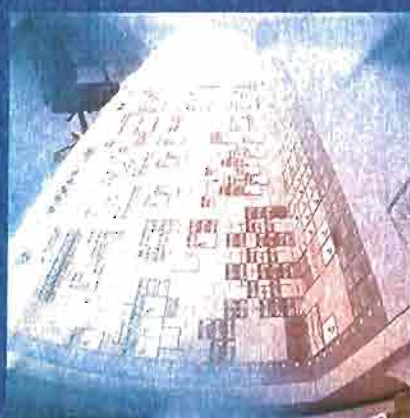


**Revista del CSN / Número 29
IV Trimestre 2003**

Seguridad Nuclear



Radioterapia paliativa

**Nuevas técnicas de Radioterapia
de alta precisión: Braquiterapia
preoperatoria de alta tasa de dosis
(PHDRB)**

PET en Oncología radioterápica

**Avances en el tratamiento
con Radioterapia externa**

**John Douglas Cockcroft y Ernest
Thomas Sinton Walton**

Seguridad Nuclear

Revista del CSN

Año VIII / Número 29

IV Trimestre 2003

Directora

María-Teresa Estevan Bolea

Comité de redacción

José Ángel Azuara Solís

Julio Barceló Vernet

Carmen Martínez Ten

Antonio Morales Plaza

Ana Villuendas Adé

Consejo de**Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11

28040 Madrid

Tel.: 91 346 04 25

Fax: 91 346 05 58

www.csn.es

Coordinación editorial

Senda Editorial, S.A.

Isla de Saipán, 47

28035 Madrid

Tel.: 91 373 47 50

Fax: 91 316 91 77

Impresión

Grafistaff, S.L.

Avenida del Jarama, 24

Polígono Industrial

de Coslada

28820 Coslada (Madrid)

Tels.: 91 673 77 14

91 673 77 97

Fax: 91 669 11 37

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M-31281-1996

Portada: Control 1 (José
Ribera Moreno)

Las opiniones y conceptos recogidos en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista *Seguridad Nuclear* las comparta necesariamente.

Editorial**Artículos técnicos****Radioterapia paliativa**

Juan Salinas

Nuevas técnicas de Radioterapia interna de alta precisión: Braquiterapia perioperatoria de alta tasa de dosis (PHDRB)

Rafael Martínez-Monge y Mauricio Cambeiro

PET en Oncología radioterápica

José Luis Carreras

Avances en el tratamiento con Radioterapia externa

J. Javier Aristu

Artículos divulgativos

Convocatorias de propuestas de acción indirecta de IDT dentro del programa específico (Euratom) de investigación y formación sobre energía nuclear (2002-2006)

Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

John Douglas Cockcroft y Ernest Thomas Sinton Walton

Actualidad

Centrales nucleares / Acuerdos del Consejo / Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento / Actuaciones en emergencias / Instalaciones radiactivas / Protección física /

Noticias breves**Resúmenes**

Editorial

El uso de las radiaciones ionizantes es creciente en múltiples actividades, pero revisten especial significación los usos médicos. Por ello, en este número de Seguridad Nuclear, hemos querido destacar diferentes trabajos sobre Radioterapia paliativa; el uso de la tomografía por emisión de positrones (PET) en oncología radioterápica; avances en el tratamiento con radioterapia externa y nuevas técnicas de radioterapia internas de alta precisión: braquiterapia perioperativa de alta tasa de dosis (PHDRB).

A finales de 2002 el número de instalaciones radiactivas autorizadas en España era de 23.199, de las cuales 1.315 eran instalaciones radiactivas (una de 1ª categoría, 964 de 2ª categoría, y 350 de 3ª categoría) y 21.884 correspondían a radiodiagnóstico.

La radioterapia es uno de los tratamientos fundamentales en la lucha contra el cáncer. Tristemente el crecimiento de esta cruel enfermedad es continuo. En el año 2000 se diagnosticaron 160.808 nuevos casos de cáncer, excluyendo los carcinomas *in situ* y el cáncer de piel. El 60 por ciento de todos los pacientes necesitan, en algún momento de su enfermedad, un tratamiento radioterápico, ya sea curativo o paliativo y todos ellos se someten a diferentes pruebas de radiodiagnóstico.

Por otra parte, los avances tecnológicos en equipos y técnicas de radiación son continuos y muy importantes en este dominio de la medicina.

Todo ello configura, por parte de Sanidad, de los tecnólogos, del CSN y de otras muchas entidades, una atención creciente en cuanto a las autorizaciones de instalaciones, licencias de personal sanitario, controles e inspecciones.

Por ello, finalizamos el año 2003 con una amplia dedicación a la protección radiológica en el área del uso de radiaciones ionizantes y específicamente en el ámbito de la medicina.

El 25 de noviembre la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear presentó en el Congreso de los Diputados el Informe de las Actividades del CSN, correspondiente al año 2002. Además del Informe, el CSN ha enviado al Congreso y al Senado una numerosa y amplia documentación como respuesta a las 22 resoluciones que le concernían de las 28 que la ponencia del Congreso aprobó el 12 de junio de 2002, correspondiente al informe del año 2000 del Consejo y a las 19 propuestas de resolución que le competían de las 24 aprobadas en sesión del 9 de octubre de 2002 en el Congreso, relativas al informe del año 2001, así como otras cuestiones referidas a sucesos en acerías, charrerías, situación en la zona de Palomares y otras.

En el año 2002 se contestaron 29 preguntas parlamentarias escritas sobre las diferentes actividades y 85 a lo largo de este año 2003.

Cabe destacar también la intensa labor realizada por el CSN en el ámbito internacional y de forma singular la primera reunión bilateral USNRC-CSN, que tuvo lugar en Washington durante los días 12 y 13 de noviembre, extraordinariamente útil e interesante, de la que publicamos también un breve resumen en este número.

Radioterapia paliativa

Los cuidados paliativos no persiguen prolongar la supervivencia sino lograr la más alta calidad de vida tanto para el paciente como para su familia cubriendo sus necesidades físicas, psicológicas, sociales y espirituales.

La Radioterapia(RT), una de las modalidades terapéuticas más importantes, tiene una gran importancia en la medicina paliativa del cáncer al intentar reducir al mínimo la reacción aguda asociada al tratamiento por parte del paciente.

1. Introducción. Conceptos generales

La demanda social en los aspectos paliativos de la medicina se ha incrementado notablemente en estos últimos años. Varios han sido los factores desencadenantes: el progresivo envejecimiento de la población; el aumento del número de pacientes con cáncer y SIDA; el incremento del fracaso de órganos y de las enfermedades crónicas y degenerativas. Como consecuencia, el número de personas que cada día se enfrentan al proceso de morir es cada vez más elevado. Los profesionales que atienden a este segmento de población se encuentran desprovistos de los recursos técnicos, las habilidades y los conocimientos necesarios para su eficaz atención. En otros casos supone una sobrecarga añadida que favorece el fenómeno de la huida y abandono. La creciente preocupación y compromiso de los

profesionales sanitarios con los aspectos paliativos de la medicina plantea el desarrollo y puesta en marcha de Unidades o Servicios de cuidados paliativos bien organizados y planificados, establecimiento de programas de estudios adecuados de los profesionales y de aumento de la información suministrada en los programas de educación sanitaria de la población.

Los cuidados paliativos son definidos por el subcomité de cuidados paliativos del Programa Europa contra el cáncer (junio 1992) como "un cuidado total, activo y continuado del paciente y su familia por un equipo multiprofesional cuando la expectativa médica no es la curación. Su objetivo primario no es prolongar la supervivencia, sino conseguir la más alta calidad de vida presente para el paciente y su familia. Deben cubrir las necesidades físicas, psicológicas, sociales y espirituales. Si es necesario, el apoyo debe extenderse al proceso de duelo". La medicina paliativa afirma la vida y contempla la muerte como un proceso natural.

A pesar de los grandes avances en la detección precoz, diagnóstico preciso y tratamientos efectivos, el cáncer sigue siendo una enfermedad muy temida, no sólo por el alto índice de mortalidad sino también, por la disminución de la calidad de vida. Entre los síntomas más comunes del cáncer están el dolor, el cansancio extremo y la depresión, que pueden persistir o aparecer incluso después de finalizar los tratamientos.

La radioterapia es una de las modalidades terapéuticas más importantes en el tratamiento del cáncer. Aproximadamente el 60% de todos los pacientes con cáncer van a recibir radioterapia en algún momento durante el transcurso de su enfermedad. Su efectividad como tratamiento del cáncer está reconocida ya desde finales del siglo XIX. Los grandes avances en equipamiento tecnológico, combinado con el conocimiento radiobiológico ha conducido, en nuestros días, a la existencia de centros de tratamiento altamente sofisticados. De tal manera que la radioterapia puede administrarse actualmente

* Departamento de Oncología Radioterápica. Hospital Virgen de la Arrixaca. Murcia



Figura 1. La creciente preocupación de los profesionales sanitarios con los aspectos paliativos de la medicina plantea el desarrollo de Unidades de cuidados paliativos bien organizados y planificados.

con los mayores beneficios terapéuticos minimizando la toxicidad y respetando al máximo los tejidos sanos.

La radioterapia emplea radiaciones ionizantes de alta energía para eliminar las células cancerosas. Se considera un tratamiento local porque las células tumorales son destruidas sólo en el área anatómica que está siendo tratada. La radiación produce la rotura de una o ambas cadenas de la molécula del ADN intracelular, de tal manera que impide la capacidad de crecimiento y división de las células. Aunque las células normales también pueden afectarse por las radiaciones ionizantes, generalmente tienen una mejor capacidad de reparar su ADN.

Los tratamientos de radioterapia pueden administrarse externa o internamente, dependiendo del tipo y extensión del tumor. Se emplean rayos X o isótopos radiactivos. La radioterapia externa se administra mediante máquinas capaces de producir radiación de alta energía, como la telecobaltoterapia con una fuente de cobalto-60 que emite radiación gamma o los aceleradores lineales, actualmente más empleados, que emiten rayos X y electro-

nes de alta energía. La radioterapia interna o braquiterapia emplea generalmente isótopos radiactivos que se colocan dentro o próximos a la zona a irradiar (en cavidades naturales como la vagina, esófago, etc), bien en forma de implantes temporales o permanentes. En estos casos se emplean fuentes de isótopos encapsulados como ^{125}I o ^{192}Ir . Otras veces se emplean isótopos no encapsulados que se administran por vía intravenosa (también llamada radioterapia metabólica) y que por afinidad se depositan en los tejidos que nos interesan (por ejemplo, ^{89}Sr que se deposita en el tejido óseo o el ^{131}I en el tiroides).

La radioterapia juega un papel importante en la medicina paliativa del cáncer, su meta es controlar los síntomas locales, intentando reducir al mínimo la reacción aguda asociada al tratamiento. Es efectiva en la mayoría de los síntomas relacionados con el cáncer como dolor, hemorragias, déficit neurológicos, etc. Puede reducir o eliminar síntomas producidos por el crecimiento tumoral, preservar la función y la imagen corporal, prevenir fracturas óseas, compresión nerviosa o vascular. La mayoría de las series demuestran un beneficio

en torno al 80% de los pacientes.

La radioterapia debe integrarse en los programas de cuidados paliativos, porque el cuidado integral que necesita el paciente implica también la asociación con otros tratamientos de soporte de tipo analgésico, antidepresivo, psicológico, etc., precisándose una buena coordinación con otros especialistas y con medicina primaria, debe facilitarse un acceso rápido (sin listas de espera) y cómodo (medios de transporte extraordinarios) para que sea eficaz.

La radioterapia paliativa (RTP) supone una parte muy importante del trabajo diario de un Servicio de radioterapia representando entre el 15-60% del mismo en función del tipo de centro, localización geográfica, incidencia de cáncer, patrones de referencia, etc. La cifra para un centro estándar ronda el 50%. En una serie inglesa en la que analizan las indicaciones de RTP durante un periodo de seis semanas en el año 1996 objetivan que el 50,4% de los tratamientos fueron paliativos. En la serie del MD Anderson Cancer Center de Houston de 1960-1995 el 40% de los pacientes recibieron RTP. En otras series canadienses se ha estudiado qué porcentaje de pacientes con cáncer avanzado han recibido RTP en los dos años previos a su fallecimiento. En la serie de Ontario supone el 26,4% y en la de Nueva Escocia el 24%. Las indicaciones más frecuentes de RTP fueron metástasis óseas (40%), cáncer de pulmón (20-30%) y metástasis en SNC (10-15%).

Se ha visto que en la mayoría de los países el uso de RTP está por debajo de las indicaciones reales y se ha asociado a varios factores como cercanía al centro (el tener que realizar un desplazamiento de muchos kilómetros condiciona el utilizar tratamientos alternativos); carga asistencial en los centros con RT o escasez de Servicios de RT en el país (la RTP debe ser casi inmediata, por lo que la existencia de listas de espera

limita su eficacia); desconocimiento de indicaciones y toxicidad de la RTP por parte del médico de familia y de otros especialistas; edad y comorbilidad del paciente (generalmente tienden a remitirse pacientes más jóvenes y sin comorbilidad, sin embargo el beneficio es similar, independientemente de la edad y la comorbilidad); finalmente también puede influir el tipo de cáncer (generalmente se remiten aquellos tumores considerados más mortales como mama y tórax, y no otros) así como tipo de metástasis (mucho más frecuente las metástasis óseas y en SNC).

La necesidad de RTP crece en paralelo al aumento de la edad poblacional y al incremento de nuevos casos de cáncer. Es necesario, por tanto, que las administraciones públicas desarrollen planes coordinados que puedan asumir esta demanda dentro de los planes integrales de cáncer.

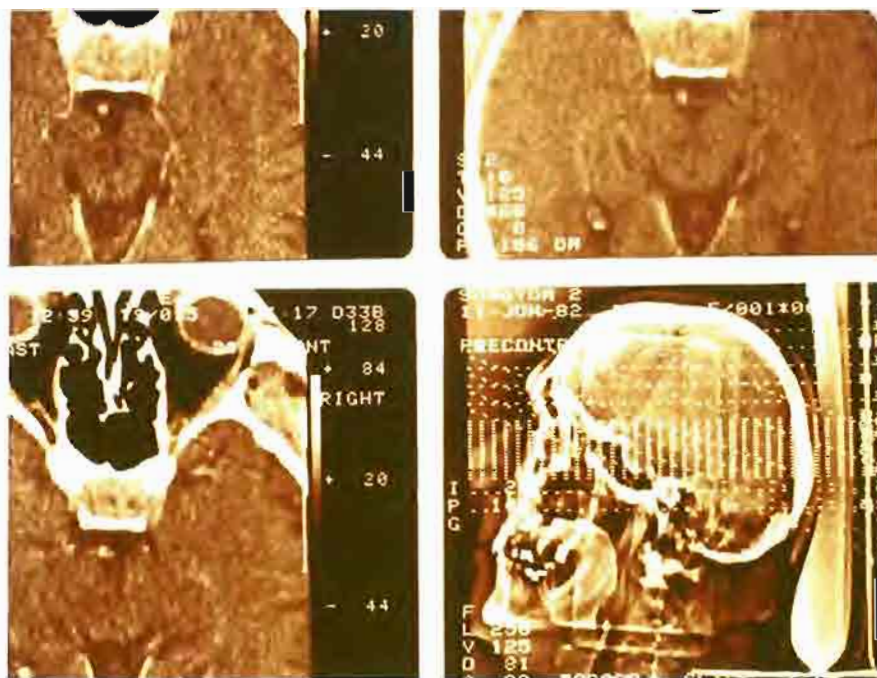
Actualmente no existe un claro consenso de cómo medir los objetivos de la RTP y de quién y bajo qué condiciones debe administrarse la RTP. Hasta hace muy poco se carecía de estudios realizados con los niveles de evidencia científicos que actualmente se utilizan para asentar las indicaciones de un tratamiento. Los avances en la oncológica se producen en pequeños pasos y necesitan de estudios bien diseñados desde el punto de vista metodológico y ético para que sus conclusiones sean asumibles y generalizables. Es muy importante la realización de ensayos clínicos en todas sus fases, principalmente los estudios aleatorizados o fase III, en los que se compara un nuevo tratamiento o experimental con el tratamiento estándar o control (a veces no existe ninguno). También la realización de revisiones sistemáticas y meta-análisis que intentan estudiar la evidencia disponible, aglutinando todos los estudios realizados sobre una determinada cuestión cuyas conclusiones generalmente suelen ser de gran impacto por el alto poder estadístico y

metodológico que se utiliza en estos estudios. La RTP necesita de estos estudios bien diseñados, que tengan en cuenta y estén bien identificados los criterios de selección, la evaluación de los síntomas, las técnicas de tratamiento radioterápico, los controles periódicos y su duración, los parámetros de seguimiento, los *endpoints*, la necesidad de reirradiación y el análisis estadístico. En un reciente consenso publicado en una prestigiosa revista especializada en radioterapia se definieron las prioridades en investigación.

Las principales y más frecuentes indicaciones de la RTP son las producidas por el efecto local del tumor (compresiones, hemorragias, etc.) o por las metástasis. En este sentido, y por orden de frecuencia, la radioterapia se utiliza para aliviar síntomas torácicos como son la disnea o sensación de dificultad para respirar, la tos y la hemoptisis (hemorragia por vía respiratoria). En segundo lugar, el dolor asociado a las metástasis óseas y, finalmente, los déficits neurológicos de las metástasis en el sistema nervioso central o la compresión de la médula espinal. Aunque hay, por

supuesto, otras muchas indicaciones en las que la radioterapia es muy efectiva, como por ejemplo, obstrucción de la vía digestiva en el cáncer de esófago, hemorragias en tumores de vejiga, dolor de cabeza en tumores cerebrales, etc., dedicaremos más atención a las primeras por su mayor frecuencia e importancia.

La decisión de realizar la RTP va a depender de múltiples factores como son los deseos del paciente, la perspectivas de supervivencia, la probabilidad de respuesta, la severidad y duración de los efectos adversos, su potencial necesidad de hospitalización, el coste-beneficio y la existencia de apoyo psicosocial. En general, para la decisión del tratamiento se emplea una metodología en la que se tienen en cuenta los siguientes aspectos: en primer lugar es importante establecer nuestras metas que puede ser alivio del dolor, de la dificultad para tragar, etc. Es importante determinar que el tumor o las metástasis son los verdaderos causantes de los síntomas si no, nuestro tratamiento será perjudicial. Es muy importante en RTP informar adecuadamente al paciente y fami-



► Figura 2. Los tratamientos de radioterapia pueden administrarse externa o internamente, dependiendo del tipo y extensión del tumor.

lia de lo que esperamos del tratamiento (en este caso nuestra meta es aliviar los síntomas, no la curación de la enfermedad) y de los efectos secundarios del mismo (consentimiento informado). Hay que evitar las posibles secuelas inducidas por la RT, así que habrá que valorar adecuadamente el tipo de irradiación, qué órganos sanos se van a irradiar, cómo los vamos a proteger, qué dosis de radiación y qué fraccionamiento (dosis/día) vamos a emplear. También es importante considerar la complejidad del tratamiento en cuanto pueda suponer más molestias que beneficio al paciente o que no llegue a ser un tratamiento costo-eficaz o costo-eficiente. Y mucho más importante, considerar las condiciones del paciente, especialmente cuando se encuentre en un estado funcional muy malo y que es seguro que se beneficiará más de un tratamiento de soporte realizado a domicilio.

La RTP generalmente se realiza con RT externa mediante haces de radiación sencillos, que no requieren excesivas conformaciones ni cálculos dosimétricos complejos y que por tanto se pueden planificar y realizar en un periodo de tiempo breve. Las dosis de radiación que se emplean son relativamente bajas (si las comparamos con las empleadas en tratamientos de intención curativa), en torno a 10Gy-30Gy. Sin embargo, el fraccionamiento es mucho más alto. El fraccionamiento habitual en radioterapia convencional es de 1,8 a 2 Gy/día, cinco días en semana. En RTP las dosis/día son mucho más altas pudiendo llegar de 3Gy (cinco días en semana) hasta 10 Gy en una sola dosis, la intención es provocar la mayor cantidad de muerte celular en el menor tiempo posible, teniendo en cuenta que estas dosis por fracción tan alta van a producir preferentemente daños en tejido sano de tipo tardío y que no van a llegar a manifestarse en estos pacientes por su corta supervivencia. Recientemente se han incor-

porado nuevas tecnologías que aún necesitan de estudios bien diseñados para demostrar su eficacia pero que parece que pueden ser beneficiosas por su menor toxicidad con estas dosis/fracción tan altas pero a un mayor coste de tiempo y dinero, como es el uso de RT conformada tridimensional, braquiterapia bronquial y esofágica, radiocirugía y la radioterapia metabólica (estroncio, ytrio), etc.



2. RTP en metástasis óseas

La incidencia de metástasis óseas en el contexto del paciente con enfermedad neoplásica diseminada es relativamente alta. Se asocian con mayor frecuencia al cáncer de mama, próstata y pulmón.

La RTP tiene tres objetivos: mejoría del dolor, prevención de las fracturas patológicas y, en las metástasis vertebrales, evitar la compresión medular.

Hay tres modalidades de tratamiento: RT externa sobre pequeños volúmenes, RT hemicorporal y radioterapia metabólica.

La modalidad más frecuente es la RT externa sobre aquellas zonas dolorosas. Es altamente eficaz, con una mejoría de mayor o menor grado en el 80% de los pacientes. El 50% mejora en las dos primeras semanas, pero puede haber respuesta hasta cuatro semanas después del tratamiento. Esta técnica permite la re-irradiación. Ha demostrado ser un tratamiento con una muy buena relación coste-eficacia.

Durante los últimos años ha

habido un gran debate acerca del esquema más adecuado de tratamiento. En el año 1999, se publicó la primera revisión sistemática que concluía que con dosis y fraccionamiento mayores se conseguía mejor control del dolor. En el año 2000, la Colaboración Cochrane publica otra revisión sistemática con resultados contradictorios al anterior, afirmando que no hay diferencias en eficacia entre distintos esquemas de fraccionamiento, ni relación entre respuesta y dosis total de radiación.

Muy recientemente, se ha publicado un meta-análisis que incluye 3.260 pacientes de siete estudios que compara dosis única (mediana 8Gy; rango 8-10Gy) *versus* fraccionada (mediana 20 Gy en cinco fracciones; rango 20 Gy en cinco fracciones-30 Gy en diez fracciones). Los resultados en términos de respuesta completa son similares (32,4 *versus* 32,9%), siendo mejor la respuesta global para la dosis única 62,1 *versus* 56,7% ($p=0.04$). Cuando se hizo el análisis restringido a pacientes evaluados, esas diferencias desaparecieron. Tampoco se vio relación dosis-respuesta cuando se analizó por Dosis Biológica Efectiva. Únicamente hubo más frecuencia de re-irradiaciones en el grupo de dosis única. La conclusión es que la RTP de las metástasis óseas no complicadas debe realizarse mediante dosis única de 8Gy. Otro estudio reciente sobre coste-calidad de vida también favorece a la dosis única frente a la fraccionada.

Cuando la presencia de metástasis óseas dolorosas son múltiples y no pueden incluirse en uno o más campos de RT externa pequeños, se puede emplear la irradiación hemicorporal superior y/o inferior (HBI sup., HBI inf.). Consiste en la irradiación con campos muy grandes a distancia mayor de un metro de la fuente de irradiación y conlleva la inclusión de más tejidos sanos en el volumen de irradiación, y menos posibilidad de protección de los mismos. La dosis

de radiación se suele administrar en una única sesión. En las distintas series publicadas en la literatura médica sobre irradiación hemicorporal se ha demostrado entre un 20% de respuestas completas (desaparición del dolor) y un 73% de respuestas parciales (mejoría significativa del mismo). Es un procedimiento que requiere premedicación para evitar la toxicidad derivada del síndrome de irradiación corporal y hospitalización, generalmente preventiva. Puede asociar toxicidad severa gastrointestinal y hematológica (13 y 10% en irradiación hemicorporal inferior, y 16 y 32% en superior). Poulter realizó un ensayo aleatorizado fase III en 499 pacientes comparando RT local $\pm$ HBI, siendo la única diferencia el retraso en la progresión de la enfermedad. En otro estudio de Salazar con 168 pacientes, el 73% alcanzó respuesta, y demostró que dosis de 6Gy equivalen a 7Gy en HBIsup; y no hubo diferencias entre 8, 9 y 10 Gy en HBI inf. En el estudio *RTOG 7402* se vio que superaba a la RT local en el tiempo de respuesta. Posteriormente se realizaron estudios de HBI fraccionada, concretamente el *RTOG 88-22* (fraccionada 2.5Gy/día), que además se comparó con el *RTOG 82-06* de dosis única. La máxima dosis tolerada fue de 17,5 Gy, siendo las toxicidades limitantes la trombopenia y la neutropenia. No se evidenció efecto dosis-respuesta y no hubo diferencias con dosis única en tiempo hasta nueva enfermedad o tratamientos adicionales en el campo tratado.

Otra técnica útil en el tratamiento de las metástasis óseas dolorosas múltiples es la radioterapia metabólica con el uso de isótopos radiactivos que se fijan selectivamente al hueso. Los más usados han sido el estroncio-89, rhenium-186, samario-153. Son emisores beta y requieren algunas medidas

de radioprotección.

El estroncio-89 se administra a una dosis de 150 MBq. El efecto analgésico se produce en el 50-90% de los casos, generalmente a los 15 días. Es algo más efectivo que la irradiación hemicorporal en retrasar la progresión de las metástasis óseas, pero no trata lesión extraósea. Indicado en cáncer de



próstata, mama, y, en general, en metástasis osteoblásticas. La principal toxicidad es la hematológica.

Actualmente, están establecidas claramente las indicaciones en el cáncer de próstata. Para su uso en cáncer de próstata se requiere todo lo siguiente:

1. Cáncer próstata con metástasis óseas.
2. Refractario a tratamiento hormonal.
3. Dolor progresivo pobremente controlado con narcóticos convencionales.
4. Localizaciones dolorosas en ambos lados del diafragma (en otro caso irradiación hemicorporal es igualmente eficaz).
5. Contraindicación múltiples campos RT local.
6. No compresión medular.
7. Reserva medular adecuada.
8. Lesiones óseas dolorosas que capten el radionúclido en la GGO.

Se han publicado cinco ensayos randomizados con estroncio-89 en metástasis óseas de cáncer de próstata, dos frente a placebo, dos frente a RT externa y uno frente a HBI. En todos ellos destaca una disminución significativa de aparición de

nuevas localizaciones dolorosas, menos necesidad de reirradiación y disminución del consumo de analgésicos.

3. RTP en compresión medular

La compresión medular es un síndrome derivado producido por la existencia de un proceso que comprime la médula espinal y que puede producir dolor y un cuadro neurológico que puede ir desde leve (sólo afectación sensitiva o motora radicular) hasta grave (paraparesia y paraplejía). Cualquier paciente oncológico con dolor en la columna, radiculopatía y lesión ósea en radiografía convencional tiene un 90% de posibilidades de tener una metástasis con invasión del espacio epidural. Sin radiculopatía la frecuencia es del 60-70% (incluso con exploración normal). El diagnóstico debe realizarse mediante la realización de una Resonancia Magnética Nuclear (la mielografía-TAC tienen más complicaciones y no es más sensible ni específica). Es muy importante el diagnóstico precoz. La posibilidad de permanecer ambulatorio, es decir, de poder seguir caminando normalmente tras el tratamiento, está relacionada con la situación clínica al diagnóstico: ambulatoria 89-94%, paraparesia 39-51%, paraplejía establecida 10%.

La cirugía de la compresión medular tumoral consiste en la resección de una parte de la vértebra, generalmente la lámina externa, para permitir la descompresión de la médula (laminectomía). Las indicaciones de descompresión quirúrgica están claramente establecidas. Es imprescindible para establecer el diagnóstico cuando no hay constancia de un tumor primario conocido o para el tratamiento de una lesión sospechosa que no podemos visualizar o diagnosticar con las técnicas de imagen. También está indicada la descompresión quirúrgica cuando se produce una progresión de la lesión tras el tratamiento con RT. Las situaciones de inestabilidad vertebral y colapso

vertebral con impactación o desplazamiento del hueso dentro de la médula requieren la intervención quirúrgica para la estabilización o desimpactación.

Se deberá emplear también tratamiento con corticoides porque disminuyen el edema, disminuyen el dolor y ayudan a preservar la función neurológica y mejorar el resultado global tras el tratamiento específico. Las dosis recomendadas son de 100 mg en bolus, seguida de 24 mg/día oral en cuatro veces durante tres días, pauta descendente en diez días. Al menos dos estudios han demostrado el beneficio de la corticoterapia, con mayor probabilidad de permanecer ambulatorio con el empleo de dosis altas.

La RTP es el tratamiento más eficaz de la compresión medular maligna con unos resultados en porcentaje de permanecer ambulatorio igual a la descompresión quirúrgica. Entre el 70-80% de los casos de cáncer de mama, próstata, mieloma y linfoma responden completamente a la RTP. Además, produce una mejoría del dolor entre el 70-85% de los casos. Recientemente, se ha publicado un ensayo aleatorizado que compara distintas dosis de RT 30 Gy (10 fracc.) *versus* 37,5 Gy (15 fracc.) *versus* 40 Gy (20 fracc.). Los resultados son equiparables en recuperación de la función motora o tasa de vida ambulatoria.

4. RTP en metástasis cerebrales

Es la manifestación neurológica más frecuente del cáncer con una incidencia del 15% de todos los pacientes con cáncer. En series autópsicas hasta el 50% de los pacientes fallecidos por cáncer tienen metástasis en el sistema nervioso central. Estudios clínicos, de imagen y autópsicos, demuestran que el 50% son múltiples. En los pacientes con metástasis múltiples el 70% son supratentoriales (en los hemisferios cerebrales), el 26% supratentoriales y cerebelares, el 3% cerebelar y el 1% en tronco. La clínica típica es de cefalea, altera-

ción del estado mental y focalidad neurológica (33%); en ocasiones asocia crisis epilépticas y ataxia (10-20%).

