

## Una mirada al tratamiento del cáncer mediante un reactor nuclear

La terapia por captura neutrónica en boro, conocida como BNCT por sus siglas en inglés, comenzó oficialmente en la CNEA en el año 1996. Si bien parecería ser un desafío más de los muchos que se encararon, hay que destacar su trascendencia porque actualmente en el mundo son pocos los países que están aplicando esta tecnología en protocolos clínicos: Japón, Finlandia, Taiwan y Argentina.

### ¿En qué consiste esta terapia?

Se trata de tomar ventaja de la capacidad de algunos átomos de capturar neutrones y fisionarse (desintegrarse), desprendiendo una cantidad de energía, que puede dañar o destruir el material en contacto. En síntesis, si se pudiera concentrar en el tumor a esos átomos “capturadores de neutrones” y luego bombardearlos con neutrones apropiados, se podría eliminar al tumor sin consecuencias para el tejido sano circundante. En esta terapia deben cumplirse dos requisitos esenciales: a) disponer de un compuesto que transporte en forma específica al captor de neutrones hacia el tumor y b) tener una fuente de neutrones de intensidad y energía apropiadas. En BNCT se utiliza el isótopo de boro-10 como captor y un reactor nuclear como fuente de neutrones. En el futuro la fuente de neutrones podría ser provista por un acelerador.

### ¿En qué tumores se aplica?

Inicialmente, esta terapia fue pensada para atacar tumores de cerebro malignos, muy diseminados y en los cuales una cirugía con extirpación total del tumor es inaplicable, pero tampoco se podía utilizar a la radiación sin afectar muy seriamente al tejido sano. BNCT parecía ideal porque si el boro se hacía llegar al tumor y a todas sus partes ramificadas mientras que la radiación de neutrones destruía sólo a las regiones conteniendo boro, esa técnica sería ideal. Sin embargo, en los años 50, esas condiciones no se pudieron cumplir porque no se disponía de un compuesto que transportara sólo el boro al tumor y tampoco la fuente de neutrones tenía ni la intensidad ni la energía suficientes para lograr el efecto deseado. Los primeros tratamientos en Estados Unidos fueron un fracaso y debieron suspenderse. Pasaron muchos años hasta lograr que los avances tecnológicos realizados en el Japón impactaran en forma positiva, aunque todavía queda un camino por recorrer para conseguir resultados más concluyentes con esos tumores tan agresivos.

Llegamos a nuestros días, en donde se han podido ampliar las posibilidades de aplicación de BNCT. Son muy importantes



autor:

Sara J. Liberman

Doctora en Química (UBA) con postdoctorados en EE.UU. y Canadá

Investigador Consulto (CNEA)

Ex Jefe Proyecto BNCT (CNEA)

Ex Presidente ISNCT

Ex Docente Universitaria

Investigador Consulto (CNEA)

los avances realizados en el tratamiento de tumores de cabeza y cuello en Japón, Finlandia y recientemente en Taiwan. Asimismo, los melanomas cutáneos (tumores de



*Equipo profesional que efectuó el primer tratamiento de BNCT en Argentina (CAB RA-6 - Octubre 2003)*

piel muy malignos) se han tratado con resultados auspiciosos en Japón, Estados Unidos y Argentina. En Italia encararon BNCT en cáncer de hígado de un modo innovativo; inyectaron el compuesto de boro en el paciente, sacaron el hígado y lo llevaron a irradiar al reactor mientras el paciente se quedaba en el quirófano y luego lo implantaron. Este procedimiento fue exitoso, pero sólo se aplicó en dos pacientes porque surgieron problemas legales que no pudieron resolverse. Sin embargo, esta metodología abrió el campo de irradiaciones “extra corpóreas” en BNCT y permitió explorar nuevas estrategias de aplicación para tumores de hígado y pulmón.

### ¿Por qué la CNEA decidió desarrollar BNCT?

En los años 90 se reiniciaron los tratamientos BNCT en Estados Unidos y Europa y surgieron numerosas inquietudes para que la CNEA inicie también el desarrollo de esta terapia. Se contaba con los reactores y

los recursos humanos para llevar a cabo las investigaciones. Fue así que oficialmente se gestó el grupo BNCT a fines del año 1996, después de realizar una serie de evaluaciones que incluyeron la participación de un equipo de especialistas de la CNEA en el congreso internacional de terapia por captura neutrónica que en 1996 se realizó en Suiza.

