

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1973

05.73.12

CNEA/MP 5/108

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y SU IMPORTANCIA EN
EL DESARROLLO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN SUDAMERICA

Pedro N.Stipanicio

"REUNION CONTINENTAL SOBRE LA CIENCIA Y EL HOMBRE"

SIMPOSIO SOBRE "LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL DESARROLLO"

Propiciada por la AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT
OF SCIENCE y por el CONSEJO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLO
GIA DE MEXICO.

MEXICO, D.F., 3 Julio 1973

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y SU IMPORTANCIA EN
EL DESARROLLO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN SUDAMERICA

Pedro N.Stipanivic

"REUNION CONTINENTAL SOBRE LA CIENCIA Y EL HOMBRE"

SIMPOSIO SOBRE "LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL DESARROLLO"

Propiciada por la AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT
OF SCIENCE y por el CONSEJO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLO
GIA DE MEXICO.

MEXICO, D.F., 3 Julio 1973

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE LA
ENERGIA NUCLEAR EN SUDAMERICA (*)

Por Pedro N. Stipanovic (1)

I.-- CIERTOS ASPECTOS DE LA ENERGIA Y LOS COMBUSTIBLES

Diversos factores de distinto carácter han condicionado a que en las últimas décadas casi todos los pueblos del mundo tiendan a brindar a sus integrantes el mayor standard de vida posible.

El logro de dicha meta exige no sólo una mejor distribución de las riquezas, sino disponer de ellas, o bien crearlas.

El sano y total desarrollo de una economía requiere, como condición básica y como es obvio, la voluntad de realizarla y luego, la existencia de ciertos factores condicionantes, los que han sido bien analizados por sociólogos, políticos, economistas y tecnólogos.

Dentro de dichos factores, todos los especialistas coinciden en aceptar que uno de los más importantes para el desenvolvimiento de una sociedad en evolución progresiva, es el de la disponibilidad de fuentes de energía, con su consiguiente aprovechamiento orgánico.

Varios organismos internacionales se ocuparon de analizar el futuro panorama energético del mundo hasta el año 2000, estimando las necesidades sobre firmes parámetros y discriminando la participación relativa que tendrán las distintas fuentes de energía.

De todas ellas, y para lo que resta del siglo, se estima que

(1) Gerente de Materias Primas de la Comisión Nacional de Energía Atómica; Miembro de la Academia Nacional de Ciencias; Presidente de la Asociación Geológica Argentina, República Argentina.

sólo jugarán un papel importante las dos ya clásicas (hidráulica y térmica) y la nuclear. La mareomotriz, la eólica y la solar se limitan en sus alcances próximos, a la vez que la geotérmica cobra paulatina y rápida relevancia.

En el gráfico N° 1 (datos del Organismo Internacional de Energía Atómica), se ilustra la evolución de la potencia eléctrica a instalar en el mundo, destacándose la importancia creciente que adquirirá aquella de origen nuclear, la que en 1975 participará con un 6%, para subir en 1980 al 15% y llegar al 60% en el año 2000.

Estas estimaciones, de carácter global, se integran con las parciales de las distintas áreas o continentes, las que como es obvio, son variables. El mayor coeficiente de intervención nuclear se registrará en E.U.A., Canadá y Europa Occidental, pues tanto Africa como Sud y Centro América muestran porcentajes menores, ya que aún les queda por desarrollar buena parte de sus recursos hidroeléctricos.

De cualquier manera, y en tal sentido, el panorama energético que presenta Sudamérica varía sensiblemente según los países de que se trate, pero de cumplirse en ellos cualquier programa rápido de desarrollo social y económico, los requerimientos inmediatos y mediatos de energía serán proporcionalmente mayores cuanto menor sea el estado de evolución en que se encuentre el país o la región interesada.

Algunos datos estadísticos resultan muy ilustrativos al respecto.

Los consumos de electricidad "per capita" son en América Latina muy inferiores a los que se registran no sólo en los países con larga tradición industrial sino también con respecto a otros que comenzaron su etapa de desarrollo mucho después. Así, Venezuela, con 1.150 Kwh/año y Argentina con 720, marchan a la cabeza, siguiendo luego México y Brasil con 450-475 Kwh/año, Chile con

345, para sólo alcanzar a 50 Kwh/año en Paraguay. En cambio, los consumos son de 6.600 Kwh/año en E.U.A., de 8.100 en Canadá y de 13.500 en Noruega, a la vez que Australia registra 3.600 y Nueva Zelanda 4.300 Kwh/año.

