranio acá. Para nosotros el costo de producción estaba muy por encima de ese valor entonces hubo una política de importación y no de poner en producción nuestros yacimientos.

El uranio estaba relacionado fundamentalmente a la arenisca que son ambientes sedimentarios, depósitos de ríos (representados en la imagen en color naranja).



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

6/9

En rojo se representan los depósitos de origen volcánico, en Cierra Pintada.  
En azul está representado el uranio concentrado en ambientes graníticos.  
En amarillo se representan los depósitos superficiales.

Al día de hoy tenemos medido como reserva razonablemente aseguradas, es decir que tenemos la certeza de que están 9.620 ton. de uranio metálico. Y recursos inferidos en el orden de las 3.000 ton.

Hay un programa en el país, y lo dijo el Secretario de Energía Daniel Cameron, el 31 de Mayo, se está analizando la construcción de la cuarta y quinta central. Con estas reservas estamos cubriendo el abastecimiento en cuanto a sustancia para fabricar los elementos combustibles y estaríamos tranquilos.

Ahora, si llevamos la proyección al año 2060, 2070, tenemos que llegar por lo menos a certificar 20.000 ton. de mineral. Que es factible, porque hay otras zonas, cateos nuevos que están en estudio y podemos llegar a esa cifra sin mucho esfuerzo.

En cuanto al marco legal que hace a la minería en general y en particular a la del uranio, en el año '95 se promulgó una modificación: la Ley 25225 del Código de Minería que modifica la condición que mantenía al uranio como mineral estratégico. Fue pasado a un mineral de primera y segunda categoría y se rige con los mismos derechos que tienen ellos.

El otro marco legal que alienta a las inversiones en el área minera es la de promoción minera donde dice que está dedicada a los trabajos de prospección, exploración, desarrollo, preparación y extracción de sustancias minerales comprendidas en el Código de Minería. Como beneficios entre muchos cité algunos: estabilidad fiscal por 30 años, deducción del impuesto a las ganancias, beneficio a la exploración, exención al impuesto sobre los activos, sobre las importaciones, exención del impuesto a la ganancia mínima presunta.

El tratamiento del uranio es muy simple. Lo sacamos de mina, tiene una preparación física, una granulometría es leixibiado, se construyen pilas de leixibiación que tienen tres metros de alto y son un rectángulo al que uno les da la dimensión deseada y se riegan con agua y ácido sulfúrico. Una solución de ácido sulfúrico diluido. El líquido se



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

7/9

recoge por la base, son tubos de intercambio que contienen una resina que fija el uranio y separa las impurezas. Esa solución líquida conteniendo uranio es centrifugada y pasa por una etapa de secado y el producto final es el “yellow cake” o torta amarilla, como le llamamos. Ese es el aspecto que tiene el uranio.

El segundo paso es la transformación de ese concentrado de uranio que es un diuranato de amonio en dióxido de uranio. Pasa por las etapas de disolución, purificación, evaporación, precipitación, conversión, homogeneización. Allí hemos traído unas muestras de uranio, las pueden hacer circular. Lo amarillo es uranio, es tal cual se lo encuentra en la naturaleza.

Hasta ahora hemos visto en el ciclo de combustible la explotación de minerales, su transformación en concentrado de uranio y la transformación en dióxido de uranio.

Ahora entran a jugar dos empresas asociadas a la CNEA que son FAE y CONOAR. FAE fabrica las vainas de circaloi. Se procesan esponjas de zirconio, se producen los tubos de circaloi que son los contenedores futuros de los elementos combustibles que son estas pastillas negras que están observando en la foto.

FAE produce diferentes tipos de contenedores para combustible nuclear. El que vemos aquí, que es un cilindro parado, es el combustible que se utiliza en la central nuclear de Embalse. Este tiene 50 cm. de alto y el de Atucha tiene 6 metros de largo. Son tecnologías diferentes.