Los tumores que más frecuentemente producen metástasis cerebrales son el pulmón (39%), mama (17%), melanoma (11%), y otros (sarcoma, riñón, colon). Hay un porcentaje no desdeñable de pacientes que debutan con metástasis cerebrales y que son de origen desconocido (no se encuentra el tumor primario).

La supervivencia mediana de estos pacientes es de cuatro a seis meses. Va a depender de ciertos factores pronósticos. Los más importantes son el estado funcional del paciente, el número de metástasis, la presencia de desplazamiento línea media que implica la existencia de edema y reacción vasogénica importante y de la respuesta a la RT.

El tratamiento estándar es la radioterapia holocraneal (wbRT), aunque no existen estudios comparativos con tratamiento de soporte, especialmente en los grupos de peor pronóstico donde se ha discutido su empleo.

Al menos nueve estudios aleatorizados han explorado el empleo de fraccionamientos alterados y dosis más altas no consiguiéndose mejoría sobre el tratamiento de 30Gy en diez fracciones, que actualmente se considera el tratamiento estándar. En caso de grupos de buen pronóstico (muy buen estado funcional y bajo número de metástasis) parece que hay cierto beneficio con dosis de 37,5Gy (2,5Gy/día). Tampoco el empleo de radiosensibilizantes como la lonidamina y el misonidazol han demostrado beneficio. Recientemente, parece que la combinación con ciertas drogas como la temozolamida o la fotemustina podrían ser de cierto beneficio en algunos pacientes.

Un caso aparte es la presencia de metástasis cerebral solitaria. Patchel publicó en 1998 un ensayo con 95 pacientes donde se vio una mejoría tanto de la recidiva local como de muerte de causa neurológica cuando a la cirugía se añadía

irradiación holocraneal. Cuando se compara wbRT con o sin cirugía. Noordijk demostró que no había beneficio al añadir cirugía en caso de enfermedad extracraneal progresiva. En casos de enfermedad extracraneal estable hay tres estudios aleatorizados, dos positivos y uno negativo.

La radiocirugía (SRS) se ha incorporado al arsenal terapéutico en los últimos años. Kondziolka publica un estudio con 27 pacientes y presencia de dos a cuatro metástasis menores de 2,5 cm de diámetro comparando wbRT con/sin radiocirugía. El control local a un año fue del 92% con SRS *versus* 0% sin SRS y la supervivencia mediana mejor con SRS (11 *versus* 7,5 meses). Esto llevó a un prestigioso grupo americano de investigación en oncología radioterápica (RTOG) a realizar un estudio comparativo similar en pacientes con una a tres metástasis cerebrales irresecables (RTOG 95-08). Compara 3.750 cGy/15 fracc wbRT ó 3.750 cGy/15 fracc wbRT + 1.500 cGy a 2.400 cGy SRS (según tamaño). Se publicó un análisis preliminar viéndose que los grupos estaban bien balanceados por estado funcional, número de lesiones, y otros factores. La supervivencia mediana fue de 5,8 *versus* 6,7 meses (diferencias no significativas), y el control local marginalmente mejor con SRS. Se obtuvo mejoría del 20% en el estado funcional y en la dependencia a esteroides en grupo SRS. No hubo toxicidad grado IV-V. Toxicidad grado III 4% (SRS) *versus* 0% (no SRS).

5. RTP en carcinoma pulmonar

Desgraciadamente, el cáncer de pulmón en muchas ocasiones debuta en situaciones actualmente no susceptibles de intento curativo. El 30% de los pacientes se diagnostican en estadio IV (metastásicos), y una alta proporción de pacientes en estadio III (por ejemplo, con derrame pleural) no son curables con los tratamientos actuales. La supervivencia mediana es de seis a diez meses. La eficacia de la RTP en el

control de síntomas locales es muy alta (aproximadamente del 80%).

La RTP se debe ofrecer a todos los pacientes sintomáticos si la enfermedad puede incluirse dentro de un volumen razonable de radiación (nivel de evidencia III. Grado de recomendación B. *British Columbia Cancer Agency Guidelines*).

Las indicaciones de RTP son: dolor torácico, tos, hemoptisis y disnea. En aquellos pacientes sintomáticos se debe considerar tratamiento urgente en caso de compresión medular, plexopatía braquial, radiculopatía, obstrucción de un bronquio principal, atelectasia aguda, síndrome de vena cava superior, hemoptisis severa, disfagia severa o dolor severo.

La RTP puede estar indicada en pacientes asintomáticos con lesiones que ocuyen una proporción significativa de un bronquio principal, cuando haya compresión de vena cava superior en ausencia de síndrome clínico o cuando exista riesgo potencial de compresión medular.

Durante los últimos años, hemos asistido a una controversia acerca de cuál es la dosis y el fraccionamiento adecuado en este tipo de pacientes. El grupo de cáncer de pulmón de la Colaboración Cochrane ha publicado una revisión sistemática hasta junio 2001 (*The Cochrane Library*, Issue 3, 2003). Encontraron diez ensayos randomizados que cumplían los criterios para el meta-análisis comparando dosis bajas (8-10 Gy x 1 ó 16-17 Gy/2 fracc.) frente a dosis altas (30 Gy/10 fracc.-50Gy 25 fracc.). Respecto al control de los síntomas, tiempo libre hasta la progresión de los mismos y supervivencia global, no hubo evidencia de superioridad de un régimen sobre otro. Se encontró un modesto aumento de supervivencia del 6% a un año y del 3% a dos años en el subgrupo de pacientes con buen estado funcional para las dosis altas. Se estableció una recomendación para la mayoría de los pacientes de 17 Gy en dos fracciones de 8.5 Gy separada una

semana o 10 Gy en una fracción.

Muy recientemente, se han actualizado estos datos incluyéndose 11 estudios aleatorizados. Respecto al control de síntomas no hay evidencia que dosis más altas se asocien con una duración más larga de la paliación. Es conflictivo si los síntomas son mejor paliados con multifraccionamiento. Se asocia más toxicidad (esofagitis, pneumo-



nititis, astenia) con dosis más altas. Sin embargo, hay que prestar atención a la mielopatía con dosis de 17 Gy en dos fracciones reportados en los estudios del MRC. Con respecto a la respuesta radiológica, no hubo diferencias significativas. Respecto a la supervivencia global, sólo en dos ensayos hubo diferencias. En el MRC 1996 se demostró un aumento de dos meses en la mediana de supervivencia y un incremento del 5 y 3% en la supervivencia a uno y dos años a favor del tratamiento largo. En el ensayo de Reinfus la supervivencia a dos años favoreció a las dosis más altas 18 versus 6% a dos años aunque ha sido, metodológicamente, muy criticado.

Concluyen que la mayoría de los pacientes que requieren paliación deben ser tratados con tratamientos cortos 10 Gy x 1 ó 16-17 Gy en dos fracciones. Algunos pacientes seleccionados con buen KPS deben ser considerados para dosis fraccionadas mas altas (36 Gy en 12 fracc.).

Posteriormente, se han publicado tres ensayos randomizados más, no incluidos en el meta-análisis. El

ensayo del *National Cancer Institute* de Canada que incluyó 230 pacientes comparó dosis única de 10 Gy frente a 20 Gy en cinco fracciones. En este trabajo se utilizó una escala de autovaloración de síntomas, así como un control de calidad de vida. Hubo diferencias significativas a favor del grupo de 20 Gy en calidad de vida global, actividad y dolor. También la supervivencia fue significativamente mayor para este grupo. En el análisis por subgrupos, el beneficio se evidenció en pacientes con buen estado clínico.

El *Dutch National Study* comparó 16Gy/2fracc. versus 30 Gy/10fracc., con la particularidad que sólo incluyó pacientes en estadio III con ECOG 2-4 ó con estadio IV. Analizó la valoración de síntomas, calidad de vida, costo-eficacia y supervivencia. Se incluyeron 297 pacientes. No hubo diferencias en control de síntomas pero sí una mejor supervivencia y supervivencia ajustada a calidad de vida con 10 x 3 Gy a una tasa costo/utilidad aceptable.

El *Norwegian Lung Cancer Study Group* comparó 17Gy/2fracc. vs 42Gy/15fracc. versus 50Gy/25fracc. en pacientes con cáncer de pulmón en estadio III y IV. Realizó un análisis de valoración de síntomas, calidad de vida y supervivencia. No observó diferencias en control de síntomas, calidad de vida, ni supervivencia.

6. RT paliativa miscelánea

La RTP ha demostrado su utilidad en muchas otras localizaciones cuyo análisis pormenorizado haría demasiado extenso este resumen. Por mencionar aquellas más importantes, la RTP es muy útil en la mejoría de los síntomas producidos por tumores pélvicos localmente avanzados que puedan estar produciendo cuadros de hemorragia, obstrucción linfática, obstrucción de vías digestivas y urinarias y dolor por infiltración de plexos nerviosos y del hueso. Así, se puede emplear RTP en el tratamiento de tumores localmente avanzados de

recto, vejiga, próstata, cuello de útero, endometrio, etc. También puede ser muy útil en el manejo de ciertas localizaciones metastásicas que pueden comprometer la funcionalidad de los pacientes por ejemplo para evitar la ceguera de las metástasis coroides típicas del cáncer de mama o la compresión de plexos nerviosos en tórax o cuello por adenopatías metastásicas de cáncer de pulmón, esófago o cabeza y cuello, o para aliviar la obstrucción de la vía aérea o digestiva de tumores o metástasis que la comprometen, etc.

7. Conclusiones

La demanda social en los aspectos paliativos de la medicina se ha incrementado notablemente en estos últimos años. Esto incluye, principalmente, el tratamiento del cáncer, en donde cada vez juega un

papel más importante no sólo la evaluación de terapéuticas más eficaces sino el impacto en la calidad de vida y el manejo de pacientes con enfermedad avanzada y/o metastásica no susceptibles de tratamiento curativo que aún representan un porcentaje muy alto en esta población.

La radioterapia juega un papel muy importante en el tratamiento paliativo del cáncer porque es capaz de reducir o eliminar los efectos locales producidos por el tumor o sus metástasis. Para que su eficacia sea completa es muy importante que esté incorporada dentro de los programas de cuidados paliativos, porque el cuidado integral que necesita el paciente implica también la asociación con otros tratamientos de soporte.

El uso de la radioterapia paliati-

va en la mayoría de los países, incluido España, están muy por debajo de las indicaciones reales. Los motivos son múltiples y variados, principalmente la escasez de Unidades de tratamiento, la dificultad de acceso y el desconocimiento por parte de otros estamentos médicos de los efectos beneficiosos y perjudiciales de la RTP y de sus indicaciones.

Las indicaciones más frecuentes de la RTP son el cáncer de pulmón avanzado o metastásico para aliviar los síntomas de tos, disnea, dolor torácico y hemoptisis; las metástasis óseas; las metástasis cerebrales y la compresión medular maligna, donde ya disponemos de evidencia científica suficiente de cuáles son las indicaciones y los mejores esquemas de irradiación. 

Bibliografía

- Radioterapia Paliativa. Editor Manuel de las Heras. You&Us editores. Madrid 2002.
- J. Huang, S. Zhou, P. Groome, S. Tyldesley, J. Zhang-Solomans, and W.J. Mackillop. *Factors Affecting the Use of Palliative Radiotherapy in Ontario*. J Clin Oncol 2001;19:137-144.
- Elizabeth A. Barnes, John Hanson, Catherine M. Neumann, Cheryl L. Nekolaichuk, and Eduardo Bruera. *Communication Between Primary Care Physicians and Radiation Oncologists Regarding Patients With Cancer Treated With Palliative Radiotherapy*. J Clin Oncol 2000; 18:2902-2907.
- Grace M. Johnston, Christopher J. Boyd, Paul Joseph, and Maurcen MacIntyre. *Variation in Delivery of Palliative Radiotherapy to Persons Dying of Cancer in Nova Scotia, 1994 to 1998*. J Clin Oncol 2001;19:3323-3332.
- Paul B. Jacobsen. *Palliative Care in Oncology: Past, Present, and Future*. Cancer Control Journal 1996; 3:3.
- AA. Skolnick. *New study suggests radiation often underused for palliation*. JAMA 1998 Feb 4;279(5):343-344.
- D. Hoegler. *Radiotherapy for palliation of symptoms in incurable cancer*. Curr Probl Cancer 1997 May;21(3):129-183.
- P. Warde, T. Murphy. *Measuring the cost of palliative radiotherapy*. Can. J. Oncol. 1996 Feb;6 Suppl 1:90-94.
- W. Shelley. *Measuring the benefit and toxicity of palliative radiotherapy*. Can. J. Oncol. 1996 Feb;6 Suppl 1:86-89.
- J.P. Ciezki, S. Komurcu, R.M. Macklis. *Palliative radiotherapy*. Semin Oncol. 2000 Feb;27(1):90-3.
- O.S. Nielsen. *Present status of palliative radiotherapy*. Eur J Cancer. 2001 Oct;37 Suppl 7:S279-88.
- Michael A Ashby, David W Kissane, Geoffrey F Beadle, Alan Rodger. *Psychosocial support, treatment of metastatic disease and palliative care*. MJA 1996; 164: 43-49.
- J. Sai-yiu, R. Wong, M. Johnston, A. Bezjak, T. Whelan. *Meta-analysis of dose-fractionation radiotherapy trials for the palliation of painful bone metastases*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2003; 55: 594-605.
- J. Wu, A. Bezjak, E. Chow, P. Cross, P. Genest, N. Grant, P. Kirkbride, I. Roy, F. Whelan, E. Fitzgibbon, R. Wong. *A Consensus Development Approach to Define National Research Priorities in Bone Metastases: Proceedings from NCIC CTG Workshop*. Clinical Oncology (2003) 15: 496-499.
- Michael B Barton, Susannah A Jacob and Val Gebsky. *Utility-adjusted analysis of the cost of palliative radiotherapy for bone metastases*. Australasian Radiology 2003;47:274.
- O.M. Salazar, N.W. DaMotta, S.M. Bridgman, N.M. Cardiges, R.G. Slawson. *Fractionated half-body irradiation in widely metastatic cancers: comparison with single dose*. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1996;36:49-60.
- L. Janet, M.D. Abrahm, for the ACP-ASIM End-of-Life Care Consensus Panel. *Management of Pain and Spinal Cord Compression in Patients with Advanced Cancer*. Ann. Intern. Med. 1999;131:37-46.
- M. N. Tsao, K. Sultanem, D. Chiu, F. Copps, P. Dixon, D. Easton, P. Haddad, C. Hayter, D. Hoegler, R. Wong. *Supportive Care Management of Brain Metastases: What is Known and What We Need to Know*. Conference Proceedings of the National Cancer Institute of Canada (NCIC) Workshop on Symptom Control in Radiation Oncology. Clinical Oncology (2003) 15: 429-434.
- E. Toy, F. Macbeth, B. Coles, A. Eastwood. *Palliative thoracic radiotherapy for non-small cell lung cancer*. Am. J. Clin. Oncol. 2003;26:112-120.

Dr. Rafael Martínez-Monge y Dr. Mauricio Cambeiro*

Nuevas técnicas de Radioterapia interna de alta precisión: Braquiterapia perioperatoria de alta tasa de dosis (PHDRB)

La braquiterapia (del término griego *brachios*: corto) se define como el tratamiento de los tumores mediante la colocación de fuentes radiactivas en el interior de la lesión maligna o muy próximas a la misma.

Este artículo presenta las técnicas y los resultados obtenidos en la Universidad de Navarra utilizando la braquiterapia perioperatoria de alta tasa de dosis (PHDRB).

1. Introducción.

Descripción general de la braquiterapia

Históricamente, la braquiterapia ha evolucionado de la técnica de *carga en caliente* (es decir, la colocación manual de dispositivos radiactivos en el paciente) a la de *carga diferida con control remoto*. La carga diferida con control remoto consiste en colocar en el tumor aplicadores no radiactivos que se cargarán una vez aprobada la dosimetría mediante equipos de accionamiento mecánico controlados por ordenador. Desde el punto de vista de la seguridad radiológica, la postcarga remota elimina los riesgos radiológicos tanto para el personal hospitalario como para

los visitantes, y permite un tratamiento más confortable para el paciente.

Las técnicas de la braquiterapia, en gran medida oscurecidas por el desarrollo de los equipos modernos de teleterapia a partir de 1960, han experimentado un creciente resurgimiento en los últimos 15 años. Son múltiples los motivos que han contribuido a este *renacimiento de la braquiterapia*:

1. Los avances habidos en el software desarrollado para braquiterapia, con la integración de diferentes núcleos de adquisición de imágenes por Tomografía Axial Computerizada (CT) y de dosimetría controlada por ordenador, permiten realizar un análisis rápido y detallado de la zona a tratar. La relación espacial entre las isodosis de radiación y los volúmenes de interés (VOI) se pueden visualizar en un entorno tridimensional y presen-

tarse gráficamente mediante Histogramas Dosis-Volumen (DVH). De modo similar, cualquier pequeña imperfección en la calidad del implante se puede corregir modificando los tiempos de parada de las fuentes multipasos utilizadas en la braquiterapia moderna. El resultado es la mejora en la cobertura del tumor, minimizándose la dosis de radiación en los órganos críticos.

2. Los avances conseguidos con las fuentes de braquiterapia, con el diseño de pequeños vectores flexibles y con altas actividades específicas (^{192}Ir ,...) capaces de navegar a través de aplicadores delgados de plástico o metálicos de hasta cinco French de diámetro (1,5 mm.). Estas fuentes se pueden diseñar para efectuar tratamientos con alta tasa de dosis ($>12\text{ Gy/h}$) que acorta sustancialmente el periodo durante el que el paciente permanece radiactivo.

* Servicio de radioterapia, Departamento de Oncología, Clínica Universitaria de la Universidad de Navarra.

3. La disponibilidad de radionucleidos gamma de baja energía y actividad (^{125}I , ^{103}Pd ,...) que permiten su uso en implantes permanentes. Estas fuentes presentan un peligro radiológico insignificante cuando se utilizan en tumores de ubicación profunda. Los implantes permanentes ofrecen la ventaja de una permanencia hospitalaria mucho más corta que la de otros tipos de tratamientos con irradiación y son percibidos por los pacientes como una terapia menos agresiva y más cómoda.

4. Finalmente, los desarrollos en Medicina y en Educación Sanitaria han aumentado el número de pacientes con tumores malignos diagnosticados precozmente. Como consecuencia, muchos pacientes presentan actualmente pequeños tumores con una alta probabilidad de estar confinados a un determinado órgano y que pueden tratarse mediante técnicas de radiación limitadas, como la braquiterapia.

Las indicaciones clínicas de la braquiterapia se han ampliado más allá de aquellas situaciones clásicas donde el uso de la braquiterapia es incuestionable (cáncer ginecológico, etc.). En Estados Unidos el número de pacientes con cáncer de próstata de bajo riesgo tratados con implantes de braquiterapia permanente es casi igual al de pacientes tratados mediante cirugía o radioterapia externa, las dos principales indicaciones en el pasado. En los casos de cáncer de próstata de riesgo moderado o alto, la braquiterapia se está utilizando cada vez más en combinación con la Radioterapia por Haz Externo (EBRT) para aumentar la dosis total aplicada al

tumor, una estrategia de tratamiento que ha demostrado ser superior a las terapias de baja dosis. La braquiterapia se está utilizando también con creciente frecuencia como única modalidad para cánceres de mama de bajo riesgo. Aunque se encuentra todavía en fase experimental, los resultados iniciales publicados son concordantes en indicar una eficacia similar a la de la EBRT estándar, con la ventaja de que el periodo de tratamiento se reduce de seis semanas a tan sólo cinco días. La braquiterapia también desempeña un papel importante en el tratamiento del cáncer de piel, tumores pediátricos y obstrucciones malignas debidas a cánceres pulmonares, del esófago y de vías biliares.

Finalmente, la braquiterapia se ha utilizado en combinación con la resección quirúrgica en el tratamiento de tumores cuya extirpación con amplios márgenes de seguridad no es factible. Estos pacientes corren un riesgo muy alto de recaída y normalmente necesitan un tratamiento adicional mediante radioterapia. Esta modalidad braquiterapéutica, conocida como braquiterapia perioperatoria de baja tasa de dosis (LDR), se ha utilizado ampliamente en el tratamiento de sarcomas de los tejidos blandos, pero es igualmente aplicable en potencia a tumores de otras zonas. Sin embargo, el uso de la braquiterapia perioperatoria con la moderna tecnología de alta tasa de dosis (HDR) es un campo aún por explorar. Este artículo presenta las técnicas y los resultados obtenidos en la Universidad de Navarra utilizando la braquiterapia perioperatoria de alta tasa de dosis (PHDRB).

2. Braquiterapia perioperatoria de alta tasa de dosis (PHDRB)

En febrero de 2000 iniciamos este estudio clínico no randomizado y controlado (fase I ó II) con el fin de determinar si la PHDRB, administrada durante el periodo postoperatorio inmediato, era útil para:

- aumentar con seguridad la dosis de radiación en zonas del campo quirúrgico que presentaran características de alto riesgo, y
- acortar el periodo global de tratamiento.

La exitosa implantación de la técnica, con más de 130 pacientes tratados hasta la fecha, se explica en gran parte por el trabajo pionero del Dr. Calvo y colaboradores con radioterapia Intraoperatoria de Electrones (IOERT) en la Universidad de Navarra. Esta experiencia previa nos ha permitido establecer un marco de estrecha cooperación con los distintos equipos involucrados en cirugía oncológica que se mostraron dispuestos a enfrentarse a los desafíos de una modalidad de tratamiento relativamente nueva e inexplorada (tabla 1).

La implantación intraoperatoria de catéteres plásticos en el lecho tumoral tras la resección quirúrgica para PHDRB ofrece varias ventajas teóricas sobre otros tipos de técnicas de sobreimpresión. Entre ellas figuran las siguientes:

- Definición precisa y en tiempo real del volumen clínico diana (CTV) [6] en torno al lecho tumoral y a otras zonas de alto riesgo con la asistencia del equipo quirúrgico.
- Planificación del tratamiento mediante Tomografía Axial Computarizada (CT).

● Tabla 1. Estudios previos sobre la PHDRB.

Primer Autor	Institución	Publicación, Año	#	Comentario
Hockel M [1]	Mainz, Alemania	Cáncer. 1996	48	Ginecológico
Hannoun-Levi JM [2]	Marsella, Francia	Eur J Surg Oncol. 1997	14	Pélvico
Kwiatkowski J [3]	Stuttgart, Alemania	Anticancer Res. 1999	60	Mezcla de Casos
Krull A [4]	Hamburgo, Alemania	Anticancer Res. 1999	9	HNC
Koizumi M [5]	Osaka, Japón	Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1999	16	Sarcomas

#= Número de pacientes.

c) Selección de la dosis braquiterapéutica basada en la cantidad de enfermedad residual, según se describe en el informe anatomopatológico definitivo.

d) Aplicación temprana de la radiación fraccionada durante el periodo postoperatorio inmediato.

3. Materiales y métodos

3.1 Criterios de elegibilidad

Todo paciente que, tras una primera evaluación, se considera candidato para un tratamiento combinado con cirugía y radioterapia recibe una explicación detallada sobre las potenciales ventajas del protocolo PHDRB, así como sobre su naturaleza investigacional. Antes de incluir a un paciente en el estudio, es preceptivo contar con su consentimiento informado.

3.2 Protocolo PHDRB

3.2.1 Pacientes no previamente irradiados

Estos pacientes fueron tratados mediante la resección quirúrgica y PHDRB. La dosis de braquiterapia se dividió en tres niveles de dosis diferentes en función del grado de enfermedad residual presumible, de acuerdo con lo descrito en el informe anatomopatológico definitivo, normalmente disponible en un plazo de 48 horas tras la intervención quirúrgica. Los márgenes quirúrgicos iguales o superiores a 10mm se clasificaron como resecciones R0. Los márgenes quirúrgicos cercanos (<10mm) o microscópicamente positivos, o la presencia de extensión nodal extracapsular, se clasificaron como resecciones R1. La presencia de enfermedad residual macroscópica se clasificó como una resección R2.

1. Resecciones R0: la dosis de braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 04 (dosis total de 16 Gy).

2. Resecciones R1: la dosis de braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 06 (dosis total de 24 Gy).

3. Resecciones R2: la dosis de braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 08 (dosis total de 32 Gy).

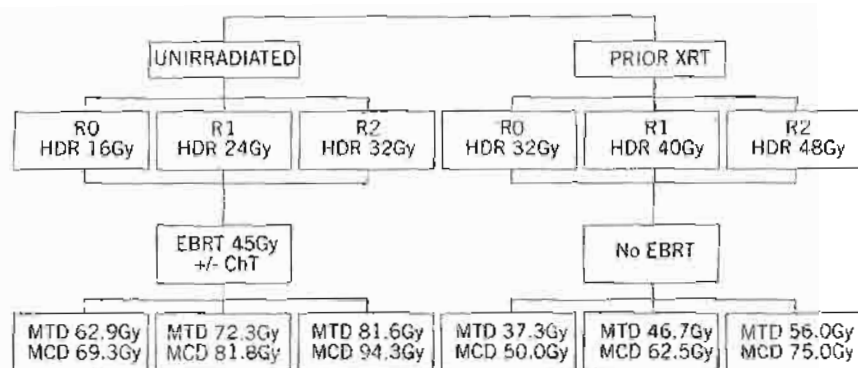


Figura 1. Esquema del tratamiento.

Abreviaturas: XRT: radioterapia; HDR: braquiterapia de alta tasa de dosis; R0, R1, R2: Tipo de resección quirúrgica (remitirse al texto). ChT: Quimioterapia; EBRT: radioterapia por haz externo; MTD: Dosis objetivo mínima, 4Gy/fracción; MCD: Dosis central media, calculada a 5 Gy/fracción.

El tratamiento radioterápico se completó utilizando radioterapia externa hasta los 45 Gy en 25 tratamientos, con fracciones diarias de 1,8 Gy, entre cuatro y cinco semanas después de la cirugía. La figura 1 muestra las dosis de radiación totales equivalentes a los regímenes de fraccionamiento estándar, aplicadas en fracciones diarias de 2 Gy y calculadas mediante la formulación lineal cuadrática [7] sin corrección de tiempo (es decir, $BED = nd[1 + d/\alpha]$).

Durante las semanas primera y quinta del programa de irradiación externa se añadió la quimioterapia concomitante, según protocolo específico para cada localización tumoral.

3.2.2 Pacientes previamente irradiados

Los pacientes que presentaban enfermedad recurrente tras irradiación previa o tumores primarios aparecidos en un área previamente irradiada fueron tratados con resección quirúrgica y PHDRB. La dosis de braquiterapia se dividió en tres niveles diferentes, en función del grado de enfermedad residual presente en el lecho quirúrgico, de acuerdo con lo descrito en el informe patológico final.

1. Resecciones R0: la dosis de

braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 08 (dosis total de 32 Gy).

2. Resecciones R1: la dosis de braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 10 (dosis total de 40 Gy).

3. Resecciones R2: la dosis de braquiterapia es de 4 Gy b.i.d. x 12 (dosis total de 48 Gy).

No se administró EBRT adicional.

3.3 Definición del target intraoperatorio

Los equipos quirúrgicos y de oncología radioterápica utilizaron las pruebas de imagen preoperatorias, los hallazgos quirúrgicos, biopsias intraoperatorias y el examen general del material quirúrgico para determinar conjuntamente el área a implantar.

3.3.1 Cirugía de la cabeza y del cuello

CTV: todas las zonas del campo quirúrgico que se supone pertenecen a la categoría de riesgo RTOG 2 (es decir, dos o más ganglios positivos o extensión nodal extracapsular con márgenes negativos) o a la categoría de riesgo 3 (márgenes positivos) [8] (figura 2).

En la práctica, la zona implantada cubría el CTV alrededor del tumor primario y las cadenas linfáticas con ganglios de más de dos o

tres centímetros de diámetro, que presentan una considerable probabilidad de extensión extracapsular [9].

3.3.2 Cirugía ginecológica

CTV: todas las zonas del campo quirúrgico del tumor o de adherencia nodal a la(s) pared(es) pélvica(s) o vasos lumboaórticos. No se hizo ningún intento de implantación en zonas nodales clínicamente negativas.

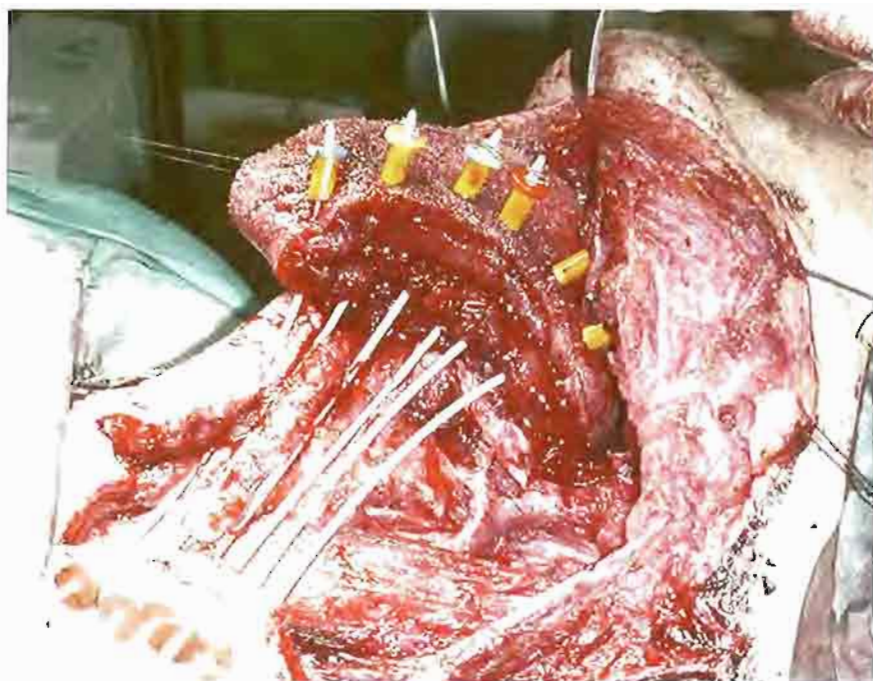
En la práctica, la zona implantada cubría toda la pared lateral pélvica, desde el espacio paravaginal inferior (obturador fossa) al promontorio en localizaciones pélvicas, o la zona lumboaórtica en el caso de recidiva nodal paraórtica.