Un cuadro similar muestran las demandas de petróleo por persona: Argentina y Venezuela con 1.150 litros/año, Chile con 600. México con 570, Brasil con 325, Paraguay con 135, etc. Fuera de Latinoamérica, E.U.A., Canadá y Suecia acusan 4.200 l/año, Australia 2.400 l/año, etc.

Un factor que incide en buena proporción en el consumo de los combustibles líquidos, como es la disponibilidad de automotores, también repite las situaciones anteriores. En Argentina se dispone de 1 automotor cada 10 habitantes, en Venezuela 1 cada 14, en México de 1 cada 33, en Brasil de 1 cada 36, en Chile de 1 cada 50, en Perú de 1 cada 64, en Ecuador y Paraguay de 1 cada 156, etc. En E.U.A., en cambio, hay 1 automotor para 2 habitantes, en Canadá y Australia 1 para 2,5, en Nueva Zelanda 1 para 3, en Francia 1 para 3,5, en Alemania Occidental 1 para 4,5, en Japón 1 para 8, etc!

Resulta así evidente que si los pueblos latinoamericanos desean cumplir rápidos y necesarios planes de desarrollo, como para alcanzar cifras de consumo discretas, del orden de 3 a 4.000 Kwh/año y 2.000 l/año de petróleo "per capita", con la disponibilidad de 1 automotor cada 10 habitantes, los futuros requerimientos en combustibles y en energía eléctrica llegarán a cifras de gran consideración.

Cuál es, en líneas generales, la situación actual sudamericana para alcanzar tales metas?

En el campo del petróleo, Venezuela presenta un panorama muy favorable, con sus reservas del orden de 2.220.000.000 de m³, las que le permitirán atender su demanda interna, quedándole además elevados cupos exportables por muchos años. Una situación similar muestra Ecuador, con 920.000.000 m³, mientras que los dos países

mayores de este continente ofrecen perspectivas menores, ya que Argentina, con 400.000.000 m³ de reservas petroleras, debe satisfacer el relativamente elevado consumo interno de sus 25.000.000 de habitantes y Brasil, con sólo 160.000.000 m³, deberá hacerlo para 100.000.000 de habitantes. Fuera de Sudamérica, y en el ámbito latinoamericano, el caso de México es similar, con 560.000.000 m³ de petróleo, 50.000.000 de habitantes y una demanda creciente "per capita".

El campo del carbón requiere de consideraciones particulares según los países, pues en algunos de ellos su participación en la producción energética irá disminuyendo con el tiempo y su destino será para otros fines industriales. En cambio, en ciertas naciones, como la Argentina, se tiene programado aprovecharlo en forma creciente en el futuro mediano como fuente energética. De cualquier manera, la producción carbonífera en Sudamérica sólo alcanza cifras modestas y sus perspectivas con respecto al petróleo, la hidroelectricidad y la energía nuclear son reducidas.

El potencial hidroeléctrico económico de toda Latinoamérica, que fué estimado en 310.000 MWe, ofrece variables condiciones de aprovechamiento y de repartición regional. En tal sentido se destaca netamente Brasil, con un potencial de más de 100.000 MWe, siguiéndole Perú con 32.000 MWe. Dos de los países mayores, México y Argentina, sólo disponen cada uno de ellos de un potencial de estimación variable, comprendido entre 10.000 y 20.000 MWe, el que sólo podrá ser aprovechado como complemento de otras fuentes energéticas, dentro de sus planes hasta fines de siglo.

Por lo expuesto, se hace claro que en muchos casos, y en forma similar al ejemplo de varias naciones que ya tienen en ejecución definidos programas nucleoelectricos (E.U.A., Gran Bretaña, Japón, Francia, Rusia, Alemania, Canadá, España, India, Italia, Bélgica, Suiza, etc), varios de los países latinoamericanos deberán complementar sus fuentes energéticas convencionales (hidráulicas y térmicas) con las nucleares.

Estas últimas pueden desarrollarse disponiendo o no del combustible nuclear básico, el uranio, pero todos aquellos países que ya adoptaron tal línea, han intentado desde un principio el

desarrollar sus propios yacimientos uraníferos, sea en sus áreas metropolitanas o en el exterior, o bien han concretado contratos de aprovisionamiento a largo plazo con los países productores de concentrados nucleares. Resulta obvio, por muchas razones, que la primera variante es la más favorable.