Este que vemos aquí acostado se destina para la fabricación de isótopos de aplicación en la medicina en los reactores de investigación. Es otro tipo de contenedor. Otro elemento que interviene en los reactores es el agua pesada, que es tan importante. Tenemos una planta en Arroyito con una capacidad de 200 ton/año y una pureza del 99,92%. Tenemos exportaciones realizadas a Corea del Sur, Alemania, Canadá, Noruega, EE.UU. y Australia. Este elemento, el agua pesada actúa como moderador de la reacción en cadena que se genera adentro del reactor.

Cómo empieza la reacción en un reactor: tenemos un átomo de uranio 235 que es impactado por una partícula neutrónica, como viene con una velocidad controlada, esa partícula neutrónica logra partir al núcleo de uranio 235 y logramos dos cosas: en la



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**

CNEA

8/9

partición se genera calor, el calor requerido para generar vapor en el reactor. Y por último tres o más partículas neutrónicas que aseguran la continuidad de esa reacción en cadena.

Entonces tenemos el uranio transformado en dióxido de uranio, y dentro de los elementos combustibles entra en el reactor, se produce la fisión nuclear, se genera el vapor. Ese vapor que impele un movimiento a la turbina que termina por mover un generador eléctrico y produce electricidad. De esa forma tenemos que a la energía nuclear la transformamos en energía eléctrica.

En cuanto a las ventajas del núcleo de electricidad podemos decir que 1 ton. de uranio natural equivale a 15.000 ton. de fuel oil y 20.000 ton. de carbón. Y estamos haciendo producción de dióxido de carbono a la atmósfera. Es ínfima la producción que se llega a realizar.

Otro proceso que domina CNEA es el enriquecimiento de uranio por la metodología de difusión gaseosa. Esto se hace en el Centro Atómico Pilcaniyeun en Neuquén y nos asegura para futuros reactores realizar este trabajo y contar con un combustible de mucha mayor potencialidad energética.

¿Eso que hace?

Si tengo un combustible enriquecido, eso implica que en vez de hacer la carga una vez al año en el reactor la puedo llevar al año y medio o dos. Todo depende del enriquecimiento que se haya producido.

Con el desarrollo logrado por la CNEA hasta la actualidad, podemos decir y con orgullo que los argentinos tenemos en el país doce reactores de investigación o de producción de radioisótopos (que están graficados en amarillo). Dos centrales en operación: Atucha II que, gracias a Dios, viene con una operación muy buena para terminarla en 2008 / 2009 y en 2010 tendría que entrar en funcionamiento.

Y se reactivó un proyecto Karen, que es un desarrollo argentino, que es un reactor modular en el que podemos empezar con una determinada generación de energía y de acuerdo a las necesidades de crecimiento de una población o de una industria se pueden ir agregando módulos para aumentar su potencia de generación.



## Otros combustibles - Uranio

**Dr. Roberto Bianchi**  
CNEA

9/9

Y tenemos, dentro de los reactores de investigación, exportaciones realizadas a Perú, Argelia, Egipto y Australia.

Este mapa es muy importante. El país, el Gobierno, en este momento (está ratificado en los últimos discursos) quiere asegurar a la población que las aplicaciones nucleares lleguen a todo el ámbito del país.

Si contamos todos los centros, instalaciones nucleares en general dedicadas a la investigación o aplicaciones de distinta índole, más los centros médicos donde se aplican tecnologías nucleares, el país cuenta con más de 2.000 instalaciones.

Fíjense el detalle: estamos en Jujuy, en Misiones y Tierra del Fuego, estamos cubriendo la totalidad del país y la idea es seguir avanzando en ese sentido.

La investigación y desarrollo que es otro de los hitos importantes de la CNEA tiene por función estudiar la energía nuclear en particular, las aplicaciones de la tecnología nuclear, seguridad nuclear y ambiente y la investigación básica y la educación. Con educación quiero decir la formación de recursos humanos para que todo el sistema nuclear argentino esté seguro de que cuenta con personal idóneo para lo que sea mantenimiento, funcionamiento de las instalaciones y actualización de las nuevas tecnologías que se van generando en el mundo.

Esto se realiza en tres centros atómicos: Bariloche, Ezeiza y Constituyentes.  
Con esto les doy las gracias.