3.3.3 Cirugía de sarcomas

CTV: todo el lecho quirúrgico.

3.4 Técnica de braquiterapia

El CTV se cubrió con un conjunto de catéteres de plástico colocados lo más paralelamente posible, separados entre sí de 1,0 a 1,5 mm y con un margen de un centímetro en todas las direcciones. En los márgenes laterales se colocaron catéteres hasta más allá del CTV. Los catéteres se insertaron en el lecho tumoral a una profundidad no superior a los cinco milímetros, para evitar la infradosificación de la superficie quirúrgica. Esta maniobra evita el desplazamiento de los catéteres y proporciona una mejor geometría. Adicionalmente permite que la superficie quirúrgica quede libre de catéteres, facilitando así la reconstrucción quirúrgica. En los casos en los que no es posible insertar los catéteres por debajo de la superficie se utilizan suturas reabsorbibles para fijar los catéteres al plano quirúrgico. Los catéteres se sujetan, además, en los puntos de entrada y salida de la piel con botones de plástico y suturas de seda. En líneas generales, se siguieron las recomendaciones de la ABS para implantes de braquiterapia en sarcomas de tejidos blandos [10]



► Figura 2. Implantación de cabeza y cuello cubriendo el CTV en el borde lateral de la lengua.

desarrollándose, asimismo, técnicas individuales para otras zonas anatómicas. A continuación se exponen algunas características de procedimientos individuales:

3.4.1 Cirugía de la cabeza y del cuello

Para el lecho tumoral primario y para el cuello se prefirió utilizar la técnica de implantes de plano único. En dichas zonas, los márgenes longitudinales se cubrieron ajustando el extremo ciego del catéter a una distancia de 1,0 a 1,5 cm por encima de la superficie mucosa con ayuda de un espaciador de plástico y empleando una técnica sin bucles descrita anteriormente [11]. Una vez completado el implante, se realizó la reconstrucción inmediata del defecto quirúrgico en los casos necesarios con flaps regionales (flaps miocutáneos infrahioides y de pectoralis major) o flaps libres microvasculares (radial, lateral del brazo, abdominis y fibula).

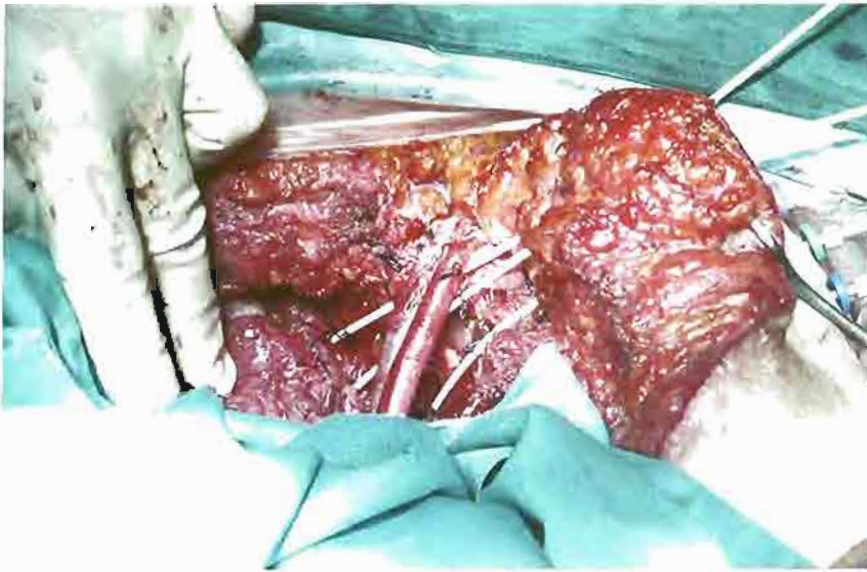
3.4.2 Cirugía ginecológica

Los implantes de plano único fueron la técnica preferida (figura 3). Con las cinco primeras pacientes se adoptó una vía abdominal, pero

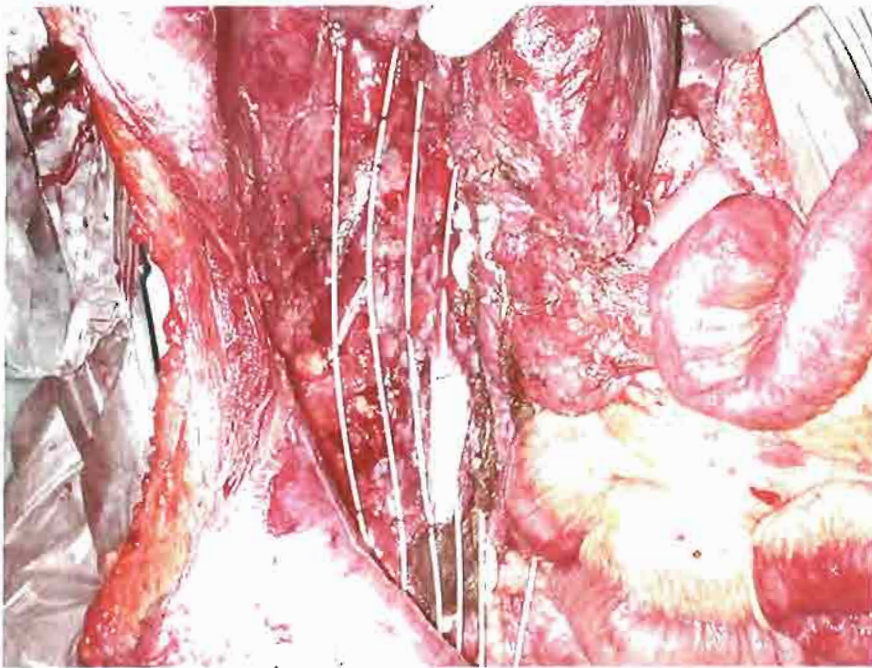
posteriormente se abandonó ésta debido a la interferencia del arco púbico en la colocación de los catéteres en los casos de tumores profundos. Además, en una de las pacientes se abortó el tratamiento por presentar desplazamiento de uno de los catéteres. Por ese motivo, a partir de la sexta paciente adoptamos la vía perineal, pasando los catéteres percutáneos a través de los espacios paravaginal o para-rectal hasta el CTV. Los catéteres se fijaron a la superficie quirúrgica con suturas ya que no es posible su tunelización en esa área anatómica [12]. Una vez completado el implante, se creó una barrera radioprotectora con el omento mayor utilizando una técnica descrita anteriormente por Höckel.

3.4.3 Cirugía de sarcomas

Los implantes de plano único fueron la técnica preferida (figura 4). Los márgenes longitudinales se añadieron fijando los extremos proximal y distal de los catéteres a una distancia de 1,5 a 2,0 centímetros de la incisión en la piel. En los casos necesarios se interpusieron flaps de gelfoam o musculares de un grosor máximo de cinco



► Figura 3. Implante de la pared pélvica derecha cubriendo el CTV detrás de los vasos ilíacos externos.



► Figura 4. Implante de sarcoma retroperitoneal cubriendo el CTV en la superficie quirúrgica y la vena cava inferior.

milímetros entre el plano del catéter y las estructuras radiosensibles. En todos los casos se practicó una reconstrucción y el cierre de la herida de prueba antes de finalizar el implante con el fin de evitar el desplazamiento de los catéteres durante el cierre. Una vez realizado el implante, el equipo quirúrgico procedió al cierre o, en su caso, a la reconstrucción del defecto quirúrgico con flaps regionales o libres microvasculares. En zonas abdominales o pélvicas, se interpuso el

omento mayor o flaps musculares entre el plano del implante y los órganos intraabdominales.

3.5 Dosimetría 3D

Durante el segundo o tercer día postoperatorio, con el paciente en condiciones de estabilidad y preparado para su traslado, se realizó un CT de verificación. El estudio CT se transfirió al Sistema de Planificación de radioterapia (Módulo US Abacus, versión 3.55, Gamma-med) para la dosimetría. En el pro-

ceso de planificación del tratamiento se siguieron las reglas del Sistema de París, con optimización manual de cada corte de CT. Otras reglas son que el CTV quedara acotado por la línea de isodosis de 4 Gy, definida como la isodosis de recubrimiento mínimo tumoral (MTD), según las recomendaciones ICRU nº 58 [12]. Se aceptaba una relación MTD a dosis central media (MCD) ICRU nº 58 no inferior al 70%, siempre que el volumen acotado por la isodosis de 6 Gy (V150) no superara el 50% del volumen acotado por la isodosis de 4 Gy (V100). No se permitió el uso de los algoritmos de optimización automática facilitados por el Sistema de Planificación. Una vez aprobado el plan de tratamiento, se transfiere a la consola del control del *after loader*, donde el técnico en radioterapia vuelve a comprobar las posiciones de parada y los tiempos de tratamiento.

3.6 Análisis estadístico

Los resultados de supervivencia se calcularon utilizando el método Kaplan Meier [13] desde la fecha de la intervención quirúrgica hasta la última fecha de seguimiento, evaluándose las diferencias mediante el *log-rank test*. Las variables discretas fueron comparadas utilizando el *Fisher's exact test*.

El fallo local se definió como el recurrencia del tumor en la zona tratada mediante braquiterapia o en una región adyacente (es decir, fallo de reconocimiento). Fallo locorregional se definió como fallo en la región anatómica tratada pero alejada al área implantada y fallo a distancia como fallo en cualquier otra región anatómica.

3.7 Análisis de toxicidad

Los casos de toxicidad aguda se definieron como aquellos que se produjeron entre la fecha de la intervención quirúrgica y el día 60 después de finalizar el tratamiento. Los que se producían más de 60 días después de completado el tratamiento se clasificaron como tar-

díos. Las toxicidades se documentaron según los criterios de toxicidad de la RTOG. El sistema de puntuación empleado fue el siguiente:

0 para ausencia de cambios.

1 para síntomas leves sin necesidad de medicación.

2 para síntomas leves con necesidad de medicación ocasional.

3 para síntomas severos con necesidad de medicación frecuente y/o un proceso quirúrgico quirúrgico de escasa envergadura.

4 para síntomas severos y persistentes con necesidad de un proceso quirúrgico de gran envergadura.

5 para casos de fallecimiento relacionados con el tratamiento.

4. Resultados preliminares

Durante el periodo de estudio que va de febrero 2000 a abril 2003 se trataron con PHDRB un total de 111 pacientes. Veintinueve de ellos habían sido irradiados anteriormente y 82 de ellos o bien eran tumores primarios (54 pacientes) o presentaban enfermedad recurrente sin irradiación previa (28 pacientes). Los principales grupos eran cabeza y

cuello (41), sarcomas (34), ginecológico (15), colorectal (9) y otros (12). El tipo de resección se categorizó como R0, R1 y R2 en 21, 88 y dos pacientes, respectivamente. Las resecciones R1 fueron próximas en 45 pacientes (distancia media de 3,2mm) y microscópicamente positivas en otros 43.

Ciento ocho de 111 pacientes (97,3%) se pudieron tratar con PHDRB según lo prescrito. En los tres pacientes restantes se tuvieron que retirar los catéteres antes de completar el tratamiento con PHDRB, debido a infecciones en dos casos y a desplazamiento en el otro.

Se observaron complicaciones RTOG tipo 1-2 y 3-5, posiblemente atribuibles al uso de PHDRB, en dos y 14 pacientes, respectivamente. De las complicaciones del tipo 3-5, tres estuvieron relacionadas con el implante (hemorragia a la retirada en un caso, necesidad de reubicación del catéter en dos) y 11 con la irradiación (neuropatía en dos casos, necrosis de los tejidos blandos en cuatro, hemorragia pél-

vica en cuatro y hemorragia ENT en uno).

El control local a tres años fue del 89%, 98% en los pacientes no irradiados y 58% en los previamente irradiados ($p=0.0001$). El control regional fue del 76%, 84% en pacientes no irradiados y 53% en pacientes previamente irradiados ($p=0.0043$). La ausencia de fallo a distancia fue de un 66%, 72% en pacientes no irradiados y 46% en los previamente irradiados ($p=0.0039$). El control local a tres años fue del 100% para resecciones R0 y del 87% para resecciones R1 ($p=0.16$).

5. Conclusiones

La PHDRB se puede utilizar con seguridad después de una resección quirúrgica. Las tasas de control local a tres años son excelentes, incluso después de resecciones R1, tanto en pacientes no irradiados como en pacientes previamente irradiados.

En tumores de localización orofaríngea y recidivas pélvicas post-radioterapia, se ha procedido a deescalación de dosis según lo especificado por protocolo. 

Referencias

- [1] M. Hockel, K. Schlenger, H. Hamm et al. Five-year experience with combined operative and radiotherapeutic treatment of recurrent gynecologic tumors infiltrating the pelvic wall. *Cancer*. 1996;77(9):1918-1933.
- [2] J.M. Hannoun-Levi, D. Cowen, G. Houvenaeghel et al. Preliminary results of a phase III study of post-operative high-dose rate brachytherapy for advanced or recurrent pelvic tumours. *Eur. J. Surg. Oncol.* 1997;23(6):532-537.
- [3] J. Kwiatkowski, B. Schmidt, P. Merkle, K. Keller. Perioperative brachytherapy as an additional therapeutic option in patients with renal cell carcinoma (RCC), either inoperable or after completed percutaneous radiotherapy. *Anticancer Res.* 1999; 19(2C):1597-1599.
- [4] A. Krull, R.E. Friedrich, R. Schwarz et al. Interstitial high dose rate brachytherapy in locally progressive or recurrent head and neck cancer. *Anticancer Res.* 1999;19(4A): 2695-2697.
- [5] M. Koizumi, T. Inoue, H. Yamazaki et al. Perioperative fractionated high-dose rate brachytherapy for malignant bone and soft tissue tumors. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 1999;43(5):989-993.
- [6] International Commission on Radiation Units and Measurements. *Prescribing, recording and reporting photon beam therapy. ICRU Report 62*. Bethesda, MD: International Commission on Radiation Units and Measurements. 1999. a. 1999.
- [7] B.G. Douglas, J.F. Fowler. The effect of multiple small doses of X rays on skin reactions in the mouse and a basic interpretation. *Radiat. Res.* 1976;66(2): 401-426.
- [8] J.S. Cooper, T.F. Pajak, A. Forastiere et al. Precisely defining high-risk operable head and neck tumors based on RTOG #85-03 and #88-24: targets for postoperative radiochemotherapy? *Head Neck*. 1998; 20(7): 588-594.
- [9] G.B. Snow, A.A. Amnyas, van E.A. Slooten et al. Prognostic factors of neck node metastasis. *Clin. Otolaryngol.* 1982;7(3): 185-192.
- [10] S. Nag, D. Shasha, N. Janjan et al. The American Brachytherapy Society recommendations for brachytherapy of soft tissue sarcomas. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2001;49(4):1033-1043.
- [11] S. Nag, R. Martinez-Monge, H. Zhang, N. Gupta. Simplified non-looping functional loop technique for HDR brachytherapy. *Radiother. Oncol.* 1998; 48(3):339-341.
- [12] International Commission on Radiation Units and Measurements. *Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy. ICRU Report 58*. Bethesda, MD: International Commission on Radiation Units and Measurements. 1997. a. 1997.
- [13] E.L. Kaplan, P. Meier. Non parametric estimation from incomplete observations. *J. Am. Stat. Assoc.* 1958;53:457-481.

PET en Oncología radioterápica

Medicina nuclear y Oncología radioterápica son dos especialidades médicas bien diferenciadas pero que están condenadas a colaborar en técnicas como puede ser la

aplicación de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), propia de la Medicina nuclear en Oncología radioterápica, tema del que trata el presente artículo.

1. Introducción

La medicina nuclear y la oncología radioterápica, aunque provienen del tronco común de la radiología, son hoy dos especialidades médicas bien diferenciadas, con un cuerpo de doctrina perfectamente definido y con un importante componente técnico específico. Sin embargo, son todavía muchos los nexos de unión entre ambas, así como con la tercera rama de dicho tronco que sería la especialidad de radiodiagnóstico (Knapp, 2002).

Se vive en la actualidad una nueva etapa de aproximación entre las distintas especialidades de la radiología, que están condenadas a colaborar, aunque sin perder su identidad. Ejemplos claros de ello son: la utilización de técnicas de radiodiagnóstico en la planificación radioterápica, el diseño de equipos que reúnen dos técnicas de especialidades distintas (PET-TAC, SPECT-TAC), o la aplicación de la PET en oncología radioterápica que es el tema de este artículo.

La PET (Tomografía por Emisión de Positrones) es una técnica de diagnóstico por imagen, propia

de la especialidad de medicina nuclear. Permite obtener imágenes tomográficas o volumétricas de la distribución en el organismo de diversas moléculas marcadas con isótopos emisores de positrones. Las imágenes se obtienen mediante la utilización de cámaras de positrones, equipos formados con detectores de centelleo colocados en anillo alrededor del paciente. Los isótopos emisores de positrones son de corto período de semidesintegración, por lo que se pueden utilizar sólo hasta una determinada distancia (minutos u horas) desde el centro de fabricación (ciclotrón). Las imágenes obtenidas mediante la PET aportan una información clínica de tipo funcional, metabólico, bioquímico o molecular, que complementa e incluso en ocasiones supera a la información predominantemente anatómica o morfológica que suministran otras técnicas radiológicas como el TAC, la ecografía, la resonancia magnética o la radiología convencional.

De la multitud de moléculas marcadas con emisores de positrones que se han utilizado en PET, destaca ampliamente la conocida como FDG (flúor-desoxiglucosa marcada con ^{18}F). Esta molécula aporta información sobre el meta-

bolismo glucídico regional. La PET con FDG se ha usado ampliamente en Medicina para el diagnóstico de enfermedades neuropsiquiátricas, cardiológicas y oncológicas.

2. Aportaciones de la PET a la oncología en general

En el terreno oncológico en general, la PET con FDG permite discernir la benignidad o malignidad, o el grado de malignidad de una lesión conocida, estudiar la extensión de los tumores antes del tratamiento (figura 1) o a lo largo del mismo (figura 2), hacer una valoración pronóstica, planificar la radioterapia, predecir o cuantificar la respuesta al tratamiento (figura 3), detectar recurrencias (figuras 4 y 5), diferenciar recurrencias de cambios debidos al propio tratamiento (figura 6) (Carreras, 2002) o detectar y estadificar tumores de origen desconocido (Delgado-Bolton, 2003). Otras moléculas distintas a la FDG pueden aportar otro tipo de información sobre la biología tumoral importante en oncología, como la tasa de proliferación, la radiorresistencia, la angiogénesis, la apoptosis o la densidad de receptores.

Las ventajas de la PET en oncología serían:

- Técnica de cuerpo completo.

* José Luis Carreras Delgado es Catedrático-Jefe de Servicio de Medicina nuclear en el Hospital Clínico San Carlos de la Universidad Complutense de Madrid.



Figura 1. Cáncer de amígdala derecha. Estadificación pretratamiento. Metástasis en pulmón izquierdo y mediastino.

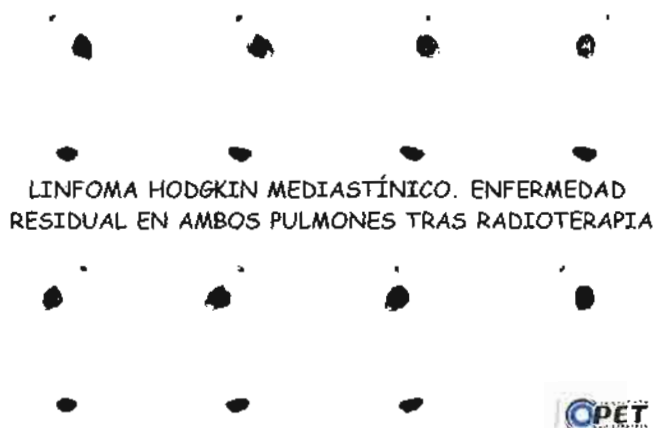


Figura 2. Linfoma Hodgkin mediastínico. Enfermedad residual en ambos pulmones tras radioterapia.

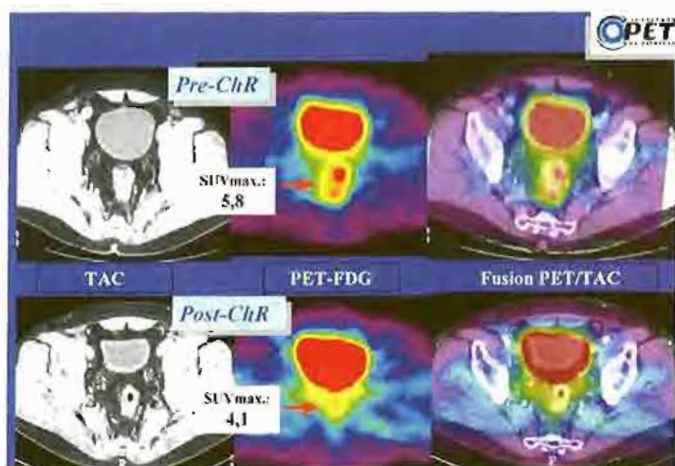


Figura 3. Cáncer colorrectal antes (arriba) y después (abajo) de tratamiento de Químico y radioterapia (ChR). Reducción de la captación de FDG en el tumor (SUV 5,8).

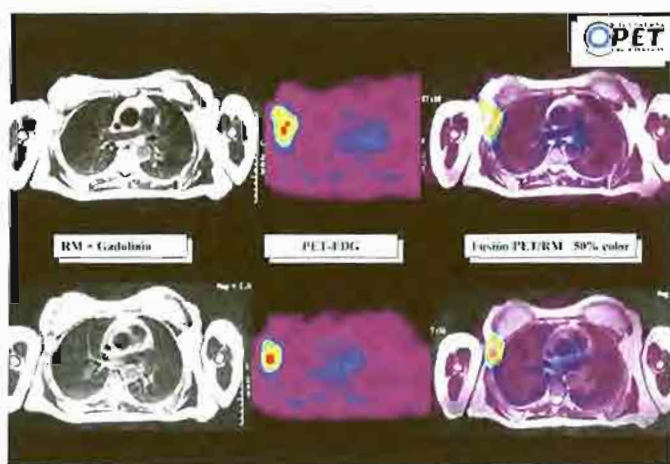


Figura 4. Recidiva axilar de cáncer de mama. RM Negativa. PET Positiva.

- Poco invasiva.
- Elevado contraste entre el tumor y el tejido sano.
- Técnica cuantitativa.
- Sensibilidad picomolar.

La enfermedad oncológica en ocasiones puede diseminarse por todo el cuerpo. Al ser la PET una técnica que estudia todo el cuerpo y todos los tejidos del mismo en una sola sesión, puede ser una alternativa a las diversas técnicas utilizadas habitualmente en el estudio de extensión tumoral o estadificación. Su única invasividad es la aplicación de radiaciones ionizantes, a dosis similares a las de otras exploraciones radiológicas rutinarias. La captación muy diferente de FDG en el tumor y los tejidos sanos circundantes hace

que, el primero, pueda detectarse independientemente de la ubicación anatómica o de la naturaleza y características de los tejidos que lo rodean. La técnica PET permite cuantificar numéricamente el fenómeno biológico que estudia, en el caso de la FDG la tasa metabólica local, incluso detectando moléculas que se encuentren en el medio estudiado a concentraciones tan bajas como las picomolares.

Las indicaciones aprobadas en España bajo el protocolo de uso tutelado son las siguientes:

- Melanoma maligno recurrente.
- Carcinoma colorrectal recurrente.
- Nódulo pulmonar solitario.
- Carcinoma pulmonar no microcítico en fase de estadificación.

- Diferenciación entre secuelas post-tratamiento y recidiva en tumores del sistema nervioso central.

- Estadificación y reestadificación del linfoma maligno.

- Detección de tumores malignos recurrentes de cabeza y cuello.

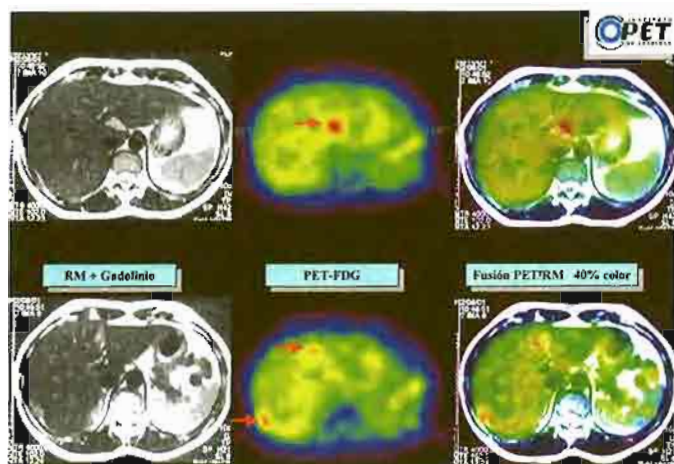
- Detección de recurrencia de cáncer de tiroides.

- Identificación de tumor primario de origen desconocido.

- Epilepsia fármacorresistente (indicación no oncológica).

3. Aportaciones de la PET a la oncología radioterápica

Las aportaciones fundamentales de la PET a la oncología radioterápica podríamos resumirlas como sigue (Chapman, 2003):



► Figura 5. Metástasis hepáticas de cáncer de ovario mejor vistas en PET que en RM.

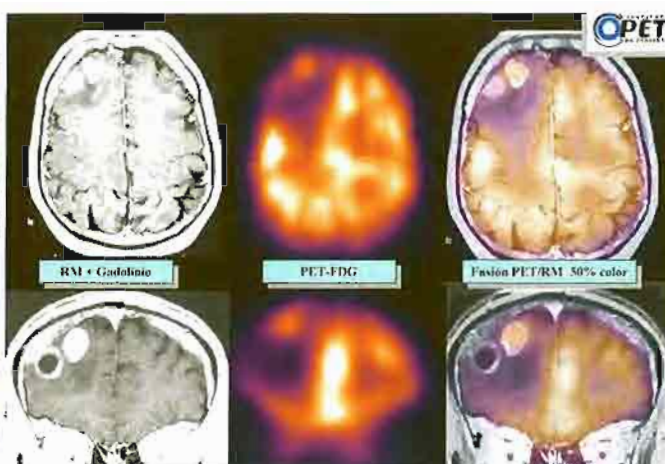
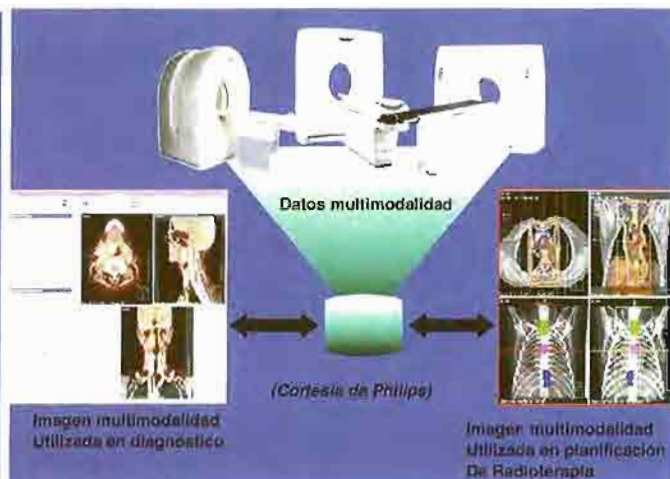


Figura 6. Metástasis cerebrales de melanoma tratados con radiocirugía. Las dos metástasis captan Gadolinio en RM. Una capta FDG (recidiva) y la otra no (radionecrosis)



► Figura 7.



► Figura 8.

– Mejor estadificación → mejor planificación.

– Cambia la intención del tratamiento (de curativo a paliativo y a la inversa).

– Evita radioterapia innecesaria.

– Permite conocer con más exactitud el *volumen blanco biológico* o auténtico volumen tumoral.

– Permite el diseño de distribuciones de dosis más conformadas.

– Indica la necesidad de administrar dosis adicionales de radiación en microrregiones específicas del tumor.

– Indica la necesidad de terapia coadyuvante según el fenotipo y genotipo del tumor (con otras moléculas distintas a la FDG).

Numerosos trabajos avalan la superioridad de la PET respecto a otras técnicas en la estadificación o estudio de extensión de los tumores,

tanto en la fase del diagnóstico inicial como en sucesivas reestadificaciones a lo largo del tratamiento. Esto es especialmente cierto en los tumores de pulmón, esófago, cabeza y cuello y linfomas. La demostración por la PET de que el tumor está más o menos extendido de lo que se pensaba en base a los hallazgos de otras técnicas supone cambios en el tratamiento. Estos cambios pueden ir desde un cambio en la modalidad de tratamiento (pasar de cirugía a radioterapia y/o quimioterapia o a la inversa) hasta cambios dentro de la misma modalidad, en el caso que nos ocupa dentro del tratamiento radioterápico (pasar de radioterapia radical de intención curativa a radioterapia paliativa, lo que supone diferentes dosis y volúmenes de tratamiento, o modificar la conformación y la uniformidad de la distribución de dosis

según el *volumen blanco biológico* definido por la PET).