II.- SIGNIFICADO DE LOS RECURSOS URANÍFEROS EN LA ECONOMÍA DE LOS COMBUSTIBLES CONVENCIONALES

En el estado actual del desarrollo tecnológico nuclear, el equivalente energético mínimo de 1 tonelada de uranio son 10.000 t de petróleo o 20.000 t de carbón.

Dentro de los países sudamericanos, uno de los que más atención ha prestado a la exploración de yacimientos uraníferos ha sido la Argentina, país que dispone a la fecha de las mayores reservas nucleares del continente, integradas con varios depósitos de distinta magnitud.

En uno sólo de ellos, el de Sierra Pintada (Provincia de Mendoza), se ubicaron 10.000 t U, cuyo equivalente energético es de 100.000.000 t de petróleo, es decir la cuarta parte de todas las reservas petrolíferas del país, a la vez que los "recursos uraníferos razonablemente asegurados" de los yacimientos argentinos, capaces de suministrar "yellow cake" a menos de U\$S 15/lb U_3O_8 , y que superan las 20.000 t U, ya tendrían un equivalente energético igual a la mitad de todas sus reservas petrolíferas.

Resulta así evidente el papel fundamental que puede desempeñar la disponibilidad de uranio en la economía de los combustibles clásicos, en especial de hidrocarburos, en países en los cuales las reservas petrolíferas no son de gran significación.

III. LAS CIENCIAS DE LA TIERRA COMO BASE FUNDAMENTAL DE LA INDUSTRIA DEL URANIO

La búsqueda de yacimientos de uranio, realizada en escala que tienda a satisfacer las necesidades de planes nucleoelectricos nacionales o bien a disponer de cupos exportables de concentrados, demanda inversiones de mucha consideración.

Por ello, la misma debe programarse en forma cuidadosa, para evitar gastos superfluos o poco productivos.

Varias son las cifras que se citan como necesarias para destinar a la prospección y exploración, estimándose, término medio, que ellas son de U\$S 2 a 3 por cada kilogramo de uranio a ubicar. Por ende, sólo para llegar a una discreta cifra de 10.000 t de U, se requerirán de 20 a 30.000.000 de dólares, a la vez que para al canzar volúmenes de cierta consideración, como ser 50.000 t U, se tendría que disponer de U\$S 100 a 150.000.000.

Resulta obvio, entonces, y descontándose que en la búsqueda de depósitos uraníferos se aplicarán las técnicas y el instrumen tal más adecuado, que debe, en principio, prestarse preferente atención a la selección previa de áreas favorables, pues salvo ca sos fortuitos, no deben esperarse éxitos si la prospección se cum ple "at random" y sobre cualquier tipo de terreno.

Es aquí donde las Ciencias de la Tierra, por medio de la Geo logía, brindan el soporte fundamental para permitir un orgánico, efectivo y más económico desarrollo de una industria del uranio, y consecuentemente, de la energía nuclear.

La Geología posibilita una mejor orientación para todas las etapas de selección de áreas, de prospección y de exploración, al haber contribuido en los últimos años a aclarar varios aspectos fundamentales, relacionados con la génesis de los yacimientos de uranio, su forma y sitio de yacencia, controles de la mineraliza-
ción, etc.

ción, etc.

No hace mucho, un panel de expertos, convocado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, analizó estos problemas para asesorar sobre la forma de encauzar la búsqueda de yacimientos de uranio. Los resultados que se alcanzaron se dieron a conocer en el informe STI/PUB/277, editado por el OIEA en 1970 ("Uranium Exploration Geology").

No cuadra ahora repetir lo que expusimos como conclusiones en dicho informe, pues el mismo está al alcance de todo interesado, pero recomendamos que ellas se tengan en cuenta en la planificación de los programas exploratorios.

Pero lo que sí debemos destacar es cuanto aportó la Geología para alcanzar tales resultados y cuán útiles pueden ser esos conceptos aplicados al desarrollo de las industrias uraníferas regionales de Sudamérica.

En tal sentido, puede ser oportuno destacar algunos aspectos de especial transcendencia.

En primer término, conviene recordar que más del 85% de los recursos uraníferos útiles se encuentran contenidos en rocas sedimentarias y que el resto lo está en depósitos genéricamente denominados como de "tipo vetiforme".