### ¿Cómo es el proyecto de la CNEA?

El grupo BNCT se creó para desarrollar las instalaciones y realizar las investigaciones que permitieran concretar los tratamientos en pacientes. Se formó así un equipo multidisciplinario con médicos, físicos, químicos e ingenieros, cubriendo temas de oncología, cirugía, dosimetría computacional, física de neutrones, química analítica, física médica e ingeniería nuclear. Los aspectos de oncología se concretaron con personal del Instituto Roffo, la cirugía cerebral con el Hospital Argerich y, posteriormente, se involucraron otros centros médicos para ampliar las aplicaciones clínicas. También participan en forma activa investigadores de la Universidad Nacional de San Martín, el CONICET y alumnos de la Universidad Favalaro.

Un impulso muy importante para el avance del Proyecto fue la realización de un convenio de colaboración con el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), que permitió recibir la visita de expertos de ese país, así como también enviar a dicho país a nuestros investigadores. Durante la primera etapa del Proyecto se atravesó por la peor crisis económica del país y fue necesario incentivar la capacidad creativa del trabajo en equipo para continuar con las actividades. El avance del Proyecto generó una importante participación de nuestro grupo en la comunidad internacional de BNCT y se concretaron numerosas investigaciones en colaboración.

### ¿Qué tumores se quieren tratar?

Si bien la propuesta inicial fue el desarrollo del tratamiento de tumores cerebrales, posteriormente se decidió por los melanomas cutáneos, por ser tumores muy resistentes a los métodos actuales y tener mejores perspectivas de éxito.

Para lograr este objetivo, se construyó un haz clínico de neutrones en el reactor RA-6 del Centro Atómico Bariloche. Se hicieron estudios en el Instituto Roffo para conocer la concentración de boro en el tumor y tejido sano en los pacientes con melanoma en miembros inferiores y se llevó a cabo un gran número de trabajos para lograr las mejores condiciones para la seguridad de los

pacientes a irradiar. También se implementó una sala de simulación de tratamientos en el Centro Atómico Constituyentes similar a la sala en donde se tratarían los pacientes en el RA-6. Asimismo, se realizaron reuniones con diversos especialistas de Estados Unidos, Europa y Japón para analizar los avances del proyecto y las sugerencias que ellos pudieran aportar. Finalmente, se gestionaron las autorizaciones necesarias para la aprobación de la terapia propuesta.

Los esfuerzos realizados durante siete años dieron como resultado el inicio del tratamiento de pacientes en Bariloche, en octubre del año 2003. La figura muestra una foto de todos los participantes tomada al concluir esta primera irradiación.

Cada procedimiento BNCT implicaba el viaje del equipo clínico y del paciente con su acompañante a Bariloche. Todos los estudios y diseño del tratamiento se realizaban en Buenos Aires, mientras que en el RA-6 se llevaban a cabo las tareas requeridas para cumplir en tiempo y forma con la irradiación planificada. En el período 2003-2007 se completaron diez tratamientos con resultados muy promisorios. Debí postergarse su continuación por la parada programada del reactor RA-6 para concretar una serie de modificaciones comprometidas e impostergables. Durante dicha parada también se realizaron cambios en la sala de irradiación para mejorar el confort del paciente y optimizar los procedimientos de la terapia. Se espera poder reiniciar los tratamientos en corto plazo para completar el protocolo de treinta irradiaciones y concretar la estadística correspondiente.

El grupo BNCT continúa investigando otras posibilidades de tratamiento en el reactor RA-3 del Centro Atómico Ezeiza para realizar irradiación extracorpórea en cáncer de hígado y de pulmón.

### Conclusión

Se generó un equipo interdisciplinario con capacidad para encarar temas básicos y con potencial para el desarrollo tecnológico involucrado en la irradiación clínica, cumpliendo así con uno de los objetivos básicos de la CNEA y del país.

#### REFERENCIAS

- 1 Boron Neutron Capture Therapy. Ver HOJITA "Una mirada a las aplicaciones de la Tecnología Nuclear en el campo de la Salud", página 13 y 14.
- 2 Ver HOJITA "Una mirada a las aplicaciones de la Tecnología Nuclear en el campo de la Salud", página 13.
- 3 En S. C. de Bariloche, provincia de Río Negro
- 4 En San Martín, provincia de Buenos Aires
- 5 En Ezeiza, provincia de Buenos Aires

#### ABREVIATURAS

BNCT: Boron Neutron Capture Therapy  
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica  
 ISNCT: International Society for Neutron Capture Therapy  
 UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires



**Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable**  
**Comisión Nacional de Energía Atómica**

Tel: 011-4704-1485 [www.cnea.gov.ar/ieds](http://www.cnea.gov.ar/ieds)  
 Av. del Libertador 8250 - (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina  
 Año de edición: 2012 ISBN: 978-987-1323-12-8