Otro avance importante es la fusión de imágenes de PET y TAC, bien mediante programas informáticos que permiten unir imágenes obtenidas a partir de equipos de PET y TAC separados o, mejor aún, mediante equipos híbridos de PET-TAC que permiten realizar ambos estudios en una única sesión con el mismo posicionamiento del paciente (Paulino, 2003). Con esta fusión se aprovecha sinérgicamente la información que suministran ambas técnicas, la información anatómica o morfológica de la TAC con la información bioquímica o metabólica de la PET; se aúna la mejor resolución espacial de la TAC con la mejor resolución de contraste de la PET. Si bien es cierto que no toda mejora en la calidad de las imágenes

se traduce necesariamente en un mejor diagnóstico clínico (Freeman, 2003), lo cierto es que la PET-TAC es mucho más que la suma de PET y TAC. Las imágenes de fusión de PET-TAC (figuras 7 y 8) aportan, pues, un valor añadido a la PET usada aisladamente, que podríamos resumir en:

- Permite una mejor localización anatómica.

- Aúna sinérgicamente la información anatómica o morfológica de la TAC con la funcional o bioquímica de la PET.

- Permite aunar la mejor resolución espacial de la TAC con la mejor resolución de contraste de la PET.

- La corrección de atenuación de la PET se realiza más correctamente con los datos de transmisión de rayos X de la TAC que con los datos de fuentes isotópicas que poseen los equipos de PET sin TAC.

La TAC permite realizar segmentación de tejidos y estructuras según sus características de atenuación de rayos X, dibujar áreas de interés de un modo automático, transferir estas informaciones de una modalidad a otra utilizándolas para mejorar las imágenes o la información diagnóstica de las mismas.

En el cáncer de pulmón estas ventajas de la fusión de imágenes es aún más clara que otros tumores:

- Permite distinguir atelectasia de tumor.

- Permite descubrir afectación ganglionar y metástasis a distancia no vistos en TAC.

- Reduce la variación interobservador.

- Delimita mejor el volumen tumoral a tratar, especialmente en la radioterapia conformada y de intensidad modulada.

- Con sincronización de la imagen con los movimientos respiratorios del paciente todavía mejora más la delineación del volumen blanco.

La fusión de imágenes se puede realizar en un mismo equipo que disponga de las dos modalidades o a partir de dos equipos diferentes mediante programas informáticos. En el primer caso, el posiciona-

miento y situación del paciente y sus órganos internos es muy similar, no siendo necesario disponer de puntos de referencia para realizar la fusión. Además, es más rápida y más confortable para el paciente permitiendo aumentar el flujo de pacientes, con menos problemas de compatibilidad, permite diagnósticos y tomas de biopsia más exactos, es más adecuada para la planificación de la radioterapia, es más exacta para la corrección de atenuación y para medir objetivamente la respuesta a la terapia, reduce el porcentaje de resultados falsos positivos de la PET y abre un amplio abanico de nuevas aplicaciones no oncológicas de la PET (fiebre de origen desconocido, detección de la placa de ateroma complicada, etc.). La fusión de imágenes a partir de equipos diferentes permite una mayor versatilidad y diversidad de equipos y una menor exposición a radiaciones por utilizar TAC ya realizados previamente, es más económica y no tiene los artefactos típicos de los equipos híbridos PET-TAC (aunque tiene otros).

Se ha estudiado el impacto de la PET en 202 pacientes reales portadores de diferentes tumores, realizando en todos ellos la PET antes de la radioterapia (Dizendorf, 2003). En el 27% de los pacientes la PET cambió el manejo de los pacientes: en el 9% se canceló la radioterapia, en el 10% varió la intención de la radioterapia (curativa o paliativa) y, por tanto, la técnica, en el 12% se modificó la dosis de radiación y en el 6% se alteró el volumen blanco.

La adición de la PET al algoritmo de estadificación inicial del carcinoma pulmonar no microcítico mejora significativamente la estratificación pronóstica en relación a la estadificación convencional tanto en los pacientes que van a ser sometidos a radioterapia radical (Mac Manus, 2001) como en los que van a ser sometidos a otros tipos de tratamiento (Hicks, 2001). Lo mismo sucede en la enferme-

dad de Hodgkin al final del tratamiento (Guay, 2003). Esta valoración pronóstica tiene una creciente importancia a la vista de la complejidad y alto costo de los nuevos tratamientos. También es importante la valoración pronóstica tras la finalización de tratamientos de primera línea, con objeto de conocer si se ha de continuar tratando al paciente o si, por el contrario, se puede dar por finalizado el tratamiento, evitando el sobretratamiento, que es caro y perjudicial. En este sentido, es el linfoma el tumor en el que hay mayor experiencia. En pacientes con un estudio PET-FDG positivo, al finalizar el tratamiento quimio y/o radioterápico, el 100% de ellos tienen una recaída precoz, mientras que más del 80% de los pacientes con PET-FDG negativo alcanzan la curación o, al menos, una remisión completa de larga duración. La PET en esta indicación es mucho más segura que la TAC que no es capaz de diferenciar los ganglios aumentados de tamaño por contener tejido tumoral linfomatoso activo de aquellos ganglios igualmente aumentados de tamaño pero por contener tejido fibroso cicatricial y no tumor (Becherer, 2003).

También se ha demostrado que una mejor estadificación permite una mejor planificación y, como consecuencia, mayores probabilidades de curación. Así se ha visto cómo los pacientes seleccionados para radioterapia radical tras estadificación por PET tienen una mortalidad precoz más baja que los seleccionados por métodos convencionales de imagen (Mac Manus, 2002). La estadificación y reestadificación con PET permite valorar la respuesta a la radioterapia y quimioterapia asociadas antes de la cirugía del carcinoma colorrectal localmente avanzado (Calvo, 2003).

La corrección de PET-TAC significa modificar la planificación de la radioterapia en la mayoría de los casos de cáncer de pulmón, particularmente en la radioterapia

tridimensional conformada (Mah, 2002). Además, mejora significativamente la seguridad diagnóstica en la estadificación del carcinoma pulmonar no microcítico (Lardinoise, 2003).

La PET con FDG se ha usado con éxito para escalonar las dosis de radioterapia liberadas a pacientes con cáncer de cérvix y ganglios linfáticos paraaórticos positivos (Mutic, 2003) y como predictor de la respuesta a la radioterapia (Van de Wiele, 2003). El descenso de la actividad metabólica precede al descenso del tamaño tumoral en cáncer de mama, linfomas, gliomas y otros tumores.

La identificación de tumor residual viable tras radioterapia define el pronóstico e indica la necesidad de

nueva radioterapia o quimioterapia. La PET permite la diferenciación entre tumor residual y cambios post-radioterapia y quimioterapia neoadyuvantes, obteniendo un importante impacto clínico en el manejo de los pacientes, optimizando el tratamiento quirúrgico para cada paciente y contribuyendo a una mejor calidad de vida (Kitagawa, 2003). Cuando se sospecha recurrencia tras radioterapia la PET debe ser la primera prueba a realizar en numerosos tumores como los de cabeza y cuello, no siendo necesaria la biopsia si la PET es negativa.

La PET tiene pues un amplio abanico de posibilidades de utilización como una ayuda a la radioterapia, y, además, en todas las fases de la enfermedad oncológica, tanto en

el diagnóstico inicial como en el seguimiento, valoración de la respuesta a la radioterapia y detección de recurrencias y su diferenciación con cambios post-tratamiento. Muy pocas de estas posibilidades se traducen en aprobaciones oficiales de la utilización de la PET. La utilidad de la PET es clara y evidente para el experto en las situaciones que hemos comentado en este trabajo. Sin embargo, las decisiones administrativas y de política sanitaria se basan en datos más que en la opinión de los expertos, y los datos, especialmente en temas de oncología, se hacen esperar algún tiempo. Esperamos y deseamos que este tiempo sea lo más corto posible, sobre todo por el bien de los pacientes. 

Bibliografía

- W.H. Knapp. *Nuclear Medicine and Radiology: where are they going?*. Eur. J. Nucl. Med. 2002; 29:1557-1560.
- J.L. Carreras, L. Lapeña, C. Asensio. *PET en oncología*. Ed. Nova Sionia. Madrid 2002.
- R. Delgado-Bolton, C. Fernández-Pérez, A. González-Maté, J.L. Carreras. *Meta-Analysis of the Performance of 18F-FDG PET in Primary Tumor Detection in Unknown Primary Tumors*. J. Nucl. Med. 2003; 44:1301-1314.
- J.D. Chapman, J.D. Bradley, J.F. Eary, R. Haubner, S.M. Larson, J.M. Michalski, P.G. Okunieff, S.W. Straus, Y.C. Ung, M. J. Welch. *Molecular (Functional) Imaging for Radiotherapy Applications: An RTOG Symposium*. Int J Radiation Oncology Biol Phys 2003; 55:294-301.
- A.C. Paulino, W.L. Thorstad, T. Fox. *Role of Fusion in Radiotherapy Treatment Planning*. Semin Nucl Med 2003; XXXIII: 238-241.
- L.M. Freeman, M.D. Blaufox. *Letter from the Editors*. Semin. Nucl. Med. 2003; XXXIII:163.
- E.V. Dizendorf, B.G. Baumert, G.K. Von Schulthess, U.M. Lütolf, H.C. Steinert. *Impact of Whole Body 18-F-FDG PET on Staging and Managing Patients for Radiation Therapy*. J Nucl Med 2003; 44:24-29.
- M.P. Mac Manus, R.J. Hicks, D.L. Ball. *F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography staging in radical radiotherapy candidates with non-small cell lung carcinoma: powerful correlation with survival and high impact on treatment*. Cancer 2001; 92: 886-895.
- R.J. Hicks, V. Kalff, M.P. MacManus, R.E. Ware, A. Hogg, A.F. McKencie, J.P. Matthews, D.L. Ball. *18F-FDG PET provides high-impact and powerful prognostic stratification in staging newly diagnosed non-small cell lung cancer*. J Nucl. Med. 2001; 42:1596-1604.
- C. Guay, M. Lépine, J. Verreault, F. Bénard. *Prognostic Value of PET Using 18F-FDG in Hodgkin's Disease for Posttreatment Evaluation*. J. Nucl. Med. 2003; 44:1225-1231.
- M.P. Mac Manus, K. Wong, R.J. Hicks. *Early mortality following radical radiotherapy (RRT) for non-small cell lung cancer (NSCLC): comparison of PET-staged and conventionally-staged cohorts treated at a large tertiary-referral center*. Int. J. Radiation Oncol Biol Phys 2002; 52:351-361.
- A. Becherer, U. Jaeger, M. Szabo, K. Kletter. *Prognostic value of FDG-PET in malignant lymphoma*. Q. J. Nucl. Med. 2003; 47:14-21.
- F.A. Calvo, M. Dumper, R. Matute, R. Martínez-Lázaro, J.A. Aranz, M. Desco, J.L. Carreras. *PET-FDG Staging and Re staging in rectal cancer treated with pre-operative chemoradiation*. J. Radiation Oncol. Biol. Phys. 2003; 55:472 (A80).
- K. Mah, C.B. Caldwell, Y.C. Ung. *The impact of 18FDG-PET on target and critical organs in CT-based treatment planning of patients with poorly defined non-small cell lung carcinoma. A prospective study*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2002; 52:339-350.
- D. Lardinoise, W. Weder, T.F. Hany, E.M. Kamel, S. Korom, B. Seifert, G.K. Von Schulthess, H.C. Steinert. *Staging of Non-Small-Cell Lung Cancer with Integrated Positron-Emission Tomography and Computed Tomography*. N. Engl. J. Med. 2003; 348:2500-2507.
- S. Mutic, R.S. Malyapa, P.W. Grigsby, F. Dehdashi, T.R. Miller, I. Zoberi, W.R. Bosch, J. Eshhappan, D.A. Low. *PET-guided IMRT for cervical carcinoma with positive para-aortic lymph nodes-A dose-escalation treatment planning study*. Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2003; 55: 28-35.
- C. Van de Wiele, C. Lahorte, W. Oyen, O. Boerman, I. Goethals, G. Slegers, R.A. Dierckx. *Nuclear Medicine Imaging to predict response to radiotherapy: a review*. Int J. Radiation Oncology Biol. Phys. 2003; 55:5-15.
- Y. Kitagawa, S. Nishizawa, S. Kazuo, T. Ogasawara, M. Nakamura, N. Sadato, M. Yoshida, Y. Yonekura. *Prospective comparison of 18F-FDG PET with Conventional Imaging Modalities (MRI, CT and 67Ga Scintigraphy) in Assessment of Combined Intraarterial Chemotherapy and Radiotherapy for Head and Neck Carcinoma*. J. Nucl. Med. 2003; 44: 198-206.

Avances en el tratamiento con Radioterapia externa

La Radioterapia externa es una de las más importantes técnicas terapéuticas específicas para el tratamiento del cáncer. El desarrollo tecnológico que ha experimentado esta técnica supone un notable beneficio

para el paciente, al lograr administrar un tratamiento más preciso, más adaptado al tumor y reducir significativamente las complicaciones agudas derivadas del mismo.

1. Introducción

La radioterapia externa es una de las armas terapéuticas disponibles en el tratamiento del cáncer. Puede utilizarse como modalidad exclusiva en tumores precoces seleccionados, o más frecuentemente en combinación con quimioterapia y/o cirugía en tumores localmente avanzados.

Generalmente el éxito terapéutico depende de la administración de una dosis adecuada de irradiación a todo el volumen tumoral intentando minimizar la dosis administrada al tejido sano circundante. En este sentido, la investigación en el campo de la radioterapia externa ha sido dirigida principalmente hacia una mejora en la localización y delimitación de los volúmenes anatómicos de interés y hacia una mejor adaptación o conformación de la dosis de irradiación a la morfología tumoral que

ha sido factible por los avances obtenidos en la visualización gráfica tridimensional (3D).

Tres desarrollos tecnológicos importantes han hecho posible la transición de planificaciones 2D hacia sistemas de planificación 3D:

1. La introducción de técnicas de imagen modernas como la TAC, RM o PET que permiten la reconstrucción de un modelo 3D facilitando una mejor identificación del volumen tumoral y su relación con otras estructuras.

2. El desarrollo de sistemas informáticos más poderosos, rápidos y fiables capaces de generar modelos complejos 3D de distribución de dosis y gráficos 3D que permiten una mejor visualización 3D del paciente, de la geometría de los volúmenes de irradiación y de la distribución de la dosis.

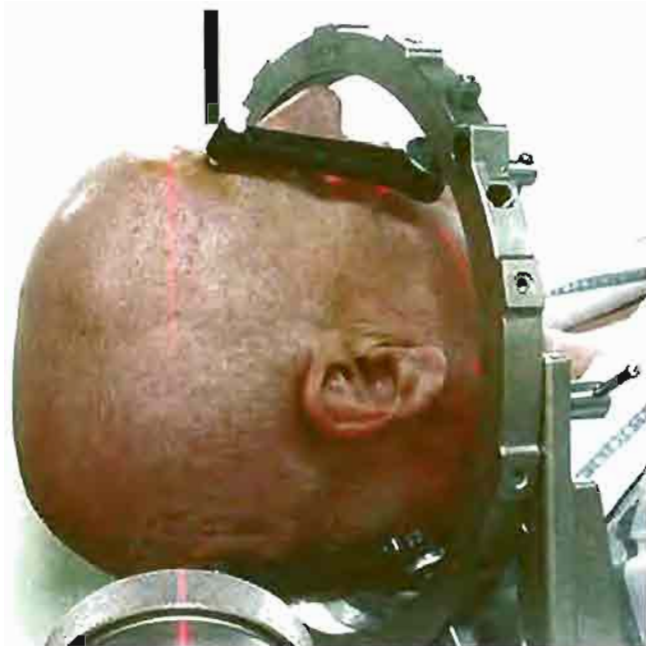
3. Las innovaciones tecnológicas introducidas en los aceleradores lineales como el colimador multiláminas (CML) y la radioterapia con modulación de la intensidad del haz de irradiación.

Con el acceso a múltiples técni-

cas de imagen, sistemas informáticos y aceleradores lineales de nueva generación la radioterapia externa que puede administrarse en la actualidad es más sofisticada y de mayor calidad. El beneficio para el paciente es una mejora en la administración del tratamiento que es más preciso, más adaptado al tumor y con menor irradiación de los órganos y tejidos sanos. Consecuentemente, se reducen de forma significativa las complicaciones agudas derivadas del tratamiento. En sentido contrario, estos avances tecnológicos requieren una mayor inversión en tiempo de dedicación por paciente y un incremento en recursos humanos.

Las técnicas no convencionales de irradiación externa introducidas más recientemente son aquellas basadas en la obtención de referencias estereotácticas para la localización y tratamiento de la lesión (radiocirugía y radioterapia estereotáctica) o aquellas derivadas de la modificación de la intensidad del haz de irradiación (radioterapia con modulación de la intensidad del haz de irradiación).

* J. Javier Aristu es consultor del Servicio de Oncología radioterápica en el departamento de oncología de la Clínica Universitaria de la Universidad de Navarra.



► Figura 1: Marco estereotáctico insertado en el cráneo del paciente.



► Figura 2: Marco y guía estereotácticos en la posición adecuada para realizar el TAC (sin paciente).

2. Radiocirugía

La Radiocirugía (RC) es una técnica de irradiación no invasiva que utiliza para la localización de la lesión coordenadas estereotácticas (referencias tridimensionales) administrándose una dosis única y alta de irradiación con alto gradiente sobre un pequeño volumen. Para ello se utilizan haces de irradiación altamente colimados, precisos y convergentes sobre la lesión.

Desde el año 1951 en el que Lars Leksell desarrolló y definió la técnica hasta la actualidad, la radiocirugía ha ido evolucionando tanto en la mejora de los sistemas de planificación por ordenador como en los dispositivos capaces de administrar la irradiación. Actualmente, la radiocirugía se puede realizar utilizando la *gamma knife*, aceleradores lineales adaptados y ciclotrones. La *gamma knife* es una unidad de irradiación con uso exclusivo para radiocirugía que utiliza múltiples fuentes radiactivas de ^{60}Co cuyos haces de irradiación convergen en un punto con alta precisión (error menor a 0,5 mm). Los aceleradores lineales (AL) son unidades que no utilizan fuentes de irradiación y que generan electro-

nes y fotones de alta energía a partir de diferencias de potencial eléctrico. Tienen capacidad para realizar otras técnicas de irradiación y pueden ser adaptados para radiocirugía mediante distintos dispositivos de *hardware*. La colimación final del haz de irradiación se realiza a través de colimadores circulares o multiláminas de una anchura menor a la disponible con los colimadores multiláminas convencionales. Por otra parte, la precisión observada en los aceleradores lineales se sitúa entre 0,5 mm y 1 mm. Los ciclotrones son unidades de irradiación que generan partículas pesadas con un rendimiento dosimétrico en profundidad superior al de los fotones. El inconveniente principal es su coste económico y la infraestructura requerida para su puesta en marcha.

La *gamma knife* y los aceleradores lineales son las unidades más extensamente utilizadas aunque por su versatilidad, los aceleradores lineales son los sistemas de radiocirugía más implementados y la técnica disponible desde 1996 en la Clínica Universitaria de la Universidad de Navarra. Por estas dos razones el contenido de

esta parte del artículo se fundamentará entorno a la radiocirugía con aceleradores lineales.

2.1 Sistemática de un tratamiento con radiocirugía

Un procedimiento de radiocirugía se inicia con la inserción de un marco estereotáctico en el cráneo del paciente a través de fijaciones en el hueso frontal y en el hueso occipital que asegura una inmovilización muy precisa del paciente. A su vez, este marco estereotáctico sirve de base para insertar la guía estereotáctica con la que se hace el TAC de planificación y en el que se visualizan los puntos estereotácticos de referencia para la localización de la lesión en el plano anteroposterior, lateral y vertical (figuras 1 y 2). Las imágenes de TAC adquiridas con estas características así como otras imágenes (RM, PET) que nos sirvan para una mejor visualización de la lesión u otras estructuras, son enviadas a un ordenador de planificación del tratamiento.

En el planificador se contornean las estructuras sanas radiosensibles y la lesión que va a ser tratada. Esto nos permite ver al paciente en

tres dimensiones y diseñar de forma virtual el plan de tratamiento más adecuado (figuras 3 y 4). En los planificadores más modernos el mismo sistema de planificación genera de forma semiautomática varios planes teniendo en cuenta distintas preferencias. Se identifica y selecciona el plan que mejor trata la enfermedad con menor irradiación de estructuras sanas (figura 5). Posteriormente se realiza la prescripción de la dosis de irradiación que debe abarcar toda la lesión y se optimiza el plan. Antes de iniciar el tratamiento debe comprobarse la correcta disposición de ciertos componentes mecánicos del acelerador lineal y del haz de irradiación.

El proceso de control de calidad se realiza con distintos tests y consiste en la verificación de la correcta alineación de los láseres que sirven para el posicionamiento del paciente antes del tratamiento y de la adecuada relación del haz de irradiación con respecto a un punto cuando gira el cabezal del acelerador.

Por último, el paciente es posicionado e inmovilizado con el marco estereotáctico sobre la mesa del acelerador lineal de la misma

manera que en el TAC durante el tiempo de adquisición de imágenes. Posteriormente, las coordenadas numéricas estereotácticas del centro de la lesión, calculadas por el planificador y referenciadas en los tres ejes del espacio, son localizadas en una escala calibrada en décimas de milímetro que se inserta sobre el marco estereotáctico. Estas referencias se hacen coincidir con los láseres que apuntan al isocentro mecánico del acelerador lineal (figura 6).

A partir de este momento el paciente puede ser tratado con el plan seleccionado. El tratamiento consiste, en el caso de utilizar colimadores circulares, en una combinación de distintas rotaciones del cabezal del acelerador mientras emite la radiación con distintas posiciones de la mesa del acelerador (campos no coplanares). Si se dispone de mini-multiláminas el tratamiento se realiza mediante campos fijos conformados de forma estática o dinámica.

El tiempo invertido desde la inserción del marco estereotáctico hasta la finalización del tratamiento suele oscilar entre tres y seis horas dependiendo de la complejidad del proceso, correspondiendo

de 30 a 90 minutos el tiempo de tratamiento real. La radiocirugía se realiza en un solo día y de forma ambulatoria aunque en algunos casos, dependiendo de los antecedentes del paciente, del volumen de la lesión y de la región cerebral a irradiar se recomienda un periodo de observación hospitalario de 24 horas.

La radiocirugía es una técnica multidisciplinar en la que se precisa la colaboración de médicos neurocirujanos, neurorradiólogos, físicos médicos, oncólogos radioterapeutas, enfermeras y técnicos en radioterapia.

2.2 ¿Qué lesiones cerebrales se tratan con radiocirugía?

Entre la patología subsidiaria de ser tratada con radiocirugía se encuentran algunas lesiones intracraniales benignas y malignas que estén situadas en áreas no elocuentes y que no excedan los tres centímetros de diámetro. Las lesiones intracerebrales más frecuentemente tratadas con radiocirugía son los tumores malignos (metástasis, tumores gliales y otros tumores), seguido de tumores benignos, malformaciones vasculares y alteraciones funcionales.



Figura 3: Imagen de TAC en el que se observan 9 puntos estereotácticos (puntos blancos).

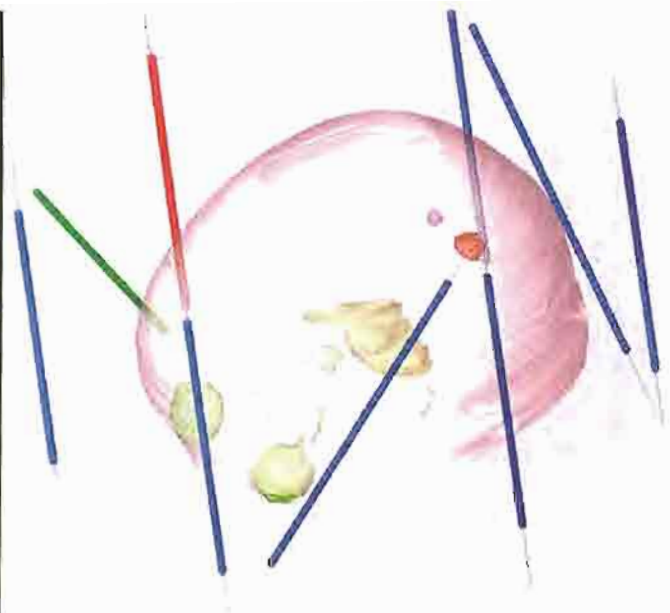
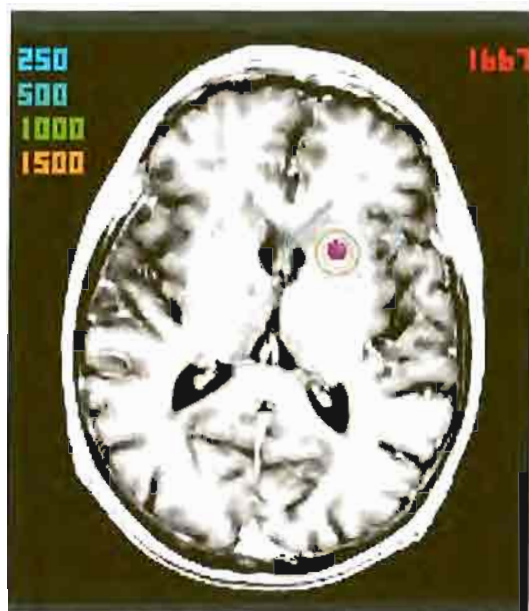
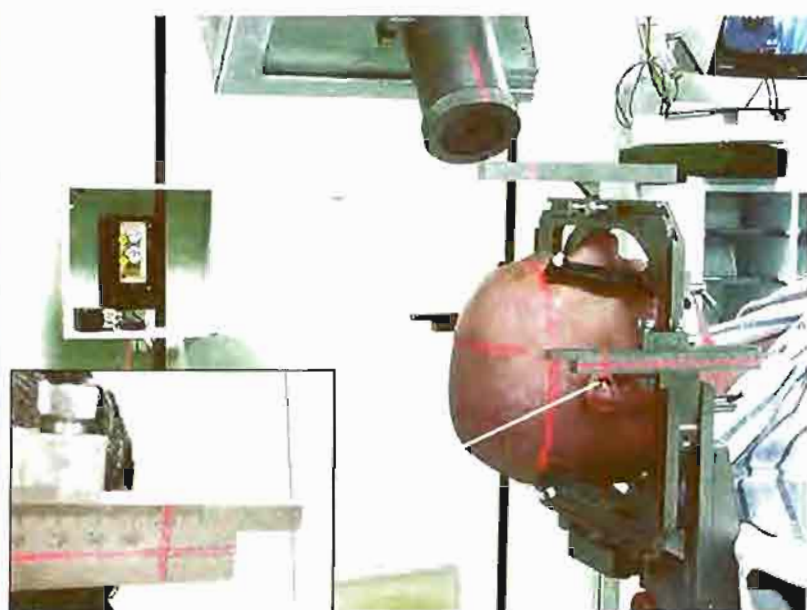


Figura 4: Visualización tridimensional de las estructuras contorneadas en las imágenes de TAC.



► Figura 5: Distribución de la dosis con alto gradiente sobre una metástasis cerebral. Puede observarse la mínima irradiación que llega al resto del cerebro.



► Figura 6: Posicionamiento del paciente utilizando las coordenadas estereotácticas indicadas en la escala calibrada en décimas de milímetro y los láseres.

Las metástasis cerebrales (MC) son el tumor intracraneal más frecuente observándose hasta en el 25% de los pacientes con cáncer. El tratamiento estándar ha sido la Radioterapia Externa Holocraneal (RTHC) paliativa que consigue una mejora sintomática en el 75% de los pacientes, prolonga la supervivencia hasta los seis meses pero la mitad de los pacientes presentan recurrencia cerebral de las metástasis. Los avances en las técnicas de imagen que posibilitan un diagnóstico más precoz de las metástasis junto con los avances en el tratamiento sistémico de la enfermedad y la posibilidad de tratamiento con radiocirugía de las metástasis de 2.5-3 centímetros han mejorado estos resultados. La dosis única recomendada con radiocirugía es 15-20 Gy dependiendo del volumen de la metástasis cerebral. El control local obtenido varía entre el 70% y 95% de las metástasis cerebrales con una mediana de supervivencia de los pacientes entorno a los diez meses. La complicación a largo plazo más importante es la radionecrosis observada en el 4% de los pacientes.

Se han identificado factores de

buen pronóstico como la edad menor de 65 años, un índice *kar-nofsky* mayor de 70, tumor primario controlado y la no presencia de metástasis extracraneales. Los pacientes que cumplen estos cuatro requisitos (RPA 1) y que son tratados con radiocirugía presentan un mejor pronóstico identificándose pacientes largos supervivientes.

¿Qué beneficio añade la radiocirugía a los pacientes tratados RTHC? Un estudio reciente aleatorizado en pacientes con 1-3 metástasis cerebrales ha demostrado un beneficio en control local y los pacientes con una metástasis cerebral o el subgrupo RPA 1, o tumores primarios pulmonares no microcíticos o epidermoides, es probable que mejoren su supervivencia. En nuestra experiencia, este grupo de pacientes con mejor pronóstico alcanzan una supervivencia a los cinco años del 33%.

¿Si un paciente se ha tratado inicialmente con radiocirugía debe recomendarse RTHC? Los datos disponibles en la literatura orientan hacia un mayor control local de la enfermedad cerebral en los pacientes tratados con RTHC sin beneficio en supervivencia

pero con un precio mayor en toxicidad severa a largo plazo.

– La experiencia con radiocirugía en gliomas malignos es más limitada ya que sólo un porcentaje mínimo de pacientes son subsidarios de tratamiento con radiocirugía. En cambio, en este grupo seleccionado de pacientes los estudios retrospectivos existentes muestran un beneficio en supervivencia entre seis y nueve meses cuando se comparan pacientes de series históricas que han utilizado tratamiento estándar y hubieran sido candidatos a radiocirugía. En sentido contrario, un 20-50% de los pacientes tratados con radiocirugía tuvieron que ser reoperados. No obstante, un estudio aleatorizado que ha comparado tratamiento estándar y el mismo tratamiento más radiocirugía no ha evidenciado beneficio en supervivencia en el grupo de pacientes que recibieron radiocirugía.