Hasta no hace mucho, se consideraba que éstos encontraban fácil encuadre en los conceptos vigentes sobre los yacimientos de carácter endógeno, por lo que su búsqueda se orientaba hacia aquellos distritos mineros de tal origen. Sin embargo, las Ciencias Geológicas evidenciaron que ciertas acumulaciones de este tipo no tenían raíces profundas sino que se habían engendrado por procesos exógenos, ya que el uranio había sido lixiviado de rocas cristalinas ácidas y luego concentrado diferencialmente por la acción de varios factores, como los físicos, químicos y los estructurales, siendo estos últimos los que le comunicaban a la mineralización un tinte "vetiforme". Lo expuesto acontece con varios de

los depósitos uraníferos de los macizos graníticos hercínicos de Francia y con otros de España y Portugal.

De esta manera, al ser desvinculado este tipo de mineralización del ciclo endógeno, se abre un amplio campo de posibilidades para aquél, pues así adquieren de inmediato interés todas aquellas extensas zonas cristalinas, en especial de carácter granítico, aunque en las mismas no hayan tenido lugar procesos mineralizantes hipógenos.

Con este nuevo enfoque, cobran singular importancia potencial las amplias áreas del continente sudamericano en las cuales afloran plutonitas y vulcanitas ácidas, tal como acontece en las Sierras Pampeanas del centro de la Argentina, donde ya se han encontrado acumulaciones uraníferas de valor, las que responden a este esquema.

Otra contribución de la Geología coadyuva al planteo anterior, al permitir, mediante las determinaciones radiométricas, fechar y distinguir los distintos cuerpos plutónicos que participan en un ambiente cristalino, alguno de los cuales puede, por su concentración anómala en uranio (> 8 ppm), constituir la fuente "Fértil" de tal elemento.

Si ya importante resultó la contribución de las Ciencias de la Tierra en los aspectos señalados, más aún lo fué con respecto al conocimiento de aquellos yacimientos uraníferos contenidos en sedimentos, del tipo "concordante" o "peneconcordante", al evidenciar que ellos, en la mayoría de los casos, son de neto carácter exógeno y que la participación de soluciones endógenas hidrotermales en la génesis de los mismos puede ser pequeña y aún nula.

Este nuevo punto de vista tiene una enorme transcendencia, pues posibilita encarar la búsqueda de depósitos del tipo señalado sobre grandes áreas en las cuales el hidrotermalismo pudo no ser intenso y hasta estar por entero ausente, siempre que se cumplan otras condiciones que contribuyan a la formación de aquéllos.

El panel de expertos convocados por el Organismo Internacional de Energía Atómica se ocupó detalladamente del problema, señalando las numerosas condiciones que facilitan o posibilitan el engendramiento de depósitos uraníferos contenidos en sedimentos, indicando también aquellas que no favorecen su génesis.

Dentro de todo el espectro de condiciones, se destacan sin embargo algunas básicas, las que afortunadamente son comunes sobre amplias áreas de Sudamérica:

- a) la existencia de extensas áreas de rocas magnéticas (y piroclásticas) ácidas, las que por su contenido más elevado en uranio pueden resultar excelentes fuentes de aporte de dicho elemento, mediante su remoción, raramente mecánica y especialmente química;
- b) la existencia de etapas geológicas especiales, durante las cuales dichas áreas han sido peneplanizadas o semipeneplanizadas, favoreciéndose así, junto con factores climáticos, la meteorización y alteración de las rocas cristalinas ácidas y la remoción del uranio a partir de ellas;
- c) la existencia de cuencas (en general cerradas), sea dentro de los macizos cristalinos como en sus bordes, en las cuales se hayan podido depositar sedimentos con características especiales, siendo los más favorables los de origen continental (en mucha menor escala los mixtos) y en esencia los conglomerados y las areniscas;
- d) la existencia de ciertos factores en los sedimentos, que favorecen la concentración del uranio a partir de las soluciones portantes (presencia de materia orgánica, de elementos adsorbentes, fenómenos de oxi/reducción, etc).

Como es fácil de comprender, las condiciones básicas señaladas son comunes de encontrar a través de toda la historia geo

lógica sobre amplias extensiones del continente sudamericano.

Sólo queda entonces por decir, como corolario, que para buscar uranio sólo hay que empezar o continuar trabajando, pero haciéndolo bien, con un serio soporte científico, el que lo da una de las ramas de las Ciencias de la Tierra: la Geología.

FUENTES DE INFORMACION

Boletines, anuarios e informes de: Organización de Estados Americanos (OEA), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Fondo Monetario Internacional (FMI), Naciones Unidas (U.N.), CEPAL, Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), European Nuclear Energy Agency (EURATOM), International Petroleum Encyclopedia, Electrical World, Industrial World, Oil World y Petróleo Interamericano.