Otros tumores malignos como gliomas de bajo grado, carcinoma de nasofaringe, melanoma corioides, hemangiopericitomas, meningiomas malignos, cordomas y condrosarcomas pueden ser tratados con radiocirugía.

Entre la patología intracerebral benigna susceptible de ser tratada con radiocirugía se encuentran principalmente los neurinomas del acústico (NA), malformaciones arteriovenosas (MAV), meningiomas, adenomas de la hipófisis, tumores glómicos y neuralgia del trigémino. Describiremos brevemente los resultados obtenidos en los NA y MAV que son las lesiones benignas más frecuentemente tratadas con radiocirugía.

– La experiencia recogida de diversas instituciones en el tratamiento de los NA con radiocirugía muestra que el control local es similar al obtenido con cirugía (90%-95%) y que la preservación de la audición (70%) y de la función del nervio facial (90%-95%) es superior con radiocirugía siempre que se realice una planificación con RM y la dosis no sea superior a 14 Gy. No se han encontrado diferencias entre ambos tratamientos en otros síntomas como tinitus, vértigo y mareos. En la actualidad está activo un debate en referencia al tratamiento de los NA con radiocirugía *versus* radioterapia estereotáctica (RTE). La RTE que se define como una *radiocirugía fraccionada* y explota las ventajas radiobiológicas del fraccionamiento

de la dosis sobre las complicaciones del tejido circundante radiosensible. Es probable que los resultados de los NA menores de dos centímetros tratados con una dosis única de 12 Gy sean similares a los obtenidos con RTE y en los NA mayores de dos centímetros se obtenga un beneficio con RTE a expensas de una menor toxicidad sobre el VII par craneal (nervio facial).

– Cerca del 20% de las MAV presentarán hemorragia (riesgo acumulativo del 2,25% por año) con una mortalidad en el primer episodio hemorrágico del 29%. El 67% de las MAV que cumplen criterios para ser tratadas con radiocirugía son cerradas u obliteradas con este tratamiento con un rango entre el 50% y 82% dependiendo del tamaño y dosis administrada. Una vez cerradas, el riesgo de hemorragia es nulo. La complicación más importante es la necrosis sintomática irreversible que acontece en el 4% de los pacientes tratados aunque también se ha observado edema, convulsiones y otras complicaciones cerebrales que responden al tratamiento con corticoides en el 85% de los casos. Se conoce la relación entre dosis-respuesta para la obliteración y he-

morragia observándose una máxima obliteración con 25 Gy y una disminución en la incidencia de resangrado a un 2-3% durante el periodo de latencia con 20-22 Gy. De la misma manera se ha observado una relación entre las complicaciones y el volumen (mayor riesgo a mayor volumen) y localización de la lesión (mayor riesgo en MAV localizadas en médula, tálamo, intraventriculares, tronco cerebral o cuerpo calloso).

3. Radioterapia estereotáctica

El tratamiento con radiocirugía de lesiones cerebrales mayores de tres o cuatro centímetros o de aquellas localizadas en áreas elocuentes como tronco cerebral o próximas a la vía óptica anterior presenta un riesgo elevado de toxicidad severa irreversible. Por otra parte, es bien conocido desde los inicios de la radioterapia, el beneficio del fraccionamiento de la dosis de irradiación en relación con una menor incidencia de complicaciones sobre tejidos sanos sin detrimento en las posibilidades de control de la enfermedad. La radioterapia estereotáctica (RTE) es una técnica de irradiación híbrida entre la radiocirugía y la radioterapia externa. Dispone de



Figura 7: Guía estereotáctica reposicionable GTC (Gill-Thomas-Cosman).



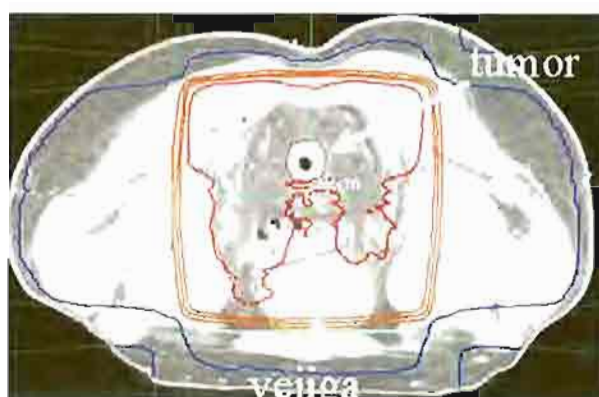
Figura 8: Acelerador lineal situado en una posición fija de gantry desde la cual se administra la irradiación a través de 6 campos o segmentos conformados con el CML.

la precisión y gradiente de dosis ofrecido por la radiocirugía y de las ventajas del fraccionamiento de la dosis aportado por la radioterapia externa. Para la inmovilización del cráneo del paciente se utilizan marcos estereotácticos reposicionables con una buena precisión diariamente reproducible (figura 7).

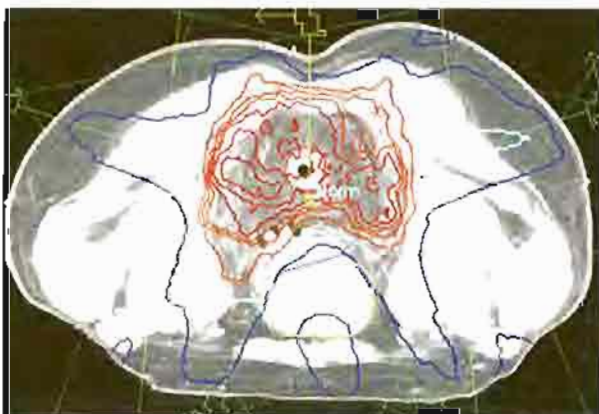
Esta técnica no ha sido tan extensamente estudiada como la radiocirugía con unos resultados menos homogéneos por la distinta selección de pacientes, variabilidad de tumores tratados y por las distintas técnicas de irradiación utilizadas (fraccionamientos y dosis total). A pesar de estas dificultades, en general se recomienda tratamiento con RTE en MC mayores de tres centímetros o de localización especial que no son candidatas a cirugía, sobreimpresión o re-irradiación de gliomas malignos, neurinomas del acústico voluminosos irresecables o sometidos a resección parcial y adenomas de hipófisis.

4. Radioterapia con modulación de la intensidad del haz de irradiación (RTIM)

La RTIM es una técnica de irradiación externa que inicia su desarrollo en la década de los noventa y que es un avance en relación a la radioterapia 3D conformacional (RT3DC). Se fundamenta en el uso de potentes programas de *software* para el diseño de la distribución de la dosis de irradiación y en sistemas de control automático del movimiento de las láminas del colimador del acelerador lineal (colimador multiláminas -CML-) durante la administración del tratamiento. El resultado es una modificación de la intensidad del haz de irradiación convirtiéndolo en no-uniforme y la contribución de los distintos haces de irradiación con distinta intensidad consi-



RT 3DC: Dosis altas de radiación (naranja y rojo) que cubren, además del tumor, estructuras sanas como la vejiga.



Radioterapia con intensidad modulada (RTIM): En el mismo paciente, la vejiga queda excluida de las dosis altas de radiación.

Figura 9: Comparación de la distribución de la dosis de irradiación según se realice con RT-DC o RTIM.

gue una mejor adaptación espacial de la distribución de la dosis de irradiación al volumen tumoral y por lo tanto se minimiza más la irradiación del tejido sano circundante.

Debido al movimiento del CML durante el tratamiento, la planificación de la RTIM implica el cálculo de la dosis en miles de puntos específicos del volumen de tratamiento, circunstancia que únicamente puede ser realizada por programas de ordenador potentes, sofisticados y complejos que sean capaces de diseñar los campos de irradiación adecuados y el control computerizado del acelerador lineal. La RTIM también requiere un número mayor de campos de irradiación que la radioterapia convencional o RT3DC y, en consecuencia, el físico médico,

dosimetrista y oncólogo radioterapeuta multiplican por tres el tiempo necesario en el proceso de planificación de una radioterapia convencional o RT3DC.

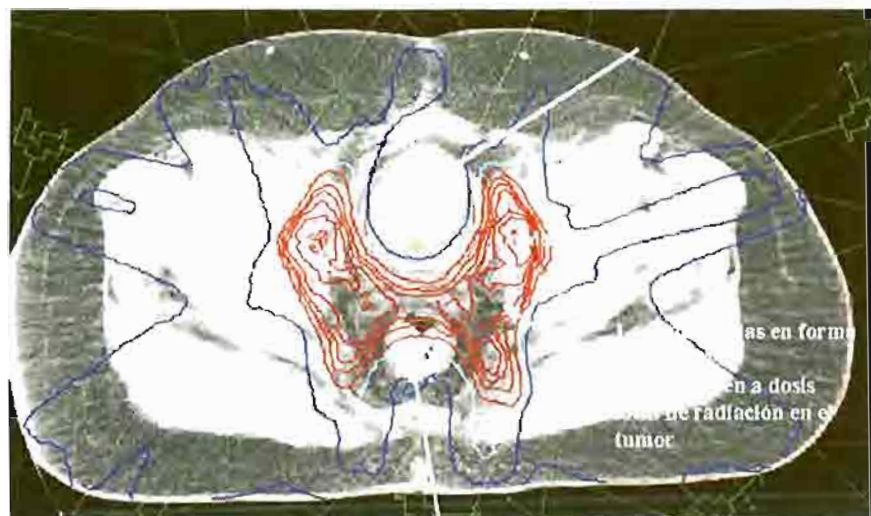
4.1 ¿Qué recursos básicos técnicos y humanos se necesitan para la RTIM?

Los requerimientos básicos para realizar RTIM son un acelerador lineal provisto de CML, un TAC simulador o simulador convencional, un planificador de tratamiento 3D con capacidad de cálculo para RTIM, físicos médicos y dosimetristas especialmente entrenados para RTIM con disponibilidad de 8-12 horas adicionales para la planificación y verificación del tratamiento, oncólogos radioterapeutas con conocimiento de las indicaciones de la técnica, entrenados o con experiencia en la administración de este tratamiento tan complejo y con disponibilidad de utilizar 2-4 horas por cada plan de RTIM, y por último, se necesita un número adecuado de pacientes que hagan viable la RTIM.

4.2 Técnicas de RTIM

En general se pueden utilizar dos técnicas de tratamiento. En la primera, denominada *técnica de segmentación* (*step and shoot* o *binary delivery*), se establecen distintas posiciones del acelerador o campos fijos (entre cinco y nueve) y a su vez, cada campo fijo soporta múltiples campos conformados (segmentos). El acelerador lineal se para y ajusta el CML para cada segmento. De esta manera, la secuencia de tratamiento se inicia desde una posición fija del acelerador en la que el CML conforma un segmento, libera la irradiación y se para conformando otro segmento, y así sucesivamente hasta finalizar los segmentos calculados para esa posición del acelerador. Seguidamente,

La vejiga fuera de la dosis alta de radiación



El recto fuera de la dosis alta de radiación

Figura 10: Dosimetría con RTIM para un tumor de próstata intervenido con bordes de resección afectados. Las líneas rojas en forma de mariposa corresponden a dosis altas de radiación en el tumor.

el acelerador gira unos grados, se para y ajusta el CML al primer segmento repitiendo el proceso hasta completar todos los segmentos de esa posición y así sucesivamente hasta pasar por todas las posiciones de acelerador diseñadas (figura 11).

La segunda se ha definido como *técnica dinámica* (*sliding window* o *continuous delivery*). El acelerador lineal gira alrededor del paciente y se para en una determinada posición, entonces la configuración del campo de irradiación cambia continuamente con el movimiento de las láminas del CML variando de esta forma la intensidad de la irradiación. Cuando finaliza la configuración del campo, el acelerador lineal gira hasta otra posición y vuelve a configurar dinámicamente un nuevo campo con el movimiento continuo de las láminas del CML. Este proceso se repite en las distintas posiciones establecidas del acelerador lineal.

4.3 Técnicas de planificación del tratamiento

Existen dos tipos de planificación para la RTIM: la planificación directa o convencional y la planificación inversa.

En la planificación directa se diseñan con antelación distintos campos con sus correspondientes segmentos conformados con el CML hasta conseguir una distribución de dosis adecuada. Se determina en el planificador el volumen tumoral, las estructuras a riesgo y se aplica directamente el plan prediseñado debiéndose comprobar que el volumen tumoral es adecuadamente tratado. De no ser así, pueden añadirse o modificarse distintos segmentos hasta conseguir una distribución de dosis satisfactoria.

La planificación inversa se inicia con la supuesta distribución de dosis ideal en el volumen tumoral y estructuras críticas. Para esto deben definirse distintos parámetros como la dosis máxima y mínima en el tumor y órganos a riesgo con distintas prioridades de cálculo sobre los distintos volúmenes. Entonces, el ordenador calcula el número de campos y segmentos que son necesarios para un determinado nivel de intensidad exigido para obtener los resultados inicialmente propuestos.

El resultado final de la RTIM es una menor irradiación de las estructuras u órganos radiosensi-

bles cercanos, sin disminuir la dosis de irradiación sobre el tumor (figuras 9 y 10). De esta manera, es evidente que la toxicidad previsible con RTIM sea menor que con radioterapia convencional o RT3DC sobretodo en localizaciones tumorales en las que el tratamiento convencional supone una toxicidad aguda importante como, por ejemplo, tumores de cabeza y cuello.

Otra aplicación de la RTIM es el diseño de estudios con incremento de la dosis de irradiación fundamentalmente en tumores en los que es conocida una relación directa entre la dosis de irradiación y el control tumoral.

4.4 Sistemática de un tratamiento con RTIM

El procedimiento se inicia con la inmovilización y fijación del paciente en una posición cómoda, fiable y reproducible. Se utilizan distintos sistemas de inmovilización como colchones de vacío o químicos, mascarillas termoplásticas y otros dispositivos dependiendo de la localización tumoral. En la misma posición en la que se ha inmovilizado al paciente se adquieren imágenes de TAC que son las que se utilizan en el planificador para el contorno del tumor y órganos a riesgo. También pueden utilizarse otras imágenes de RM o PET que ayudan a una mejor identificación del tumor y de estructuras críticas. Posteriormente, si utilizamos planificación inversa, se asignan los objetivos, restricciones y prioridades para el volumen tumoral y de los órganos a riesgo definidos. El planificador muestra en la pantalla las fluencias, segmentos y distribución de la dosis. La primera entrega suele ser una aproximación de los objetivos propuestos inicialmente y, por lo tanto, son necesarios varios procesos de optimización para conseguir una mejor distribución de la dosis. Una vez aceptado el mejor plan propuesto por el planificador se transfieren los datos a la consola del acelera-

dor lineal y se comprueba la concordancia de la dosis liberada con la calculada, utilizando un maniquí de láminas de poliestireno, sobre el que se mide la dosis absoluta y la distribución relativa de la dosis con cámara de ionización y placa radiográfica, respectivamente. Por último, se realiza el tratamiento con la inmovilización previa del paciente. El tratamiento se realiza en múltiples sesiones, en general de 25 a 35 dependiendo de la dosis total que se quiere administrar y por lo tanto, es muy importante la verificación diaria de la posición del paciente, del tumor y de los órganos críticos que se realiza con técnicas de fusión de la imagen real diaria y la generada en el planificador pudiéndose realizar correcciones de los errores observados.

4.5 Aplicaciones de la RTIM

La experiencia más amplia de la RTIM en el tratamiento del cáncer es la recogida del cáncer de próstata. Los estudios con *escalada* de dosis realizados en el hospital Memorial de Nueva York, aunque con un seguimiento corto, han demostrado que la administración de una dosis total de 81 Gy-86,4 Gy no incrementa la toxicidad rectal ni urinaria en comparación con dosis de 75 Gy-81 Gy administradas con RT3DC. Con RTIM se ha observado sangrado rectal grado 2 y 3 en el 1,5% y 0,5% de los pacientes respectivamente y un 9% y 0,5% de los pacientes desarrollaron toxicidad tardía urinaria grado 2 y 3 respectivamente. El control del PSA a corto plazo es al menos comparable al observado con RT3DC.

En el cáncer de cabeza y cuello la RTIM ha sido también implementada en distintas instituciones americanas. Los resultados coinciden en la observación de una disminución significativa de la toxicidad aguda, una mayor preservación de la función de las glándulas parótidas y un incremento en calidad de vida sin detrimento en el control local de la enfermedad.

Otras localizaciones tumorales con menor experiencia en el tratamiento con RTIM son los tumores ginecológicos, cáncer de mama, tumores cerebrales, tumores hepáticos y pancreáticos, tumores pediátricos y tumores paraespinales.

Es probable que con la mejora de la técnica en los próximos años la RTIM se pueda administrar de una forma más rápida y sencilla con ampliación de nuevas indicaciones en el tratamiento de otras localizaciones tumorales.

4.6 Desventajas de la RTIM

Una potencial complicación de la RTIM es un hipotético incremento en el desarrollo de segundos tumores por la mayor proporción de tejido sano que recibe dosis bajas de irradiación en comparación con la radioterapia convencional o RT3DC. Es conocida la probabilidad de aparición de segundos tumores cuando se administran dosis de irradiación intermedias en pacientes con seguimiento prolongado. Por ejemplo, hasta casi un tercio de las pacientes que tenían menos de 20 años cuando recibieron radioterapia torácica tipo *Mantle* por enfermedad de Hodgkin desarrollarán cáncer de mama a lo largo de su

vida. En cambio la irradiación de otros tejidos en pacientes de más edad tiene una incidencia de segundos tumores en torno al 1%. Se desconoce la incidencia de segundos tumores cuando se irradian tejidos sanos con dosis bajas de irradiación y sólo el seguimiento prolongado de las series que utilizan RTIM resolverá en un futuro este problema.

A partir de la observación en modelos animales, es discutida la eficacia de la RTIM cuando se utilizan tiempos de administración de tratamiento prolongados como por ejemplo con la técnica de segmentación. Esta situación puede dar lugar a la puesta en marcha de fenómenos de reparación del daño subletal o potencialmente letal producido en las células tumorales por dosis bajas y espaciadas de irradiación. Esta circunstancia puede contrarrestarse con el incremento de la dosis por fracción o en un futuro no muy lejano mediante la optimización de la técnica.

Los tratamientos con RTIM requieren de una planificación compleja y procedimientos de verificación y tratamiento costosos en tiempo. Este tratamiento tan complejo y sofisticado requiere, además del soporte técnico mencionado, un incremento mayor de recursos humanos y de una mayor disponibilidad de tiempo de aceleradores lineales. Esta última circunstancia, en unidades de irradiación con sobrecarga de pacientes, dificulta la puesta en marcha de tratamientos con RTIM. 

Convocatorias de propuestas de acción indirecta de IDT dentro del programa específico (Euratom) de investigación y formación sobre energía nuclear (2002-2006)

El Diario Oficial de la Unión Europea C 273 de 14 de noviembre de 2003, publicó las convocatorias de acción indirecta de IDT del programa

Euratom de investigación y formación en energía nuclear. A continuación se transcribe el texto íntegro de estas convocatorias.

1. Con arreglo a la Decisión del Consejo nº 668/2002/Euratom, de 3 de junio de 2002, relativa al Sexto Programa Marco de actividades de investigación y formación en materia nuclear (2002-2006) de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), que contribuye a la creación del Espacio Europeo de la Investigación¹, el Consejo aprobó el 30 de septiembre de 2002 el programa específico (Euratom) de investigación y formación sobre energía nuclear (2002-2006) (en lo sucesivo denominado "Programa Específico").

Con arreglo al apartado 1 del artículo 5 del Programa Específico, la Comisión de las Comunidades Europeas (en lo sucesivo denominada "la Comisión") aprobó el 6 de diciembre de 2002 un programa de trabajo² (en lo sucesivo denominado "el programa de trabajo") en el

que se presentaban de manera detallada los objetivos y las prioridades de dicho programa específico, así como su calendario de ejecución.

De conformidad con el apartado 1 del artículo 9 del Reglamento (CE) nº 2322/2002 del Consejo relativo a las normas de participación de empresas, centros de investigación y universidades, y a las normas de difusión de los resultados de la investigación para la ejecución del Sexto Programa Marco de la Comunidad Europea (2002-2006)³ (en lo sucesivo denominadas "normas de participación"), las propuestas de acción indirecta de IDT se presentarán en el marco de convocatorias de propuestas.

2. La presente convocatoria de propuestas de acción indirecta de IDT (en lo sucesivo denominada "la convocatoria") comprende la presente parte general y las condicio-

nes específicas descritas en los anexos. El anexo indica la fecha de cierre del plazo de presentación de propuestas de acción indirecta de IDT, una fecha indicativa para la terminación de las evaluaciones, una fecha indicativa de firma de los primeros contratos, el presupuesto indicativo, los instrumentos y los campos correspondientes, los criterios de evaluación de las propuestas de acción indirecta de IDT, el número mínimo de participantes y las posibles restricciones.

3. Se invita a las personas físicas o jurídicas que cumplan las condiciones estipuladas en las normas de participación y en el apartado 2 del artículo 114 del Reglamento (CE, Euratom) nº 1605/2002 del Consejo, de 25 de junio de 2002, por el que se aprueba el Reglamento financiero aplicable al presupuesto general de las Comunidades Europeas⁴ (en lo sucesivo denominadas "los proponentes"), a que presenten a la Comisión sus

¹DO L 232 de 29.08.2002, p. 34.

²DO L 294 de 29.10.2002, p. 74.

³Decisión de la Comisión C(2000) 4881, modificada por C(2003) 4103, ambas no publicadas.

⁴DO L 355 de 30.12.2002, p. 35.

propuestas de acción indirecta de IDT, con supeditación a las condiciones que se establecen en las normas de participación y en la convocatoria correspondiente.

Las condiciones de participación de los proponentes se verificarán en el marco de la negociación de la acción indirecta de IDT. No obstante, los proponentes deberán haber firmado previamente una declaración en el sentido de que ninguno de los casos mencionados en el apartado 1 del artículo 93 del Reglamento financiero es el suyo. Deberán asimismo haber facilitado a la Comisión la información enumerada en el apartado 2 del artículo 173 del Reglamento de la Comisión (CE, Euratom) nº 2342/2002, de 23 de diciembre 2002, sobre normas de desarrollo del Reglamento (CE, Euratom) nº 1605/2002 del Consejo, por el que se aprueba el Reglamento financiero aplicable al presupuesto general de las Comunidades Europeas*.

La Comunidad Europea ha adoptado una política de igualdad de oportunidades en virtud de la cual se alienta especialmente a las mujeres a presentar por sí mismas propuestas de acción indirecta de IDT o bien a participar en la presentación de estas propuestas.

4. La Comisión publica unas "guías del proponente" acerca de las propuestas, en las que se da la información necesaria sobre cada instrumento, para la preparación y la presentación de propuestas de acción indirecta de IDT. Estas guías, así como el programa de trabajo, las líneas directrices y demás información acerca de las convocatorias pueden obtenerse en una de las siguientes direcciones de la Comisión:

Comisión Europea
Euratom FP6 Información Desk
Dirección General de Investigación
B-1949 Bruselas
Correo electrónico:
rtd-euratom@cec.eu.int
Dirección en Internet:
www.cordis.lu/fp6

5. Se invita a los proponentes a preparar sus propuestas de acción indirecta de IDT preferentemente en formato electrónico por medio del sistema electrónico de presentación de propuestas (SEPP) que permite preparar las propuestas *fuera de línea* o *en línea* y presentarlas *en línea*. Las propuestas redactadas en la versión *fuera de línea* del SEPP pueden alternativamente presentarse en CD-Rom o en disquete acompañadas de un ejemplar impreso en papel.

El acceso al sistema mencionado se efectúa a partir del sitio Cordis <http://www.cordis.lu>

Las propuestas de acción indirecta de IDT también pueden prepararse y presentarse en papel por medio del formulario distribuido con la guía del proponente.

6. Las propuestas de acción indirecta de IDT presentadas en CD-Rom, disquete o papel deberán llegar a la dirección de la Comisión indicada a continuación especificando lo siguiente:

"FP6 – Research Proposals"
(Referencia de la convocatoria:
Convocatoria Euratom 2004 – Plazo fijo)
Comisión Europea
B-1049 Bruselas

Las presentadas directamente o a través de representantes (incluidas las empresas privadas de mensajería) deberán entregarse en la dirección de la Comisión indicada a continuación especificando lo siguiente:

"FP6 – Research Proposals"
(Referencia de la convocatoria:
Convocatoria Euratom
2004 – Plazo fijo)
Comisión Europea
Rue de Genève, 1
B-1140 Bruselas

Las propuestas de acción indirecta de IDT podrán presentarse en línea a través del sitio web de Cordis www.cordis.lu

Las propuestas de acción indi-

recta de IDT que se presentan en CD-Rom o en disquete que estén incompletas⁶ o ilegibles⁷ o que contengan virus quedarán excluidas si no se ha facilitado asimismo la versión completa en papel correspondiente.

Las propuestas de acción indirecta de IDT presentadas en línea que estén incompletas⁸ o ilegibles⁹ o que contengan virus quedarán excluidas.

Las propuestas de acción indirecta de IDT presentadas en papel que estén incompletas¹⁰, quedarán excluidas.

Las propuestas de acción indirecta de IDT presentadas por correo electrónico¹¹ o fax quedarán excluidas.

7. Las propuestas de acción indirecta de IDT deberán llegar a la Comisión como muy tarde el día de la fecha de cierre y a la hora especificada en la convocatoria de que se trate. Las propuestas de acción indirecta de IDT recibidas después de esa fecha y esa hora quedarán descartadas.

Las propuestas de acción indirecta IDT que no cumplan las condiciones relativas al número mínimo de participantes indicado en la convocatoria quedarán descartadas.

Será, asimismo, motivo de exclusión el incumplimiento de cualesquiera otros criterios de admisión adicionales especificados en el programa de trabajo.

8. Cuando se presente una misma propuesta varias veces de forma sucesiva para una acción indirecta de IDT, la Comisión examinará la última versión recibida antes de la

⁶Todas las propuestas de acción indirecta de IDT deberán constar de dos partes: los impresos (Parte A) y el contenido (Parte B).

⁷Las propuestas de acción indirecta de IDT deberán presentarse en los formatos pdf (versión 3 o superior con fuentes incrustadas) o rtf.

⁸Véase la nota a pie de página 8.

⁹Véase la nota a pie de página 9.

¹⁰Véase la nota a pie de página 8.

¹¹Esto no afecta a las propuestas de acción indirecta de IDT presentadas en línea.

*DO L 248 de 16.09.2002, p. 1.

¹²DO L 357 de 31.12.2002, p. 1.

Los usuarios de empresas de servicios de mensajería que soliciten el número de teléfono del destinatario deberán dar el número siguiente: (32-2) 295 58 75 (Sr. J.C. Debouvere).

fecha de cierre y de la hora especificada en la convocatoria.

En el caso en que una misma propuesta de acción indirecta de IDT se presente en papel y en formato electrónico (CD-Rom, disquete, en línea), la Comisión examinará solamente el texto presentado en formato electrónico.

9. Si así lo prevé la convocatoria pertinente, las propuestas de acción indirecta de IDT podrían aceptarse en el marco de una evaluación futura.

10. Se ruega a los proponentes que citen la referencia de la convocatoria de que se trate en toda correspondencia relativa a la misma (por ejemplo, para solicitar información o para presentar una propuesta de acción indirecta de IDT).

ANEXO

Convocatoria Euratom 2004

1. Programa Específico: Programa Euratom de investigación y formación sobre energía nuclear.

2. Actividades: Prioridades temáticas. Gestión de residuos radiactivos y protección contra las radiaciones, y otras actividades en el ámbito de las tecnologías y la seguridad nucleares.

3. Título: Convocatoria temática "Programa Euratom de investigación y formación sobre energía nuclear".

4. Referencia de la convocatoria: Convocatoria Euratom 2004 (plazo fijo).

5. Fecha de publicación¹⁴: 14 de noviembre de 2003.

6. Fecha(s) de cierre¹⁵: 14 de abril de 2004 a las 17 horas (hora local de Bruselas).

7. Presupuesto indicativo total: 61 millones EUR.

Tabla 1.

Campo	Tema	Instrumento ⁽¹⁾
3.2.1. Almacenamiento geológico	NUWASTE-2004-3.2.1.1-1	PI
3.2.2. Separación y transmutación y otros conceptos para producir menos residuos en la generación de energía nuclear	NUWASTE-2004-3.2.2.1-2	PI
3.3.1. Cuantificación de los riesgos provocados por exposiciones prolongadas a bajas dosis	RAD PROT-2004-3.3.1.1-1	PI
	RAD PROT-2004-3.3.1.1-2	PEIF
3.3.2. Exposiciones médicas y fuentes naturales de radiación	RAD PROT-2004-3.3.2.1-1	AC
3.3.3. Protección del medio ambiente y radioecología	RAD PROT-2004-3.3.3.1-1	AC
3.3.4. Gestión de riesgos y emergencias	RAD PROT-2004-3.3.4.1-1	PEIF
3.3.5. Protección en el puesto de trabajo	RAD PROT-2004-3.3.5.1-1	AC
3.4.1. Conceptos innovadores	NUCTECH-2004-3.4.1.1-1	PI
	NUCTECH-2004-3.4.1.1-2	PEIF
	NUCTECH-2004-3.4.1.1-3	PEIF
3.4.2. Educación y formación	NUCTECH-2004-3.4.2.1-1	AC
3.4.3. Seguridad de las actuales instalaciones nucleares	NUCTECH-2004-3.4.3.1-1	PI o PEIF
	NUCTECH-2004-3.4.3.1-2	AC

⁽¹⁾PI = proyecto integrado; RE = red de excelencia; PEIF = proyecto específico de investigación focalizado; AC = acción de coordinación.

Tabla 2.

Instrumento	Número mínimo de participantes
PI	Tres entidades jurídicas independientes de tres EM o EA diferentes, con al menos dos EM o PCA.
PEIF o AC	Dos entidades jurídicas independientes de dos EM o EA, con al menos un EM o PCA.

8. Campos objeto de la convocatoria e instrumentos (tabla 1).

9. Número mínimo de participantes¹⁶ (tabla 2).

10. Restricciones a la participación: Se excluye la participación de algunos terceros países (véase la sección 4 de programa de trabajo).

11. Acuerdos de consorcio: Los participantes en PI, PEIF y AC derivadas de la presente convocatoria están obligados a suscribir un acuerdo de consorcio.

12. Procedimiento de evaluación:

– La evaluación seguirá un procedimiento en una sola etapa.

– Las propuestas no se evaluarán de manera anónima.

13. Criterios de evaluación: en el anexo IV del programa de trabajo se dan los criterios de evaluación para los diferentes instrumentos, junto con la ponderación y el mínimo de cada criterio, y del mínimo total.

14. Calendario indicativo de la evaluación y de los contratos: Resultados de la evaluación: se prevé que estén disponibles en un plazo de tres meses a partir de la fecha de cierre.

Celebración de los primeros contratos, se prevé que los primeros contratos relacionados con esta convocatoria entren en vigor antes de finales de 2004. 

¹⁴El Director General responsable de la presente convocatoria puede publicarla hasta un mes antes o un mes después de la fecha de publicación prevista.

¹⁵Cuando se adelante o se atrase la fecha de publicación (véase la nota anterior), se ajustará(n) según proceda la(s) fecha(s) de cierre.

¹⁶EM=Estado miembro de la UE; EA= Estado asociado (incluidos los PCA); PCA = Países candidatos a la adhesión. Toda entidad jurídica establecida en un Estado miembro o un Estado asociado y que cuenta con el número de participantes exigido puede ser participante único en una acción indirecta.

Grandes figuras de la ciencia nuclear y radiactiva

Cockcroft y Walton. Premio Nobel de Física (1951)

En 1951, el Premio Nobel de Física fue compartido por los investigadores John Douglas Cockcroft (1897-1969) y Ernest Thomas Sinton Walton

(1903-1995), por su trabajo pionero sobre la transmutación de los núcleos atómicos por la aceleración artificial de partículas atómicas.

Durante la lectura de presentación del premio por parte del profesor Waller, miembro del Comité del Nobel de Física, éste alabó sus descubrimientos, y reconoció que constituyeron un importante hito en la investigación nuclear ya que, a principios del siglo XX, los estudios sobre las sustancias naturalmente radiactivas habían mostrado que su propiedad de emitir radiaciones estaba conectada con la transmutación espontánea de sus átomos, pero no parecía posible que el hombre tuviera la posibilidad de influir en estos procesos.

John Douglas Cockcroft nació en Todmorden, Inglaterra, en 1897, en una familia de fabricantes de algodón. Inició sus estudios en la Escuela Secundaria de Todmorden y posteriormente estudió Matemáticas en la Universidad de Manchester, siendo alumno de Horace Lamb entre 1914 y 1915.

Después de servir en el Real Cuerpo de Artillería en la Primera Guerra Mundial, volvió a Manchester para estudiar Ingeniería eléctrica en el *College of Technology*, dirigido por Miles Walker. Después de dos años como becario en la compañía eléctrica *Metropoli-*



Figura 1. John Douglas Cockcroft.

tan Vickers, se trasladó a Cambridge para completar su formación matemática en el *Saint John's College*, hasta 1924.

En esta fecha comenzó una de las etapas de investigación más apasionantes de su vida, en el *Laboratorio Cavendish*, dirigido entonces por Rutherford. Al principio colaboró con Kapitsa en la producción de campos magnéticos intensos y bajas temperaturas. Pero tras cuatro años, en 1928, cambió su campo de estudio para trabajar en la aceleración de protones mediante altos voltajes, proyecto al que no



Figura 2. E. Thomas Sinton Walton.

tardó en unirse Ernest T.S. Walton. En 1932, consiguieron la transmutación del litio y el boro mediante la aplicación de protones de alta energía, lo que casi veinte años más tarde les valió la concesión del Premio Nobel de Física.

En septiembre de 1939 fue nombrado, durante el tiempo que duró la guerra, subdirector de Investigación Científica en el Ministerio de Abastecimiento y comenzó a observar la aplicación de los radares de costa y a los problemas de la defensa aérea. Fue miembro de la *Misión Tizard* de Estados Unidos durante el otoño

de 1940, tras lo cual dirigió el Departamento de Defensa Aérea para la Investigación y el Desarrollo, donde pasó los siguientes cuatro años.

En 1944 se trasladó a Canadá para hacerse cargo del Proyecto canadiense de Energía Atómica y llegar a ser poco después director de los *Laboratorios de Montreal y Chalk River* hasta 1946, año de su regreso a Inglaterra como director del Departamento de Investigación sobre Energía Atómica, en Harwell.

Durante el periodo 1954-1959 fue investigador científico como miembro de la Autoridad de Energía Atómica Británica, y a partir de esta fecha desempeñó cargos directivos en el *Churchill College* y en la Universidad Nacional Australiana, en Canberra.

Fue presidente del Instituto de Física, de la Sociedad Física y de la Asociación Británica para el Desarrollo de las Ciencias, y recibió el título de *Doctor Honoris Causa* por parte de hasta 19 universidades además de haber sido miembro de las principales sociedades científicas de todo el mundo. John D. Cockcroft murió en 1969.

Ernest Thomas Sinton Walton nació en Dungarvan, condado de Waterford, en la costa sur de Irlanda, en 1903. Era hijo de un pastor metodista al que su ministerio le exigía numerosos cambios de residencia, por lo que asistió a las escuelas de día en Banbridge y Cookstown, hasta que fue becado en 1915 en el Colegio Metodista de Belfast, donde pudo mostrar sus aptitudes para las Matemáticas y las ciencias. En 1922 obtuvo una nueva beca para ingresar en el *Trinity College*, en Dublín. Obtuvo las

calificaciones necesarias para ingresar en los cursos especiales de Matemáticas y Ciencias Experimentales, y de especialización en el estudio de la Física, y se graduó en 1926 con matrícula de honor en ambas disciplinas.

En 1927 recibió una nueva beca, en este caso por parte de los Comisionados Reales de la Exposición de 1851 y se trasladó a la Universi-

aparat que hizo posible mostrar que diversos elementos ligeros podían ser desintegrados mediante el bombardeo rápido de protones. Fueron los responsables directos de la primera vez que se consiguió desintegrar el núcleo de los átomos de litio con un bombardeo de protones acelerados, y de identificar los resultados de esta desintegración, como los núcleos de helio.

Walton continuó en Cambridge después de recibir el Premio Senior de Investigación del Departamento de Investigación Científica e Industrial en 1930, y doctorarse en 1931.

Fue experto del *Maxwell Clerk* desde 1932 a 1934, año en el que volvió al Trinity College, en Dublín, como miembro, donde tras 23 años fue elegido Miembro de Honor.

El profesor Walton desarrolló innumerables actividades fuera de su labor académica, y formó parte en diversos comités del Instituto para Estudios Avanzados de Dublín, el Instituto para Investigación Industrial y Normativa, el Hospital de la Real Ciudad de Dublín, la Real Academia Irlandesa, la Real Sociedad de Dublín, el *Wesley College*, en Dublín, y otros muchos

relacionados con la Iglesia y el Gobierno y escribió numerosos artículos en las publicaciones de las más reconocidas sociedades científicas, particularmente sobre los temas de hidrodinámica, física nuclear, y microondas.

En 1938 le fue concedida la Medalla Hughes, conjuntamente con John Cockcroft, por la Real Sociedad de Londres, y en 1959 fue nombrado *Doctor Honoris Causa* por la Universidad de la Reina, en Belfast. Ernest T. S. Walton murió en 1995. ☼



Figura 2. Generador eléctrico de tipo Cockcroft y Walton.

dad de Cambridge para trabajar en el *Laboratorio Cavendish*, a las órdenes de Rutherford. Las primeras investigaciones de Walton en el *Laboratorio Cavendish* se centraron en los métodos indirectos para producir partículas rápidas, trabajando en el acelerador lineal y sobre lo que luego llegó a ser conocido como el *betatrón*, y continuó con la investigación sobre el método directo de producir partículas rápidas mediante el uso de altos voltajes, junto con Cockcroft. Entre los dos consiguieron diseñar un

Actualidad

- Centrales nucleares • Acuerdos del Consejo • Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento • Actuaciones en emergencias • Instalaciones radiactivas • Protección física •

► CENTRALES NUCLEARES

La información se refiere a los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2003

Almaraz

En lo que se refiere a la unidad I, la central ha realizado, durante el mes de octubre, entre los días 5 y 27, la decimosexta parada de recarga de combustible.

No se han producido incidencias significativas durante la recarga.

Cabe destacar que la unidad I venía operando acoplada a la red desde el mes de septiembre de 2002, lo que ha supuesto un total de 392 días acoplada, el tercer periodo más largo alcanzado en la unidad.

La principal novedad ha sido la instalación de un nuevo sistema de medida de caudal de agua de alimentación mediante ultrasonidos, acompañado de un sistema más preciso de medida de su temperatura, lo que ha permitido reducir en mayor grado la incertidumbre global de la potencia térmica, con lo que se ha conseguido aumentar la misma a 2.729 MWt (equivalente al 101,6%).

El CSN aprobó la correspondiente autorización para el aumento de potencia del 1,6%.

El CSN ha aprobado también para la unidad II la correspondiente autorización para el aumento de potencia del 1,6%, en el mes de diciembre de 2003.



Interior del edificio de contención de la central nuclear de Almaraz.

Ascó

Ambas unidades de la central han estado operando a potencia de manera estable durante todo este periodo, con la salvedad que se expone a continuación.

El día 9 de septiembre, con la unidad I operando al 100% se produjo la caída de una barra de control al fundirse un fusible de la bobina estacionaria que la sujeta. La caída de la barra produjo una reducción de potencia y un desequilibrio de potencia por cuadrantes, por lo que fue necesaria una bajada manual adicional de potencia hasta el 74% para su estabilización y en cumplimiento de lo requerido por las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento. Se sustituyó el fusible dañado y, en prevención, otro del mismo circuito. Se inició el aumento de potencia y cuando se estaba operando al 92% se produjo un nuevo desequilibrio de potencia, obligando a bajar hasta el 86%, potencia que se mantuvo hasta asegurar la estabilización del núcleo. Finalmente, una vez resueltos los problemas se alcanzó la plena potencia de la unidad.

El día 16 de octubre se realizó el simulacro anual de emergencia, con activación de la Sala de Emergencias (SALEM) del CSN y el Centro de Coordinación Operativa de la Subdelegación del Gobierno en Tarragona.

En su reunión del día 10 de septiembre, el Consejo informó favorablemente las revisiones 71 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de ambas unidades.

En su reunión del día 9 de octubre, el Consejo informó favorablemente las revisiones 72 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de ambas unidades.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el RD 158/1995 sobre protección física de materiales nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado seis inspecciones durante este periodo.

Cofrentes

Durante este periodo se ha llevado a cabo la 14ª parada de recarga de combustible de la central, que comenzó el 14 de septiembre. Al margen de las propias de toda parada de recarga, en la 14ª recarga se han ejecutado pocas actividades importantes. Los trabajos especiales más significativos fueron:

- Sustitución de una fase del transformador principal.

ACUERDOS DEL CONSEJO

**Acuerdo de Encomienda
CSN/Generalidad de Valencia**

El Consejo ha acordado aprobar, con fecha 10 de septiembre, el Programa y Presupuesto correspondiente al año 2003, del Control del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental de la central nuclear de Cofrentes, y del uso conjunto de la Red Automática de Vigilancia Radiológica Ambiental.

**Descontaminación y limpieza
de las instalaciones de la
empresa recuperadora de
metales Daniel González
Riestra, S.L.**

Con fecha 28 de agosto de 2003 se ha recibido solicitud del Ministerio de Economía del informe preceptivo del CSN sobre propuesta del Plan de Actuación para la limpieza y descontaminación radiactiva de las instalaciones de la empresa Daniel González Riestra, S.L., de Gijón, como conse-

cuencia del incidente de contaminación radiactiva acaecido en la citada empresa con fecha 11 de agosto. El Consejo ha acordado, con fecha 10 de septiembre, informar favorablemente el Plan de Actuación para la descontaminación radiactiva y gestión de residuos presentado por la empresa Daniel González Riestra, S.L.

**Autorización de tasa de fugas
en válvulas de aislamiento de
Cofrentes**

El Consejo ha acordado, con fecha 18 de septiembre, informar favorablemente la modificación de diseño "Aumento de la tasa de fugas de las válvulas de aislamiento de las líneas de vapor principal (MSVI)", así como la revisión número 34 del Estudio de Seguridad y la revisión núm. 5 de las Especificaciones Técnicas Mejoradas Asociadas, todo ello correspondiente a la central nuclear de Cofrentes. El objeto perseguido con el aumento del

límite del caudal de fugas es evitar la superación de dicho límite en las pruebas as found de las válvulas que se realizan cada 18 meses, con las implicaciones que conlleva dicha superación, es decir, revisión y mantenimiento adicional de las válvulas y sus dosis asociadas. Ello es consecuencia de la aplicación de la Regulatory Guide 1.183 de la NRC: Alternative Source Terms for Evaluating Design Basis Accidents at Nuclear Power Reactors. Como resultado de la autorización solicitada, también se ha informado favorablemente la revisión 34 del Estudio de Seguridad y la revisión número 5 de las Especificaciones Técnicas Mejoradas Asociadas.

**Estudios epidemiológicos en
el entorno de las centrales**

El Consejo ha acordado, con fecha 24 de septiembre, promover, junto con la Asociación de

– Modernización (sustitución de componentes internos) de una bomba de recirculación.

– Sustitución de 28 mecanismos de accionamiento de las barras de control, así como de 30 barras de control.

El día 16 de septiembre, tercer día de recarga, como resultado de las pruebas de fugas que se realizan cada recarga, se produjo la superación del caudal límite de fugas a través de las válvulas de aislamiento de vapor principal, establecido en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas. Esta incidencia se ha producido en diversas recargas previas, y es consecuencia de la peculiaridad del diseño de las válvulas instaladas en esta central y en otras centrales de agua en ebullición en todo el mundo. El caudal de fugas obtenido está por debajo del nuevo límite autorizado algunos días después de este suceso.

El día 21 de septiembre, octavo día de la 14ª recarga, se produjo el arranque automático de un generador diesel de emergencia (el correspondiente a la división I), sin llegar a acoplar a la red, junto con las actuaciones de emergencia asociadas, por pérdida



Detalle del parque eléctrico de la central nuclear de Cofrentes.

momentánea de la línea de suministro eléctrico exterior en servicio, debido a una tormenta. Posteriormente, en las actuaciones de recuperación de una línea de suministro eléctrico exterior, se produjo el aislamiento del sistema de evacuación del calor residual, con la consiguiente pérdida de la función de

ACUERDOS DEL CONSEJO (Continuación)

Municipios en áreas con centrales nucleares, AMAC, y el Ministerio de Sanidad y Consumo, la elaboración de la segunda fase de los estudios epidemiológicos realizados en el entorno de las centrales nucleares y publicados en el año 1999.

Situación radiológica de la zona de Palomares

El Consejo ha acordado, con fecha 2 de octubre, que se inicien los trámites precisos ante las instituciones concernidas para que se proceda a las limitaciones de uso de los terrenos afectados.

Clausura del reactor experimental ARGOS

El 2 de octubre de 2003 el Consejo ha informado favorablemente la declaración de clausura del reactor experimental ARGOS de la Universidad Politécnica de Cataluña, cuyo desmantelamiento se ini-

ció en el año 1998. Este es el primer reactor nuclear que se clausurará en España y su emplazamiento quedará de uso libre sin restricciones radiológicas.

Exención de Especificación Técnica de Funcionamiento de Juzbado

Enusa ha solicitado una exención temporal aplicable a la Especificación Técnica 5.3, relativa al sistema de extinción general del sistema de protección contra incendios, motivada por la necesidad de un plazo mayor del establecido para llevar a cabo las reparaciones necesarias para que los elementos del sistema de protección contra incendios puedan entrar en servicio. El Consejo ha acordado, con fecha 8 de octubre, conceder la exención temporal del cumplimiento de la acción 5.3.3.2 de la Especificación Téc-

nica de Funcionamiento 5.3 de la Fábrica de Juzbado y ha impuesto medidas de refuerzo que compensen el riesgo aceptable.

Guía de Seguridad del CSN: GS-1.7

El Consejo ha acordado, con fecha 9 de octubre aprobar la guía de seguridad GS-1.7 "Información a remitir al CSN por los titulares sobre la explotación de las centrales nucleares".

Revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de Almaraz

El Consejo ha acordado, con fecha 22 de octubre, informar favorablemente las revisiones números 71 y 66 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de las unidades I y II, respectivamente, de la central nuclear de Almaraz, que se deben a la inclusión de un

evacuación del calor residual, durante un breve periodo (tres minutos).

El día 16 de octubre se produjo el acoplamiento a la red, con lo que finalizó la 14ª recarga. Su duración fue de 32 días.

El resto de este periodo, la central ha permanecido operando a plena potencia, con la excepción de la parada automática no programada que se produjo el día 5 de noviembre, originada por un disparo de la turbina principal, que generó la señal de parada automática del reactor, por cierre rápido de las válvulas de control de la turbina. El suceso tuvo su origen en la apertura automática de algunas válvulas de alivio/seguridad, debida a perturbaciones eléctricas introducidas a consecuencia de las maniobras de extracción de una unidad de disparo que estaba inoperable.

A partir del día 30 de octubre, a los pocos días del inicio del actual ciclo de operación 15, la central opera con la nueva máxima potencia térmica autorizada de 3.237 MWt, resultante del aumento de potencia por ajuste de caudal de agua de alimentación, que se autorizó en junio de este año. Antes de alcanzar la nueva potencia autorizada, debieron realizarse medidas de vibraciones en tuberías de agua de alimenta-

ción y del sistema de recirculación, de acuerdo con lo requerido en las condiciones de la autorización.

En su reunión del día 10 de septiembre, el Consejo informó favorablemente la carga, operación y almacenamiento (irradiado) de los nuevos combustibles de diseño GNF (GE-14) y Westinghouse-Atom (SVEA-06 Optima2), a introducir en la 14ª recarga, junto con las modificaciones a documentos oficiales de explotación asociadas.

En la misma reunión del día 10 de septiembre, el Consejo informó favorablemente la aplicación de la metodología del término fuente alternativo (basada en el documento USNRC RG 1.183) al análisis de consecuencias radiológicas del accidente de pérdida de refrigerante (LOCA), junto con las modificaciones a documentos oficiales de explotación asociadas.

Asimismo, en dicha reunión del día 10 de septiembre, el Consejo informó favorablemente la actualización de la metodología GIRALDA para diseño y evaluación de recargas (revisión 5 del documento de referencia), junto con las modificaciones a documentos oficiales de explotación asociadas.

También en la reunión del día 10 de septiembre, el Consejo estableció los requisitos de servicios míni-

sistema de detección de incendios en diferentes zonas de fuego que detecta humos por aspiración en torno a los recorridos de las bandejas protegidas por mantas cerámicas. También se incluye la nueva instalación de sensores triaxiales de detección sísmica.

Autorización a Enresa para transportar, tratar, acondicionar y almacenar residuos radiactivos de baja y media actividad conteniendo materiales nucleares

El Consejo ha acordado, con fecha 5 de noviembre, informar favorablemente la solicitud de autorización a Enresa para transportar, tratar, acondicionar y almacenar residuos radiactivos de baja y media actividad conteniendo materiales nucleares, en las instalaciones de El Cabril, por un

periodo de dos años, en el marco del Real Decreto 158/1995.

Prórroga de la autorización sobre protección física de materiales nucleares (Real Decreto 158/1995)

El Consejo, en su reunión del día 5 de diciembre de 2001, informó favorablemente la revisión de la autorización sobre protección física de materiales nucleares de las instalaciones nucleares, así como de la Fábrica de Combustibles de Juzbado y el Ciemat, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 158/1995, de 3 de febrero. Con fecha 12 de diciembre del citado mes y año, el Ministerio de Economía aprobó la citada revisión con vigencia de dos años. Los titulares de las centrales nucleares españolas y de la Fábrica de Combustible de Juzbado y el Ciemat han solicitado la prórroga de las autorizaciones vigentes. El Conse-

jo ha acordado, con fecha 5 de noviembre, informar favorablemente la prórroga de las autorizaciones sobre protección física de materiales nucleares (Real Decreto 158/1995) de las centrales nucleares españolas y de la Fábrica de Combustible de Juzbado y el Ciemat, respectivamente, por un periodo de dos años.

Autorización relativa a los materiales nucleares del centro de almacenamiento de residuos de El Cabril

El 6 de noviembre el CSN informó favorablemente al Ministerio de Economía sobre la solicitud de autorización de ENRESA, dentro del marco del Real Decreto 158/1995 sobre protección física, para transportar, tratar, acondicionar y almacenar residuos radiactivos de baja y media actividad conteniendo materiales nucleares en el centro de almacenamiento El Cabril.

mos, en lo que afecta a las competencias del organismo, durante la huelga intermitente de todo el personal de la central, convocada durante la 14ª recarga. Finalmente, esta huelga fue desconvocada antes de su inicio.

En su reunión del día 18 de septiembre, el Consejo informó favorablemente el aumento del caudal de fugas a través de las válvulas de aislamiento de vapor principal permitido, junto con las modificaciones a documentos oficiales de explotación asociadas.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el Real Decreto 158/1995 sobre Protección Física de Materiales Nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones durante este periodo, cinco de ellas en la central durante la parada de recarga.

José Cabrera

La central ha estado operando a potencia de manera estable hasta el 15 de noviembre en que inició la 27ª parada de recarga.

Las principales actividades previstas para esta recarga son las asociadas al cumplimiento de condicio-



Central nuclear José Cabrera.

nes de la autorización de explotación en vigor o a Instrucciones Técnicas Complementarias impuestas por el CSN asociadas a dichas condiciones. Entre tales actividades, las más importantes son las siguientes:

- Instalación de nuevos motores calificados ambientalmente para las dos bombas de carga.

- Modificaciones en los equipos de Zorita Hidráulica para asegurar su capacidad de soportar el terremoto base de diseño.

- Instalación de válvulas de retención en líneas de inyección de seguridad para el mejor cumplimiento del criterio base de diseño de aislamiento de la barrera de presión.

El día 12 de octubre, durante una prueba manual de válvulas de turbina, para la que se necesita bajar la carga del reactor hasta el 81%, se produjo de forma instantánea e inesperada una bajada de carga hasta el 43%, provocando una ligera superación de algunos límites de operación durante algunos segundos (temperatura media, nivel del presionador y límite inferior de presión del circuito primario). Después del suceso se recuperaron los valores normales de operación de forma inmediata y, tras realizar la evaluación oportuna sin obtener consecuencias para la seguridad, se inició la recuperación de carga hasta los niveles normales.

El día 16 de noviembre, durante el proceso de enfriamiento y en situación de parada para la 27ª recarga de combustible, se produjo un fallo en la señal de nivel de agua en el generador de vapor que ocasionó la parada de alimentación de agua al mismo. Se arrancó manualmente el agua de alimentación, se analizó la causa del fallo de la señal de nivel y se continuaron las operaciones de recarga.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el RD 158/1995 sobre protección física de materiales nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado seis inspecciones durante este periodo.

Santa María de Garoña

La central ha operado durante estos meses a plena potencia de forma estable, salvo los días 28 y 29 de septiembre que hizo una bajada programada de carga hasta el 65% para cambiar la secuencia de las barras de control y algunas actividades menores de mantenimiento.

En su reunión del día 10 de septiembre, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 17 del Reglamento de Funcionamiento.

En su reunión del día 22 de octubre, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 7 del Plan de Emergencia Interior.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el Real Decreto 158/1995 sobre protección física de materiales nucleares.

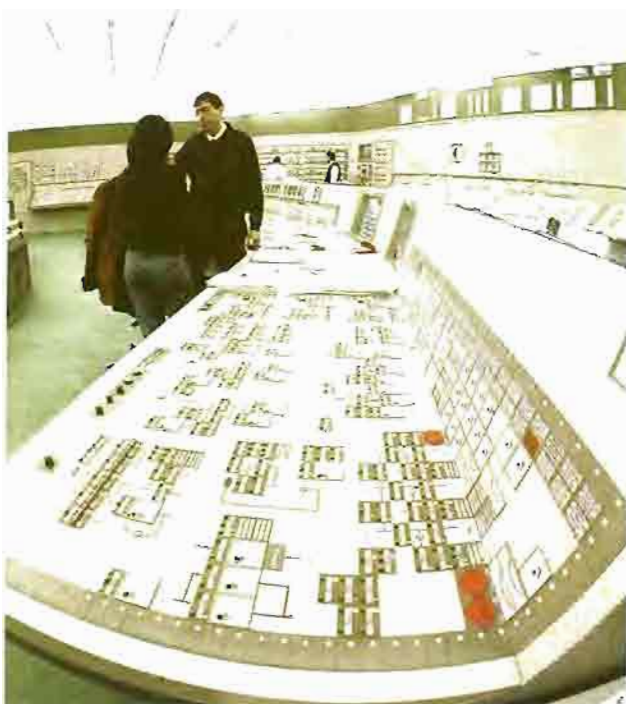
En su reunión del día 12 de noviembre, el Consejo de Seguridad Nuclear apreció favorablemente Análisis Probabilista de Seguridad a potencia de la central.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado tres inspecciones durante este periodo.

Trillo

La central ha estado operando a potencia de manera estable durante este periodo.

En su reunión del día 29 de octubre, el Consejo informó desfavorablemente la propuesta de modificación de la Especificación de Funcionamiento 4.10.6 *Instrumentación Nuclear*.



Detalle de la sala de control de la central nuclear de Trillo.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el Real Decreto 158/1995 sobre protección física de materiales nucleares.

En su reunión del día 20 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la revisión número 17 de las Especificaciones de Funcionamiento.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones durante este periodo.

Vandellós II

La central ha operado de forma estable a potencia hasta el día 6 de septiembre que se paró para efectuar su 13ª parada de recarga. El día 31 de septiembre se conectó de nuevo a la red y desde entonces ha funcionado de forma estable a potencia.

Al margen de las actividades propias de toda recarga: sustitución de combustible nuclear, inspección en servicio, actividades importantes de mantenimiento, etc., esta recarga ha tenido muy pocas actividades especiales de importancia. Por mencionar algunas, pueden citarse las siguientes:

- Sustitución de los conmutadores que producen la inyección de seguridad desde sala de control y panel de parada remota por un nuevo tipo de conmutador en



Sala de control de la central nuclear Vandellós II.

sala de control y un pulsador en panel de parada remota que hagan más fiable su actuación en caso de accidente.

- Modificación de los puntos de tarado en la presión del actuador de cada válvula de aislamiento de vapor principal, a fin de mejorar la fiabilidad de su actuación.

- Incremento de la cantidad de fosfato trisódico almacenado en el recinto de contención a fin de asegurar que, en caso de accidente con pérdida de refrigerante, se mantenga el pH del refrigerante del reactor dentro de valores correctos.

El 7 de noviembre, con la planta operando a plena potencia, se produjo el arranque del tren B del Sistema de Agua Enfriada Esencial, sin que fuera necesario, debido a un fallo en un indicador de temperatura. Una vez comprobadas las causas, se paró dicho tren B y se reparó el indicador de temperatura. La planta permaneció en todo momento funcionando con normalidad.

El día 11 de noviembre, estando la planta a plena potencia, hubo arranque automático y acoplamiento a su barra eléctrica del generador diesel de emergencia A. La causa fue la pérdida de una de las líneas de suministro eléctrico exterior (de 220kV) a la central, durante cinco segundos, debido a inestabilidades de la red eléctrica provocadas por una tormenta. Una vez estabilizado el transitorio de las líneas eléctricas exteriores se retornó a la alimentación eléctrica normal y se paró el generador diesel.

En su reunión del día 24 de septiembre, el Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la revisión 47 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

En su reunión del día 5 de noviembre, el Consejo informó favorablemente la prórroga a la autorización requerida por el Real Decreto 158/1995 sobre protección física de materiales nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones durante este periodo.

► INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

Centro de almacenamiento de residuos de El Cabril

Enresa está llevando a cabo un programa de actividades en la red de control de infiltraciones de las celdas de almacenamiento de El Cabril para determinar el origen del agua encontrada en el recipiente de control de la celda número 16. Enresa presentó un plan de actuación cuya ejecución está siguiendo el CSN.

Durante este periodo se realizaron cuatro inspecciones en relación con:

- La prueba de la red de control de infiltraciones (RCI) de la plataforma sur y ejecución de las actividades de cierre de la celda N-10.
- La protección física.
- Las pruebas del sistema de protección contra incendios y del sistema de ventilación controlada del recinto de manipulación y trituración de residuos asimilables a áridos.

Ciemat

Han progresado las tareas de caracterización radiológica y rehabilitación incluidas en el PIMIC; el CSN ha efectuado el seguimiento y control de estas actividades y de las instalaciones operativas y paradas del centro. Durante el proceso de evaluación del proyecto de desmantelamiento de instalaciones, el CSN ha remitido al Ciemat diversas solicitudes de información complementaria sobre la documentación presentada.

En el transcurso del año actual se han realizado 24 inspecciones de control a las instalaciones en operación, las paradas y las incluidas en el proyecto de desmantelamiento.

Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)

Durante este periodo ha continuado el seguimiento del Programa de Vigilancia y Mantenimiento del Emplazamiento.