(*) Conferencia pronunciada como invitado especial, el día 3 de julio de 1973, en México, en la "REUNION CONTINENTAL SOBRE LA CIENCIA Y EL HOMBRE", propiciada por la American Association for the Advancement of Science y por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología de México, en el Simposio sobre "LAS CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL DESARROLLO".

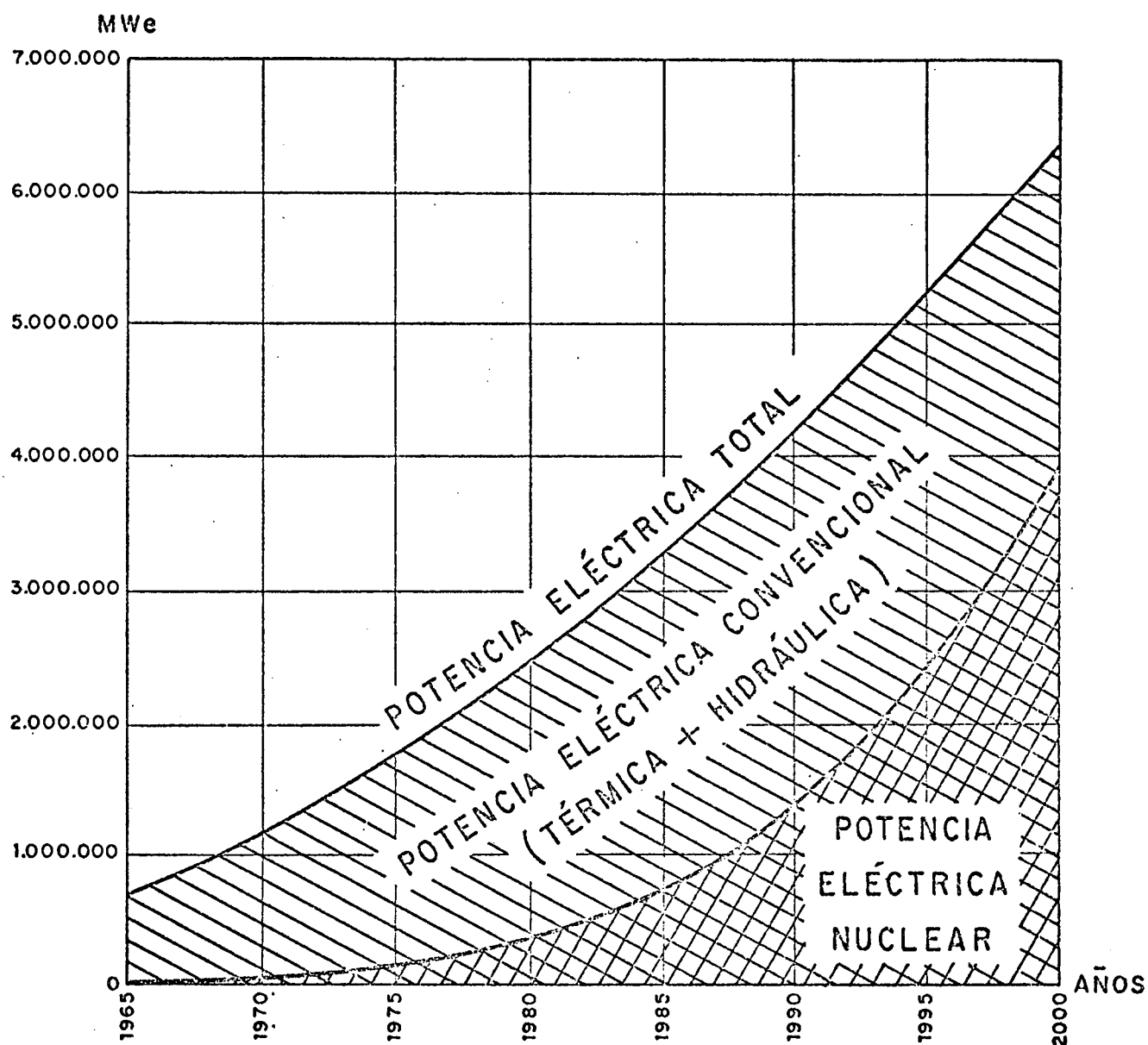


Fig.1 Estimación del crecimiento relativo de las potencias a instalar en el mundo (según datos O.I.E.A)