En el transcurso del año actual se han realizado cinco inspecciones de control, cuatro sobre el cumplimiento del citado programa y una sobre el programa de vigilancia radiológica ambiental.

Planta Lobo G de la Haba (Badajoz)

Ha continuado el seguimiento del Programa de Vigilancia y Control del Emplazamiento, establecido para

ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

Sucesos notificables

Desde la publicación del último número de la revista, el Consejo de Seguridad Nuclear, siguiendo el procedimiento reglamentario y a través de su sala de emergencias, ha recibido la notificación de un total de 16 informes sobre sucesos relacionados con la explotación de las centrales nucleares españolas, clasificados como informes sobre sucesos notificables en una o en 24 horas de acuerdo con la Guía de Seguridad GS- 1.6 del Organismo. Cuatro corresponden a la central nuclear de Almaraz, cuatro a la central nuclear de Ascó, cuatro a la central nuclear de Cofrentes, uno a la central nuclear José Cabrera y tres a la central nuclear de Vandellós II.

Incidentes radiológicos

Desde la publicación del último número de la revista, el Consejo de Seguridad Nuclear, a través de su sala de emergencias ha recibido la notificación de un total de dos incidentes radiológicos de

cierta significación, uno de ellos relacionado con la localización de material radiactivo en una aceria de Sestao (Vizcaya) y otro con la sustracción de dos equipos radiactivos utilizados para la medida de densidad y humedad en suelos.

El primer incidente fue notificado a la Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear el día 15 de septiembre de 2003, al detectarse niveles anormales de radiación en el polvo de humo transportado por un camión, en el pódico de salida de la aceria. Los controles radiológicos realizados por el CSN, al día siguiente de la notificación, es decir el día 16 de septiembre, indican la presencia de radiactividad en uno de los silos de almacenamiento de polvo de la aceria, en una línea de extracción que conduce al silo mencionado y en el camión que transportaba el polvo de humo. El día 22 de septiembre el CSN recibió un plan de recuperación y limpieza propuesto por la aceria. A par-

tir de ese momento comenzaron las operaciones de limpieza bajo la supervisión del CSN.

El segundo incidente, notificado el día 3 de noviembre de 2003 está relacionado con la sustracción de tres equipos Troxler utilizados en la medida de densidad y humedad de suelos de una empresa dedicada al control de calidad de obras, ubicada en el provincia de Tarragona. El mismo día, el CSN emitió una nota de prensa informando sobre los riesgos derivados de una potencial manipulación incorrecta de dichos equipos. El día 6 de noviembre, la empresa dedicada al control de calidad de obras informó al CSN de la recuperación de los equipos sustraídos en condiciones de seguridad.

Ejercicios y simulacros

Durante el periodo informado han tenido lugar los simulacros anuales interiores de emergencia correspondientes a las centrales nucleares de Almaraz y de Ascó, respectivamente.

el periodo de cumplimiento, que se ha prorrogado hasta el 30 de junio de 2004 por resolución ministerial.

En el transcurso del año actual se han realizado tres inspecciones de control, dos sobre el cumplimiento del citado programa y una sobre el programa de vigilancia radiológica ambiental.

Centro minero de Saelices el Chico (Salamanca)

En el Centro minero de Saelices están emplazadas las plantas de fabricación de concentrados de uranio: Quercus y Elefante, así como las minas de uranio.

La planta Quercus se encuentra en situación de parada definitiva desde el 14 de julio de 2003. Continúa el tratamiento de los efluentes líquidos (aguas de corta y líquidos sobrenadantes del Dique de Estériles) para su acondicionamiento y vertido, así como la reducción del contenido de uranio de las soluciones orgánicas remanentes de las Secciones de Extracción y Reextracción.

La planta Elefante se encuentra en fase de des-



Planta Quercus.

mantelamiento. Continúa la construcción de la capa de protección contra la emisión de radón y de la capa de protección contra la erosión que se coloca sobre

El día 25 de septiembre de 2003, entre las 11:25 y las 14:30 horas tuvo lugar el preceptivo simulacro interior anual de emergencia de la central nuclear de Almaraz, con los siguientes supuestos: Incendio en edificio de turbinas, afectando al suministro eléctrico de compresores de aire; Alerta de emergencia; fuga de circuito primario a secundario por rotura de tubos del generador de vapor y pérdida de alimentación eléctrica exterior; Emergencia en el emplazamiento; fallo al cierre de una válvula de alivio del presionador; Emergencia General; apertura de las válvulas de inyección de seguridad, reclasificación a emergencia del emplazamiento y fin de simulacro.

El día 16 de octubre de 2003, entre las 09:30 y las 12:44, tuvo lugar el preceptivo simulacro de emergencia interior de la central nuclear Ascó, unidad II, considerando los siguientes supuestos: pérdida total de suministro eléctrico exterior; Pre-alerta de emergencia; fuga de vapor en tubos de generadores de vapor; Alerta de emergencia; rotura súbita de los tubos de los dos generadores de vapor; Emergencia en el emplazamiento; aislamiento de fuga e igualación de presiones en los generadores de vapor; Alerta de emergencia; declaración y confirmación de incendio en el transformador auxiliar de arranque número 2; extinción del incendio, recuperación de alimentación eléctrica exterior y declaración de fin de simulacro.

la capa de protección contra la emisión de radón.

En el transcurso del año actual se han realizado diez inspecciones de control al Centro de Saelices, cinco a la planta Elefante y cinco a la planta Quercus.

El nuevo "Proyecto de restauración definitiva de las explotaciones mineras de Enusa en Saelices el Chico" se encuentra en fase de evaluación en el CSN.

Central nuclear Vandellós I

El Plan de desmantelamiento y clausura de la central está finalizando. El titular ha procedido a revisar la documentación presentada para la fase de latencia con objeto de adecuarla a las instrucciones remitidas por el CSN y a las nuevas modificaciones relacionadas con el emplazamiento y el almacén de residuos ATOC. Por otra parte, el CSN continúa con la evaluación del plan de restauración del emplazamiento con vistas a su liberación parcial.

En el transcurso del año actual se han realizado 19 inspecciones de control a la instalación.



Desmontaje de la central nuclear Vandellós I.

Fábrica de combustible de Juzbado

Durante el periodo comprendido entre el 20 de septiembre y el 20 de noviembre de 2003, la instalación ha funcionado sin incidencias operativas y se han aprobado por el Consejo los siguientes documentos oficiales de explotación y modificaciones de diseño o de las condiciones de operación:

- Exención temporal del cumplimiento de la acción 5.3.3.2 de la Especificación de Funcionamiento 5.3 *Sistema de extinción general*. El Consejo del ocho de octubre de 2003 propuso su informe favorable.

- El 9 de octubre de 2003, el titular ha editado la revisión 20 de las Especificaciones de Funcionamiento, informadas favorablemente por el Consejo del 15 de julio de 2003.

- El 9 de octubre de 2003 el titular ha editado la revisión 15 del Reglamento de funcionamiento informado favorablemente por el Consejo del 15 de julio de 2003.

- El 13 de noviembre de 2003 el titular ha editado la revisión 4 de su Estudio de Criticidad aceptado por la DSN el 30-10-03, que implicará la revisión del capítulo 7 del Estudio de Seguridad.

El Consejo ha realizado las siguientes inspecciones:

- Protección del público. Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental.

- Protección física.

- Prueba de impermeabilización y drenaje de la cubierta de la nave de fabricación.

Las dos primeras pertenecen al Programa Base de Inspección.

Las actividades reguladoras más significativas durante este periodo han sido:

- Se ha autorizado por el Consejo del 6 de noviembre de 2003 la Prórroga de Autorización para el ejercicio de las actividades contempladas en el Real Decreto 158/1995, sobre Protección Física de materiales nucleares.

– Ha concluido la evaluación de la revisión 19 del Estudio de Seguridad, para revisar el Análisis de Accidentes incorporando los nuevos factores de conversión de dosis del RPSCRI y para modificar las hipótesis de algunos accidentes. La solicitud será dictaminada por el Consejo del 7 de enero de 2004.

– Ha continuado la evaluación de la adaptación de la metodología de efluentes y PVRA al modelo de las centrales nucleares. El titular ha enviado para su aprobación por la DGPEM la correspondiente propuesta de revisión de las Especificaciones de Funcionamiento y del Estudio de Seguridad Asociada, para recoger la nueva metodología (capítulos 4, 6 y 12 de las Especificaciones de Funcionamiento) y el Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (capítulo 9 del Estudio de Seguridad).

– En este periodo han concluido los exámenes de Licencia de dos nuevos operadores y de la ampliación de la Licencia de ocho operadores de zona mecánica, todos los aspirantes superaron las pruebas, si bien el tribunal de licencias, ha propuesto un Plan de Formación Complementario, que permita resolver discrepancias detectadas entre la formación requerida en el Reglamento de Funcionamiento y el Plan de Formación impartido.

– Se ha aceptado el retorno a la fábrica de Juzbado, por un tiempo limitado, de cenizas procedentes del tratamiento de acondicionado por el operador externo Studsvik Radwaste de Suecia, hasta que se cumplan los criterios establecidos para su gestión definitiva por Enresa.

– El titular ha remitido para su evaluación la revisión 3 del Manual de gestión de calidad, en al que se introducen aspectos del nuevo RINR, norma UNE

73-401 y el asunto de la firma electrónica de documentos.

– Se ha presentado para su aprobación una propuesta de Programa de plan de vigilancia radiológica ambiental.

– El 13 de octubre de 2003 tomó posesión de su puesto en la sede el nuevo jefe de proyecto de la fábrica de Juzbado.

► INSTALACIONES RADIATIVAS

Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas

Entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2003 el CSN ha realizado las siguientes actuaciones relativas a instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas: 11 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones, 64 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas y diez informes para declaración de clausura; diez informes para la autorización de retirada de material radiactivo; tres informes para autorizaciones de Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico, dos informes de autorización de Unidades Técnicas de Protección Radiológica, tres informes relativos a Aprobación de Tipo de aparatos radiactivos, homologación de 17 cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal y un informe para autorización de otras actividades reguladas según el artículo 74 del RINR.

Acciones coercitivas adoptadas sobre instalaciones radiactivas

En el periodo comprendido entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2003 el CSN ha remitido 16 apercibimientos a instalaciones radiactivas y actividades conexas, de ellos 11 se han dirigido a instalaciones industriales, dos a instalaciones de investigación y docencia, uno a una instalación de rayos X de radiodiagnóstico médico y uno a una entidad no autorizada. Asimismo se ha remitido un apercibimiento a una Unidad Técnica de Protección Radiológica.

Instrucción Técnica a Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos X con fines de diagnóstico médico

El CSN ha remitido una Instrucción Técnica a las Empresas de Venta y Asistencia Técnica de equipos de rayos X en las que, de acuerdo con su autorización, pueden realizar actividades que implican la operación de equipos en sus dependencias, indicándoles que dichas actividades suponen la necesidad de solicitar autorización como instalación radiactiva.



Vista parcial de la Fábrica de combustible de Juzbado.

Conferencia Internacional sobre Infraestructuras Nacionales para la Seguridad Radiológica

La conferencia, organizada por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) con la cooperación de la Organización Mundial de la Salud (WHO), Organización Internacional del Trabajo (ILO), Unión Europea y OCDE, tuvo lugar los días 1 a 5 de septiembre en Rabat, Marruecos, actuando como anfitrión el Gobierno de Marruecos y la Universidad Mohamed V. Agdal, en cuyas dependencias se celebraron las sesiones.

Asistieron a la conferencia 330 participantes de 111 países, así como representantes de la Comisión Europea, OIEA, IRPA, OCDE/NEA, PAHO y WHO.



Sede del Organismo Internacional de la Energía Atómica (Viena).

El objetivo de la conferencia fue determinar los elementos esenciales que deben integrar una adecuada infraestructura para seguridad y protección radiológica en cada país, definir los aspectos científicos y técnicos que deben quedar cubiertos por esa infraestructura e identificar las líneas de cooperación internacional que, bajo el liderazgo del OIEA pueden contribuir al desarrollo de esas infraestructuras en aquellos países que carecen de ella o se encuentran desarrollándolas.

PROTECCIÓN FÍSICA

Actuaciones

El vicepresidente del Consejo de Seguridad Nuclear, la consejera Paloma Sendín, el director técnico de Protección Radiológica y técnicos del Consejo de Seguridad Nuclear han realizado una visita a cada central nuclear para conocer de primera mano los mejoras de los sistemas, procedimientos y servicios de seguridad física de cada instalación. A la visita han asistido también representantes de la Secretaría de Estado de Seguridad, de la Guardia Civil, del Cuerpo Nacional de Policía y de las Delegaciones y Subdelegaciones del Gobierno de las provincias nucleares. Durante la visita se presentaron los planes de seguridad física nacionales, provinciales e internos de cada central, y se visitaron las instalaciones que han sido objeto de mejora.

El Grupo Operativo del Plan de Mejora de la Seguridad Física ha completado el documento técnico que recoge los criterios aplicables al diseño, implantación y operación de los planes de seguridad física de cada instalación nuclear. Para ello el CSN ha mantenido una serie de reuniones con la Secretaría de Estado de Seguridad, el Ministerio de Economía, con los titulares de las centrales y de las demás instalaciones nucleares, para adaptar el Modelo Integrado de Seguridad a estas instalaciones, para consensuar el documento técnico antes de someterlo a la aprobación de las autoridades correspondientes.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha informado favorablemente la renovación de las autorizaciones para la posesión, almacenamiento y manipulación de material nuclear a los titulares de las instalaciones nucleares, que debe ser renovada en diciembre por el Ministerio de Economía en cumplimiento del Real Decreto 158/1995 sobre protección física de los materiales nucleares.

Se han iniciado contactos entre el Consejo de Seguridad Nuclear y el OIEA para abrir una línea de colaboración específica en materia de seguridad física.

En septiembre se mantuvo una reunión con la Dirección de Aduanas de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, y la Embajada y el Departamento de Energía de los Estados Unidos para que éste presentase la *Iniciativa Mega Port*, consistente en la instalación de sistemas de detección de materiales nucleares en 20 puertos de todo el mundo por los que circula mercancía en contenedores hacia los EEUU.

Noticias breves

- Consejo de Seguridad Nuclear • Congresos, cursos y conferencias • Actividades internacionales • Nombramientos • Información general

● CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Comparecencias ante la Comisión de Economía del Congreso de los Diputados

El 25 de noviembre de 2003 la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, María-Teresa Estevan Bolea compareció ante la Comisión de Economía del Congreso de los Diputados para informar sobre la memoria presentada en relación con el Informe Anual del Consejo correspondiente al año 2002. Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados número 877 de 25 de noviembre de 2003. (http://www.congreso.es/pdf/comision/03/frames_com_03.htm). Previamente, el día 23 de noviembre habían comparecido ante esta Comisión el secretario general del CSN, Antonio Morales Plaza; el director técnico de Seguridad Nuclear, José Ignacio Villadóniga Tallón; el director técnico de Protección Radiológica, Juan Carlos Lentijo Lentijo; la subdirectora general de Instalaciones Nucleares, Isabel Mellado Jiménez; el subdirector de protección radiológica Operacional, Manuel Rodríguez Martí y la subdirectora de Protección Radiológica Ambiental, Lucila Ramos Salvador.

Convenio Marco de Colaboración COFIS-CSN

Con fecha 9 de diciembre se ha firmado el Convenio Marco de Colaboración entre el CSN y el Colegio de Físicos de España en materia de formación, información y divulgación de actividades relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Entre otras actividades específicas de colaboración futura, merece destacarse la del establecimiento de planes conjuntos de divulgación de información para la formación y entrenamiento relacionadas con la seguridad nuclear y radiológica, con las instalaciones del ciclo, con las instalaciones radiactivas, etc. Dada la gran importancia que el CSN concede a la información, este Convenio representa un importante punto de partida para la realización de proyectos que identifiquen, organicen y cataloguen toda la información disponible que pueda servir para unificar los conocimientos, mejorar los niveles de cultura de seguridad y poner a disposición de diversas audiencias un mecanismo de entrenamien-

to, formación y gestión del conocimiento en las materias citadas.

● CONGRESOS, CURSOS Y CONFERENCIAS

Informe sobre el XII Congreso de AERO celebrado en Las Palmas de Gran Canaria del 7 al 10 de octubre de 2003

La AERO (Asociación Española de Radioterapia Oncológica), es una entidad creada sin ánimo de lucro, que agrupa a todos los facultativos españoles o extranjeros que lo soliciten debidamente y cuyo trabajo se desarrolla fundamentalmente en el tratamiento de las enfermedades neoplásicas con radiaciones ionizantes. El principal objetivo de esta asociación es el de mantener reuniones de carácter científico-técnico que permitan la divulgación y encuentro de los nuevos logros que afecten a las materias propias de la especialidad, con objeto de que las mismas sean compartidas y estudiadas por todas aquellas personas interesadas. El campo de aplicación de la AERO abarca las ramas de la oncología clínica que específicamente se relaciona con la radioterapia: oncología radioterápica; radiobiología y radiofísica. La AERO, para hacer efectiva esta labor desarrolla este tipo de reuniones bienales. El XII Congreso de la AERO se celebró en las Palmas de Gran Canaria (Auditorio Alfredo Kraus), del 7 al 10 de octubre.

El programa fue extenso y en las diferentes ponencias se informó sobre los diversos tratamientos de quimioterapia, cirugía, radioterapia, y el



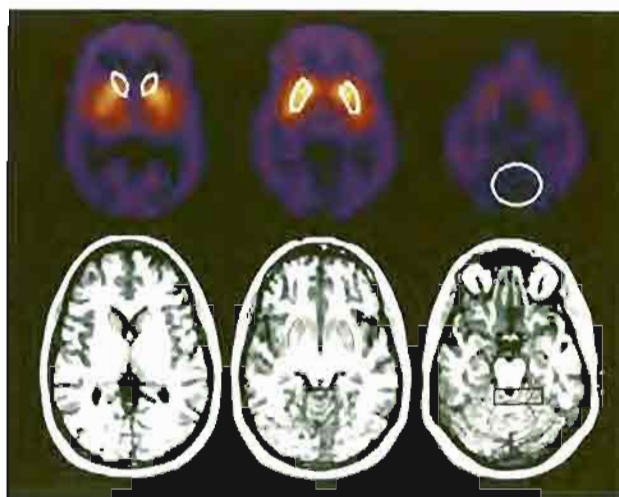
Auditorio Alfredo Kraus de Las Palmas de Gran Canaria en el que se celebró el XII Congreso de la AERO.

empleo concomitante de los tres métodos en la curación y la paliación del dolor en los distintos tipos de cánceres.

Entre los ponentes internacionales, cabría destacar la presencia de James D. Cox, oncólogo radioterapeuta perteneciente al departamento de oncología radioterápica del MD Anderson en Houston (Texas); Harry Bartelink, oncólogo radioterapeuta y profesor y jefe del departamento de oncología radioterápica del *Netherlands Cancer Institute* (Amsterdan, Holanda); el profesor Vaupel, fisiólogo en la Universidad de Mainz (Alemania) y un experto en el estudio de la hipoxia tumoral; Higinia Cárdenas, oncóloga radioterápica y adjunta del *Department of Radiation Oncology* de la Universidad de Indiana y Volker Budach, oncólogo radioterapeuta y jefe del departamento de radioterapia oncológica de la *Klinik für Strahlentherapie* del *UnivKlinikum Charité* de Berlín. La participación de los ponentes nacionales estuvo representada por un grupo de profesionales de alto nivel de la docencia, investigación y asistencia clínica en oncología radioterápica, entre los que cabría destacar a Vicente Pedraza Muriel, catedrático y jefe del departamento de radiología del Hospital Universitario de Granada; José Luis Carreras, catedrático y jefe del departamento de radiobiología del Hospital Universitario de Madrid; Eduardo Lanzós, catedrático y jefe del departamento de oncología radioterápica del Hospital 12 de Octubre de Madrid; Claudio Otón, catedrático y jefe del departamento de radiología del Hospital Universitario de Canarias, en Tenerife; Mariano Ruíz de Almodóvar, catedrático y jefe de la Unidad de investigaciones biomédicas de la Universidad de Granada; José María Segovia de Arana, especialista en medicina interna en la clínica Puerta de Hierro de Madrid. Asimismo, un nutrido grupo de jefes de servicios y médicos adjuntos de prestigiosos hospitales de nuestro país participaron como ponentes en este Congreso.

La sesión se inauguró con un acto académico que fue moderado por los doctores José Pardo y M^a Antonia Hernández y en el que se explicaron diversos temas sobre la medicina y la oncología actual. En este acto, James Fox, a quien la organización de AERO, como reconocimiento a toda la labor realizada en pro de la oncología radioterápica, le concedió una distinción especial, hizo una somera descripción de el futuro de la oncología radioterápica.

En la cena de clausura, a la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea se le concedió un diploma como miembro honorario de la Asociación, por su preocupación, y colaboración demostradas durante los últimos años en todas las áreas referentes a la utilización de la radioterapia médica y la protección radiológica.



Sin duda la mayor preocupación de todos los oncólogos, y a la patología a la que más tiempo se dedicó, fue al cáncer de pulmón por ser ésta la neoplasia con mayor mortalidad en todo el mundo, con una cifra de fallecimientos anuales cercana al millón de personas y observándose un progresivo incremento en su incidencia. Convendría resaltar que la supervivencia global del cáncer de pulmón a los cinco años es del 15% comparado con el 61% del cáncer de colon, el 86% del cáncer de mama y el 96% del cáncer de próstata.

Desde el *World Cancer Report* se constata que las tasas de cánceres se incrementan de forma alarmante en todo el mundo, y es por eso, por lo que se llama a gobiernos, autoridades sanitarias y al público en general, a que adopten medidas urgentemente.

Como durante las siguientes jornadas tuvieron lugar varias conferencias paralelas, y algunas estrechamente ligadas sólo a la Medicina, a continuación resaltaremos las más específicas que pudieran considerarse de interés para el CSN y que son las relacionadas con la Radioterapia.

En primer lugar, se explicó la importancia de la PET (Tomografías por Emisión de Positrones) en el diagnóstico precoz de diferentes tipos de enfermedades, tales como las neuropsiquiátricas, cardiológicas y oncológicas, considerándose como avance importante la fusión de imágenes de PET y TAC ya que con esta fusión se aunaba la información anatómica y la mejor resolución espacial de la TAC junto a la información bioquímica y la mejor resolución de contraste de la PET. Se trata de una técnica en la que se utilizan isótopos radioactivos que emiten positrones (de ahí el nombre) y que, en esencia, consiste en que se incorpora un átomo radiactivo a una molécula normal del organismo (habitualmente la glucosa) y luego se le inyecta al paciente. La sustancia emite positrones que se "aniquilan" con los electrones de alrededor del átomo

radiactivo, emitiéndose dos fotones que es lo que, en realidad, se detecta.

Se destacó la necesidad de poder disponer de un mayor número de PET, ya que al existir pocas unidades en España y tener que utilizarse para su uso radioisótopos de corta duración (minutos u horas desde el centro de fabricación), no es posible emplear esta técnica como uso común para el diagnóstico precoz de la enfermedad. Esta es una prueba utilizada actualmente como complemento a las pruebas de imagen conocidas hasta ahora para valorar nódulos pulmonares solitarios, metástasis a distancia y mediastínicas. Aunque presenta algunas limitaciones, como es la valoración de lesiones menores de un centímetro, falsos negativos cuando se analizan tumores carcinoides y carcinomas broncoalveolares y falsos positivos cuando se tratan de tuberculomas, lesiones por histoplasmosis y nódulos reumatoideos tiene una sensibilidad y especificidad del 97% para los nódulos pulmonares solitarios y un 78% para las metástasis a distancia y mediastínicas.

Radioterapia paliativa

Entre el 15% y el 60% de todo el trabajo que se realiza en las salas de radioterapia, en los hospitales, se hace en radioterapia paliativa y, con este procedimiento, se consigue una mejoría del dolor en un 80% de todos los pacientes tratados. Generalmente, se administra en dosis relativamente bajas, en dosis única o con pocas fracciones (ya que los tratamientos multifraccionados tienen mayor toxicidad), a lo largo de una o dos semanas. Hay múltiples esquemas de dosis y fraccionamiento, todos ellos diseñados empíricamente. No está, todavía, claramente establecido cuál o cuáles esquemas obtienen el mayor beneficio con la menor toxicidad, aunque el estudio de todos ellos demuestra que la radioterapia es efectiva en controlar la sintomatología local.

Se ha comprobado que en la mayoría de los países el uso de la radioterapia paliativa está por debajo de las indicaciones reales y se ha asociado a la carga asistencial en los centros con radioterapia o escasez de servicios de radioterapia en el país (la radioterapia paliativa debe ser casi inmediata por lo que la existencia de listas de espera limita su eficacia. También puede influir el tipo de cáncer, ya que, generalmente se remiten aquellos tumores considerados más mortales como mama y tórax y no otros) así como tipo de metástasis (mucho más frecuente las metástasis óseas). La necesidad de radioterapia paliativa crece en paralelo al aumento de la edad de la población y al incremento de nuevos casos de cáncer, por lo que sería necesario que las Administraciones Públicas desarrollaran planes

coordinados que pudieran asumir esta demanda dentro de los planes integrales de cáncer.

Radioterapia exclusiva

Analizando los estudios existentes basados en dosis y fraccionamiento clásicos (60-70 Gy a 1.8-2.0 Gy por fracción durante 6-7 semanas) se puede apreciar (en el carcinoma de pulmón no microcítico) una supervivencia del 5/10% a los cinco años. Es decir, las vías de fracaso en estos pacientes siguen siendo mixtas, es decir, tanto a nivel locoregional como a distancia. Un estudio de hiperfraccionamiento con escalada de dosis (60 a 79.2 Gy dos sesiones al día) obtuvo supervivencias del 20% a los dos años con un aparente beneficio, y una toxicidad aceptable en los pacientes tratados con 69.6 Gy. En el Reino Unido se ha investigado el hiperfraccionamiento acelerado (un esquema que administra dosis totales de 50.4-54 Gy en 12 días, con un esquema continuo de irradiación los siete días de la semana y tres fracciones diarias. Este procedimiento ha demostrado una alta tasa de respuestas radiológicas, así como toxicidad aguda y tardía aceptables. Grupos americanos han utilizado esquemas de hiperfraccionamiento acelerado aunque de forma no continua, es decir, interrumpen el tratamiento los fines de semana. Utilizando este estudio se ha obtenido una media de supervivencia de 13 meses con una toxicidad aceptable.

El uso secuencial de quimioterapia y radioterapia radical parece haber mejorado el índice de respuesta tumoral y discretamente la supervivencia global en comparación con la radioterapia radical exclusiva.

Los diferentes estadios de los tumores determinan los volúmenes a irradiar y las dosis a emplear en esa irradiación.

Radioquimioterapia neoadyuvante

La capacidad de erradicar la enfermedad microscópica residual (en el cáncer de pulmón) con moderadas dosis de radiación (45-55 Gy).

Las pautas investigadas han sido variadas y con múltiples combinaciones quimioterápicas y contemplando, tanto esquemas de fraccionamiento convencional como fraccionamientos alterados.

Los estudios de la radioquimioterapia preoperatoria han demostrado que esta opción terapéutica es factible y con toxicidad aceptable y que mejora la supervivencia libre de enfermedad frente al estándar de la radioquimioterapia radical, siempre y cuando no se trate de un tumor en estadio IIIB. De forma general, se podría decir que la radioquimioterapia de inducción ha demostrado ser superior a la cirugía sola.

Otro método ampliamente empleado tanto curativo como paliativo es la braquiterapia.

La radioterapia interna o braquiterapia consiste en el uso de isótopos radiactivos en forma de tubos (cesio 137), alambres (iridio 192) o semillas (iodo, oro) que se colocan dentro del tumor o de cavidades de órganos (tratamiento intracavitario). Con esta modalidad de braquiterapia, de carga diferida con Iridio 192 y, para el tratamiento conservador de los sarcomas de los tejidos blandos, puede obtenerse un control local de hasta el 90% a cinco años.

En el tratamiento intersticial las fuentes radioactivas solas se colocan en el tumor y pueden permanecer en el paciente para siempre.

La braquiterapia nos permite administrar dosis altas sobre un volumen reducido mejorando el índice terapéutico contra la utilización exclusiva de radioterapia externa. Se contempla tanto como tratamiento paliativo como complemento de la radioterapia externa en tratamientos radicales con intención curativa.

Una de las novedades fue la ponencia sobre Radioterapia Conformada Tridimensional (3D CRT) (sobre esta materia versará uno de los artículos anteriormente mencionados). Con esta técnica se moldea el volumen tumoral que se decide irradiar empleando para ello moldes de cerrobend (conformadores) o colimador multihojas. El objetivo es delimitar el volumen blanco para utilizar alta dosis de radiación con mínima dosis en el tejido sano y órganos de riesgo.

La razón para aumentar la dosis en el tumor es incrementar la probabilidad de control tumoral. Este efecto se ha podido demostrar claramente en el cáncer de próstata.

El otro objetivo de la conformación de los volúmenes es disminuir al máximo la dosis entregada al tejido normal que rodea el tumor.

La planificación tridimensional necesita un proceso largo y complejo cuyos componentes principales son el planificador computado tridimensional (3DPT) y el tomógrafo. El objetivo es ver los volúmenes tumorales en las tres dimensiones, lo que permite una distribución de dosis precisa y homogénea en todo el volumen tumoral con menor irradiación de los tejidos vecinos. Cuando, además de la planificación tridimensional, se moldea la forma del tumor con conformadores de cerrobend o colimador multihojas, como se ha explicado anteriormente, la técnica se llama Radioterapia Conformada Tridimensional (3D CRT).

Conclusiones

- La radioterapia exclusiva es el único tratamiento oncológico que recibe el paciente.
- La radioterapia adyuvante es la que se utiliza

como complemento de un tratamiento primario, generalmente la cirugía.

- La radioterapia concomitante o concurrente es la que se realiza simultáneamente con otro tratamiento, generalmente la quimioterapia, que mutuamente se potencian.

- La radioterapia radical o curativa es la que emplea dosis de radiación altas, próximas al límite de tolerancia de los tejidos normales, con el objetivo de eliminar el tumor. Este tipo de tratamiento suele ser largo y con una planificación laboriosa, donde el beneficio de la posible curación, supera la toxicidad ocasionada sobre los tejidos normales.

- La radioterapia paliativa es la que emplea dosis menores de radiación, suficientes para calmar o aliviar los síntomas del paciente con cáncer, con una planificación sencilla, un período corto de tratamiento y escasos efectos secundarios.

- En el caso concreto del cáncer de las cuerdas vocales, el uso de la radioterapia ofrece una calidad mejor que la de los otros dos métodos (cirugía y raspado de las cuerdas vocales) y puede curar la enfermedad en un porcentaje del 80% de los pacientes.

- Para la mayoría de los tumores, la radioterapia constituye una importante arma terapéutica y se puede utilizar sola o asociada a cirugía y/o quimioterapia.

- Se están estudiando dos tipos de radioterapia con partículas: la terapia de neutrones rápidos y la terapia de partículas cargadas. La primera puede utilizarse en el tratamiento de determinados tumores recurrentes o inoperables. Debido al costo del equipo y la necesidad de mejorar la tecnología, solamente existen tres centros en Estados Unidos y diez centros en todo el mundo que ofrecen a los pacientes la posibilidad de una terapia de neutrones rápidos. Existen unos cuantos centros más que ofrecen la terapia de partículas cargadas pero solamente un número muy pequeño de pacientes ha sido tratado con este tipo de radioterapia.

- Es muy importante señalar que dosis de radiación de más de 45 Gy (para carcinomas de pulmón), puede resultar un riesgo inaceptable de complicaciones quirúrgicas y se deben llevar a cabo evaluaciones rigurosas de la función pulmonar antes y después del tratamiento neoadyuvante.

- La radioterapia es un pilar fundamental en el tratamiento de la neoplasia de mama. De forma complementaria al tratamiento quirúrgico reduce la tasa de recidiva locorregional y mejora la supervivencia.

- En oncología el trabajo multidisciplinario es una de las claves del éxito, pero resulta muy difícil el conseguir equipos bien coordinados que sepan respetar las competencias de cada especialidad. Por



Mesa de apertura de la 29 Reunión Anual de la SNE. De izquierda a derecha: J. Antonio Gutiérrez, presidente de Eléctricas Reunidas de Zaragoza; R. Cervero Arcéiz, concejal de Ciencia y Tecnología; M^a T. Domínguez Bautista, vicepresidenta de la SNE; J. Barceló, consejero del CSN; C. Navarro Espada, Gobierno de Aragón; J. López Babier, Confederación de Empresarios de Aragón y R. Núñez-Lagos, presidente del Comité Organizador.

parte de la Comisión Nacional de Oncología ya se ha propuesto al Ministerio de Sanidad, la creación de una nueva subespecialidad en ginecología oncológica.

— El Consejo de Europa acaba de aprobar un presupuesto para investigación de más de 16.000 millones de euros, parte de los cuales se destinarán a los estudios sobre células madre en aquellos países que tengan leyes que autoricen este tipo de investigaciones. España está entre los pioneros de las técnicas de reproducción asistida y dispone de una infraestructura que le permitiría incorporarse a los Estados Líderes en este campo de la Medicina.

29 Reunión Anual de la SNE

Del 1 al 3 de octubre se celebró en Zaragoza la 29 Reunión de la Sociedad Nuclear Española.

En esta ocasión, además de las sesiones técnicas, se celebraron cuatro sesiones plenarias dedicadas a temas de actualidad:

- Aplicaciones médicas, con especial atención a la tomografía por emisión de positrones.
- Reactores avanzados.
- Formación de especialistas para el sector nuclear.
- Participación española en el proyecto ITER.

En la sesión de apertura participó el consejero del CSN Julio Barceló. En su intervención, realizó un repaso de los temas más importantes que está desarrollando el CSN y que afecta al sector nuclear: mejora de eficacia del proceso regulador, mejora interna del CSN, información y comunicación, y desmantelamiento y gestión de residuos.

Reunión con los inspectores de las centrales nucleares con encomienda

El día 22 de octubre pasado, en el Salón de Actos

del CSN, y organizada por Relaciones Institucionales del Gabinete Técnico de la Presidencia, ha tenido lugar la reunión técnica anual de los inspectores de las encomiendas de funciones de las Comunidades Autónomas de Baleares, Canarias, Cataluña, Galicia, Navarra, País Vasco y Valencia.

La reunión fue presidida por Antonio Morales, secretario general del CSN y por Juan Carlos Lentiño, director técnico de protección radiológica, quienes dieron la bienvenida a los asistentes e hicieron un repaso general del estado de las siete encomiendas firmadas, reconociendo el esfuerzo realizado por todos los actuantes y resaltando el satisfactorio desarrollo de todos los Convenios.

A continuación, un representante de cada Comunidad desarrolló una ponencia sobre la situación particular de cada Convenio, destacando, entre otros, temas como control de dosimetrías, control sobre reconocimientos médicos, gammagrafía, calibración de los detectores portátiles de radiación, equipos de medida de humedad y densidad de suelos, instalación radiactiva de laboratorios, licencias de supervisor, situación sobre modificaciones de la normativa pendientes de realizar, inspecciones de radiodiagnóstico médico, aspectos relacionados con los medios disponibles, adquisición de material del CSN y sobre los cursos de formación continua de inspectores.

Así mismo, todos los inspectores hicieron referencia al grado de cumplimiento obtenido hasta la fecha de las actividades de inspección de control, dictámenes técnicos, licencias y cursos, etc., de las instalaciones radiactivas y de rayos X de diagnóstico médico, en sus respectivas comunidades y expresaron aquellos asuntos que presentan aspectos mejorables para obtener unos resultados aún

más optimizados como, por ejemplo, una mayor uniformidad en los códigos de referencias de las instalaciones inspeccionadas, una codificación más sencilla de las actas de inspección, una revisión de textos reglamentarios a la vista de la experiencia acumulada y, sobre todo, una cada vez más necesaria implantación de un sistema informático que permita la introducción de datos. Todas las cuestiones fueron debatidas y aclaradas en el momento.

Finalmente, por parte del CSN, una serie de técnicos: Manuel Rodríguez, Eugenio Gil, Manuel Malavé, Ignacio Amor, Jorge Peña, Carmen Álvarez, Fernando Zamora y María Angeles Montero expusieron las novedades que están en vigor o planeadas desde la última reunión de 2002. Así, los temas expuestos fueron: ejecución del Plan Piloto de inspección de instalaciones de rayos X médicos, revisión de Criterios Generales, Instrucciones Técnicas y Circulares Genéricas remitidas por el CSN, posibles actuaciones de los inspectores en Emergencias, reglamentación de transporte en vigor, modelos para aportación por las Comunidades Autónomas de la información para los informes trimestrales de seguimiento del Plan Anual de Trabajo e Informe Anual, novedades de los sistemas de información, criterios para la actuación de los servicios de dosimetría en situaciones especiales y nuevo modelo para los condicionados de autorizaciones de instalaciones radiactivas.

En definitiva, hay que destacar el gran interés de todos los asistentes por este tipo de reuniones técnicas que ponen, no sólo en contacto directo y general a los inspectores de encomiendas con los demás técnicos del CSN, sino que da la oportunidad para intercambiar experiencias entre ellos mismos.

Conferencia Internacional de formación en protección radiológica

Durante los días 17 a 19 de septiembre de 2003 se ha celebrado en el Ciemat (Madrid) la II Conferencia Internacional de Formación en Protección Radiológica: Estrategias de futuro.

La Conferencia se organizó por el Ciemat en colaboración con organismos nacionales e internacionales, universidades y sociedades profesionales y en ella han participado expertos de más de 20 países que han insistido en que la formación es la mejor forma de promover la cultura de la seguridad y un tema en permanente renovación.

Los principales objetivos de la conferencia han sido:

- Analizar las futuras estrategias de la formación, los programas de formación en protección radiológica y la información para los diferentes grupos y sectores involucrados.
- Analizar las necesidades de material didáctico y los esfuerzos realizados por los organismos inter-

nacionales en el desarrollo de objetivos educativos en las diferentes áreas.

- Armonización de los programas de formación en los distintos niveles

- La información en materia de protección radiológica al público, autoridades y medios de comunicación.

Durante la conferencia se han planteado las visiones y las necesidades que de la formación se tienen desde los diferentes sectores implicados que van desde la medicina y la investigación hasta las aplicaciones industriales incluidas las centrales nucleares, se ha insistido en la necesidad de formación e información en los distintos niveles educativos y particularmente en el sector sanitario y se ha puesto de manifiesto la utilidad de las herramientas que nos ofrece internet que será necesario desarrollar en los próximos años. Así mismo, se consideró necesario avanzar en la armonización sobretodo en el espacio europeo para facilitar el movimiento intracomunitario y se demostró el interés existente por las plataformas regionales de formación.

ACTIVIDADES INTERNACIONALES

Reunión del Comité de Dirección de la NEA (14-15 octubre 2003)

En esta reunión, el Comité de Dirección aprobó pequeñas modificaciones al Programa de Trabajo y Presupuesto para los años 2003-2004. Se informó al Comité de las actividades de la Agencia para la Energía Nuclear en el Foro Internacional de los reactores de Generación IV (GIF) que consisten en la provisión de servicios de secretaría de las actividades de I+D del citado Foro. El Comité recibió información de la Agencia Internacional de la Energía sobre tendencias y temas importantes en cuanto a energía en el área de la OCDE. Por último, se realizó un importante debate sobre la revisión del Plan Estratégico de la Agencia para la Energía Nuclear. El resultado del debate señala que el Plan Estratégico actualmente vigente no precisa cambios significativos, pero se debe reforzar el perfil de agencia como organización fundamentalmente científica y técnica con competencias también en temas legales y económicos; por otra parte el Comité de Dirección recomendó la introducción de medidas de resultados que permitirán medir el grado de cumplimiento de los objetivos marcados en el plan estratégico.

Reunión del Comité de Actividades Reguladoras Nucleares de la NEA (1-2 diciembre 2003)

En esta reunión se revisaron las actividades de los grupos de trabajo del Comité y de grupos del Comité de

seguridad de instalaciones nucleares que desarrollan actividades de interés para ambos Comités. Se aprobaron los planes de trabajo del Grupo de Trabajo sobre prácticas de Inspección y del Grupo de Comunicaciones de los Organismos Reguladores con el Público. Se describió el avance de los grupos de tarea sobre Decisiones Reguladoras e Indicadores de Eficiencia Reguladora. Un aspecto fundamental de la reunión fue el intercambio de información sobre sucesos recientes ocurridos, existiendo un consenso sobre la importancia que los aspectos de gestión/cultura de la seguridad han tenido en muchos de los sucesos, la necesidad de que los titulares realicen un control riguroso del trabajo de contratistas y la importancia de que éstos dispongan de sistemas muy eficaces de auto-evaluación y de identificación y corrección de problemas.

Reunión en el CSN del Comité del Programa Científico del Congreso IRPA-11

El Comité del Programa Científico del undécimo Congreso Internacional de la Asociación Internacional de protección radiológica (IRPA-11) celebró su tercera reunión en la sede del CSN del 25 al 27 de septiembre. El Congreso IRPA-11 tiene prevista su celebración en el Palacio Exposiciones y Congresos de Madrid entre el 23 y el 28 de mayo de 2004, por lo que en los últimos meses se están intensificando las actividades de todos los grupos y comités de preparación del mismo, en especial del Comité Organizador y del mencionado Comité del Programa Científico.

El Comité del Programa Científico de IRPA-11 tiene la misión de coordinar los aspectos científico-técnicos del Congreso, y, en particular, los relacionados con las contribuciones escritas, las colaboraciones orales y las sesiones póster que se celebrarán



en el Congreso, así como la participación de científicos y tecnólogos en las sesiones generales del Congreso y en los cursos de refresco que se organizarán durante el mismo. Este Comité está presidido por Annie Sugier (Francia) y cuenta con expertos en todas las disciplinas relacionadas con la radioprotección, pertenecientes a diversas organizaciones internacionales y a entidades de distintos países. También participan miembros destacados del Comité Organizador de IRPA-11, que preside Leopoldo Arranz, con objeto de garantizar una adecuada coordinación entre ambos comités.

Los temas a tratar en el Congreso IRPA-11, bajo el lema "Ensanchando el Mundo de la protección radiológica", se agrupan en las siguientes áreas temáticas:

1. Efectos biológicos de las radiaciones.
2. Sistema de protección radiológica y normativa.
3. Dosimetría e instrumentación.
4. Protección radiológica del paciente.
5. Protección radiológica en el ámbito laboral.
6. Protección radiológica del público.
7. Protección contra radiaciones no-ionizantes.
8. Incidentes y accidentes.
9. Sociedad y protección radiológica.
10. Novedades de las asociaciones miembros de la IRPA.



En esta ocasión, la reunión del Comité de Programas se celebró en la sede del CSN, que mantiene una estrecha colaboración con la organización de IRPA-11. El Comité fue recibido por la Presidenta del Consejo, quien transmitió el interés del organismo sobre este Congreso Internacional y el apoyo que le está prestando. Asimismo participó el Director Técnico de protección radiológica del Consejo en calidad de miembro del Comité. En la reunión, que será la última del Comité antes del Congreso, pudo constatar que todas las actividades de preparación avanzan a buen ritmo, según

los planes previstos. En ella se cubrieron los siguientes objetivos:

- Análisis del programa elaborado por el Comité Organizador desde el punto de vista de los objetivos científicos planteados para el Congreso.
- Examen de las propuestas de contribuciones científicas recibidas, con objeto de seleccionar aquellas que, por su calidad y actualidad, se proponen para una presentación oral en el Congreso en los diferentes ámbitos temáticos en los que se dividirá. También se determinaron las contribuciones que serán presentadas en las sesiones de póster previstas.
- Confirmación de los candidatos propuestos para impartir los dieciséis cursos de refresco y las quince ponencias invitadas previstas.
- Confirmación de los presidentes y propuesta de miembros para las cinco mesas redondas en sesión plenaria previstas en el Congreso.
- Propuesta de copresidentes de las sesiones técnicas, para lo que se consideró el objeto particular de cada una de ellas y el perfil científico-técnico de los candidatos propuestos.

Como conclusión más importante de esta reunión es de destacar que se han recibido más de 1.200 resúmenes de propuestas de contribuciones científicas procedentes de todas las organizaciones internacionales relevantes y de 73 países, lo que indica el interés que está suscitando el Congreso y la elevada participación de asistentes, procedentes de todo el Globo, que se espera en el mismo.

Toda la información sobre el Congreso en su página web: www.irpa11.com.

Reunión INRA, 29 y 30 de septiembre de 2003

La Asociación Internacional de Reguladores Nucleares, INRA, creada en París en mayo de 1997, incluye a ocho de los países con más experiencia en el licenciamiento de actividades nucleares (Alemania, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido y Suecia). Su principal objetivo es mejorar la comunicación y la cooperación internacional, estableciendo un foro en el que los máximos representantes de los organismos reguladores de estos países pueden identificar retos para la regulación nuclear e intercambiar puntos de vista sobre temas globales de las políticas reguladoras.

Cada año, se celebran dos reuniones en el país que preside la Asociación. A la reunión de septiembre de 2003, que tuvo lugar en Saskatoon, Canadá, acudió como representante de España, la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea.

En esta ocasión, además de la presentación de los últimos acontecimientos acaecidos en cada



país, se discutió sobre el transporte de material nuclear y radiactivo y el desmantelamiento de instalaciones nucleares.

En la actualidad, existe un elevado número de foros internacionales donde se estudian y proponen nuevas recomendaciones u obligaciones en materia de transporte, ya sea por carretera, mar o aire. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en un intento de combinar todos estos resultados, propone una normativa detallada y completa, que se revisa cada dos años para incorporar las mejoras oportunas. Estos cortos plazos de tiempo hacen muy difícil la transposición a la normativa nacional y, como consecuencia, no existe homogeneidad entre los requisitos legales entre países.

En cuanto al desmantelamiento, las conversaciones en la Asociación INRA resaltaron las diferencias estratégicas que se siguen en estos países. Ello es debido, en parte, a la dificultad de establecer niveles homogéneos de desclasificación. Sin embargo, el mayor problema sigue siendo la falta de un almacenamiento definitivo para los residuos de alta actividad.

Los representantes de Japón presidirán las reuniones de la INRA en 2004.

Reunión bilateral con el Organismo Regulador francés, 6 y 7 de octubre de 2003

Cada año se celebra una reunión bilateral de alto nivel entre la Dirección General de Seguridad Nuclear y protección radiológica de Francia, DGSNR, y el Consejo de Seguridad Nuclear de España. La reunión de 2002 tuvo lugar en Madrid y en esta ocasión, la delegación española, encabezada por la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea, se desplazó a Cherburgo, Francia.

Entre otros temas tratados, se discutió la propuesta francesa para clasificar incidentes en instalaciones radiactivas, basada en la escala INES

(*International Nuclear Event Scale*), las actividades del CSN para el licenciamiento y vigilancia de las instalaciones radiactivas médicas, la ventaja de una estrategia reguladora informada en el riesgo frente a corrientes más deterministas y la política de información para conseguir la confianza del público.

Para mejorar los resultados de estas reuniones bilaterales, ambos organismos acordaron iniciar la formación de grupos de trabajo (desmantelamiento, comunicación y escala para la clasificación de incidentes en instalaciones radiactivas) y ampliar las actividades cruzadas en inspecciones y participación en simulacros y ejercicios de emergencias. Los resultados de estas actividades se presentarán en las reuniones bilaterales anuales y se definirá el enfoque a seguir.

La próxima reunión bilateral tendrá lugar en España en octubre de 2004.

Reunión WENRA, 27 y 28 de noviembre

La Asociación de Reguladores Nucleares de Europa del Oeste (*Western European Nuclear Regulator Association*), WENRA nace en 1999 como un foro donde los máximos responsables de los organismos reguladores de la Unión Europea y Suiza se reúnen para:

- Desarrollar una estrategia común para la regulación de la seguridad nuclear, especialmente en el seno de la Unión Europea.
- Proporcionar a la Unión Europea una herramienta independiente para examinar la seguridad nuclear en los países candidatos.
- Evaluar y lograr una estrategia común para nuevos retos que puedan surgir.

Tras la publicación del *Informe sobre la Seguridad Nuclear en los Países Candidatos a la Adhesión en 2000* y en vista de la próxima incorporación de estos países, WENRA decide invitarlos a unirse a la Asociación. En marzo de 2003, se firman unos nuevos Términos de Referencia y WENRA (que conserva el nombre) pasa a ser la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa que incluye a los reguladores de Alemania, Bélgica, Bulgaria, Eslovaquia, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Hungría, Italia, Lituania, República Checa, Rumania, Suecia y Suiza. Su objetivo principal es trabajar para la armonización de prácticas de trabajo en materia de seguridad nuclear.

Con este objetivo, se crean dos grupos de trabajo:

- Grupo de trabajo para la armonización de normas y prácticas de seguridad nuclear en centrales.
- Grupo de trabajo para la armonización de normas y prácticas en la gestión de los residuos radiactivos.

Estos grupos se reúnen tantas veces como sea necesario y presentan sus resultados en las reuniones de WENRA. Su objetivo principal es identificar las discordancias entre países, basándose en la comparación de unos requisitos de referencia, de acuerdo con los de las Guías de Seguridad del OIEA, y proponer los cambios necesarios para alcanzar un mayor nivel de armonización.

WENRA se reúne dos veces al año, invitando a una de sus reuniones a los países de la Unión Europea sin centrales nucleares (Austria, Dinamarca, Grecia, Irlanda, Luxemburgo y Portugal) y a la Comisión Europea.

Contenido de la reunión

La reunión del 27 y 28 de noviembre tuvo lugar en Estocolmo y estuvo presidida por la directora general del Organismo Regulador sueco, Judith Melin y contó con la participación de la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea.

El primer día se celebró la reunión WENRA y el segundo, se invitó a los países de la Unión Europea sin centrales nucleares y a la Comisión Europea, para presentarles las últimas actividades de la Asociación.

• *Directivas de la Unión Europea en materia de seguridad nuclear y gestión de residuos*

Uno de los temas que suscitó mayor interés fue la postura de las delegaciones en referencia a las Directivas Comunitarias en materia de seguridad nuclear y gestión de residuos, conocidas como paquete nuclear. Salvo 4 países que se siguen oponiendo a la aprobación de estas Directivas, los otros apoyan el concepto, aunque exigen modificaciones de forma o definición.

La Comisión destacó el esfuerzo realizado para llegar a un consenso. Dos días antes había tenido lugar una reunión del COREPER donde se discutió la conveniencia de aprobar estos textos con carácter de Directiva, y por tanto de obligado cumplimiento por parte de todos los Estados Miembros, o en forma de Recomendaciones no vinculantes. Al no haberse alcanzado un acuerdo, se mantiene la intención inicial de presentarlas en forma de Directivas y la Comisión se ha comprometido a seguir trabajando durante la presidencia irlandesa para llegar a un texto consensuado.

• *Grupo de trabajo para la armonización de normas y prácticas de seguridad nuclear en centrales*

Desde la conclusión del estudio piloto, donde se analizaron seis temas que se habían definido en la formación del grupo (política de seguridad, organización, sucesos base de diseño, gestión de accidentes, análisis probabilístico de la seguridad y revisión periódica de la seguridad) se han identificado 15 temas más para ampliar el estudio:

- Garantía de calidad.
- Preparación de emergencias.
- Retorno de la experiencia operativa e investigación de Sucesos.
- Límites y condiciones de operación.
- Modificaciones.
- Clasificación de sistemas, estructuras y componentes.
- Contenido y actualización de los APS.
- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- Licencia y formación del personal de operación.
- Protección contra incendios.
- Envuelta base de diseño para reactores del tipo PWR y BWR.
- Gestión del envejecimiento.
- Inspección en servicio y comprobación funcional.
- Procedimientos de operación de emergencias.
- Estudio de viabilidad para aplicaciones informadas en el riesgo.

Como en los seis temas iniciales, el proceso que se está siguiendo es la identificación de los requisitos mínimos, contrastándolos con los de las Normas de Seguridad del OIEA, y la verificación de que estos requisitos se requieren y se están aplicando en los países WENRA.

WENRA aprobó la estrategia del grupo y felicitó al grupo de trabajo por la labor desarrollada hasta la fecha.

• *Grupo de trabajo para la armonización de normas y prácticas en la gestión de los residuos radiactivos*

El trabajo de este grupo, a pesar de tener los mismos objetivos que el anterior, se está desarrollando de forma distinta. Se está realizando un gran esfuerzo para evaluar en primer lugar las prácticas en cada país. Para ello, se han redactado cuatro informes:

- Niveles de referencia para el desmantelamiento.
- Niveles de referencia para la gestión del almacenamiento de residuos sólidos y combustible gastado.
- Estado de los requisitos de seguridad para la gestión del almacenamiento de residuos y combustible gastado en los países WENRA.
- Estado de los requisitos de seguridad para el desmantelamiento en los países WENRA.

Además, se están realizando inspecciones donde participan todos los representantes del grupo, a instalaciones de gestión de residuos y a centrales en desmantelamiento.

WENRA aprobó ampliar el estudio a las actividades relacionadas con el desmantelamiento de las centrales nucleares y animó al grupo a ampliar los

temas a estudio, a pesar de las dificultades, ya que en alguno de los países de WENRA, no es el Organismo Regulador el responsable de todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos, sino el Ministerio de Medio Ambiente.

Otras cuestiones

Se va a iniciar un proceso de acercamiento de WENRA a los países de la Ex-Unión Soviética con centrales nucleares (en primer lugar a la Federación Rusa y Ucrania), invitándoles a asistir como observadores a la próxima reunión. La presidenta de WENRA, Judith Melin remitirá una carta a los presidentes de los organismos reguladores de estos dos países.

En la misma línea, se van a realizar todos los trámites para que a la próxima reunión de WENRA donde asistan los países de la UE sin centrales (noviembre de 2004), se invite también a los Nuevos Estados Miembros que ingresan en la Unión Europea el 1 de mayo de 2004.

La próxima reunión tendrá lugar en marzo de 2004, en Munich, Alemania.

Reunión Bilateral NRC-CSN, 12 y 13 de noviembre de 2003

Desde 1974, cuando se firmó el primer acuerdo bilateral entre la Comisión de Energía de Estados Unidos, USAEC, y la Junta de Energía Nuclear, la colaboración entre los organismos reguladores de los dos países ha sido muy fructífera. Existe en la actualidad un acuerdo bilateral marco entre la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos y el Consejo de Seguridad Nuclear además de otros acuerdos específicos de Investigación o relacionados con temas puntuales, por la duración del proyecto en cuestión.

Todos los años técnicos de la NRC se reúnen con sus homólogos del CSN para discutir temas técnicos y seguir avanzando en el desarrollo de prácticas y normativa. La última reunión tuvo lugar en la sede del CSN en mayo de 2003, estando encabezada la delegación de la NRC por el subdirector ejecutivo para Programas de Reactores, Samuel Collins.

Sin embargo, hasta ahora, no se habían mantenido reuniones bilaterales institucionales al más alto nivel entre los dos organismos. Los encuentros entre los presidentes de la NRC y del CSN se enmarcaban únicamente en reuniones en foros internacionales (Conferencia General del OIEA, INRA,...).

Durante la última Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica, en septiembre de 2003, en Viena, se acordó mantener una primera reunión bilateral en noviembre, en la



La presidenta del CSN María-Teresa Estevan Bolea junto al presidente de la NRC, Nils Díaz.

sede de la NRC, que serviría como punto de partida para establecer la política de colaboración entre ambos organismos, no sólo en materia técnica, sino en otros campos como la comunicación y las relaciones con otros organismos nacionales o internacionales.

Desarrollo de la reunión bilateral

La reunión bilateral se dividió en dos partes. El primer día, 12 de noviembre, la presidenta del CSN se reunió en primer lugar con el presidente de la NRC, Nils Díaz, y posteriormente con uno de los consejeros, Jeffrey Merrifield. Entre estas dos reuniones toda la delegación española participó en una Reunión Extraordinaria del Pleno (*Closed Commission Meeting*) donde acudió, además del Pleno de la Comisión de la NRC (presidente, Nils Díaz y los dos consejeros, Edward McGaffigan y Jeffrey Merrifield), estaban presentes numerosos altos cargos (*Senior Executive Directors y Deputy Directors*).

Cabe destacar el interés de ambas delegaciones en la Clasificación de Sucesos Notificables, ya que existe una gran diversidad de criterios de clasificación entre organismos reguladores, y como consecuencia de ello, el número de sucesos notificables por central es muy dispar.

Ambas delegaciones se mostraron muy satisfechas por la colaboración entre los dos organismos en materia de estrategia reguladora y mostraron su mutuo interés por el intercambio de técnicos.

De las breves presentaciones realizadas por parte de la NRC cabe destacar los siguientes aspectos: tanto el desarrollo de programas de for-

mación y entrenamiento como las políticas de información y comunicación se consideran aspectos esenciales para el correcto desarrollo de sus actividades. Se está implementando el Programa DPO (*Differing Professional Opinion*) proceso interno de toma de decisiones, en el que el cuerpo técnico adquiere un importante papel. En cuestión de degradación de materiales, se trató tanto el agrietamiento de aleaciones por corrosión producidas por el agua del primario, como la corrosión de acero por ácido bórico (caso David-Besse). Se siguen analizando las consecuencias tanto técnicas como económicas de los apagones del mes de agosto que afectaron a nueve plantas del

Este de los Estados Unidos. La estabilidad de la red eléctrica se considera de la máxima importancia para la garantía de la seguridad de las centrales, por ello se han creado grupos de trabajo específicos. Finalmente, la política de la regulación informada en el riesgo está dando resultados muy satisfactorios y otros países europeos están empezando a implantar esta opción.

Con la información facilitada en estas presentaciones, el día 13 de noviembre se mantuvieron reuniones técnicas en las que se pudo profundizar en la mayor parte de los aspectos mencionados anteriormente. Dado que el director de Seguridad Nuclear, José Igancio Villadóniga, prosiguió el viaje visitando las oficinas de la División 2 de la NRC, la INPO y la Central Nuclear de H. B. Robinson en Atlanta, al cierre de este informe no había regresado al CSN. El resumen de sus actividades se distribuirá en breve tiempo.

• Visita al Centro de Emergencias

La presidenta del CSN realizó junto al presidente Nils Díaz una visita a la sala de emergencias y fue informada con detalle de los criterios utilizados por la NRC en cuanto a la clasificación de sucesos notificables.

• Reunión con la subdirectora para la seguridad de materiales nucleares y salvaguardias, Margaret Federline

Margaret Federline, acompañada por los jefes de las cuatro divisiones de su subdirección (ciclo del combustible y salvaguardias, seguridad en instalaciones industriales y médicas, gestión de residuos, y combustible gastado), recibió a la delegación

española, agradeciendo la buena colaboración que existe entre los dos organismos y las dos reuniones sobre desmantelamiento organizadas en España en 2003. Alabó el trabajo realizado por España en el Informe de la Convención Conjunta sobre la seguridad en la gestión del combustible gastado y la seguridad en la gestión de residuos radiactivos, así como las actividades realizadas en el desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I.

Después de describir las actividades de la subdirección y su organización, solicitó aumentar más aún la colaboración entre las dos instituciones y propuso intercambiar expertos para conocer en mayor profundidad las prácticas de trabajo.

• *Reunión con el director ejecutivo de operaciones, William Travers y el jefe de la oficina financiera, Jesse Funches*

William Travers, acompañado de sus jefes de oficina, recibió a la delegación española manifestando la estrecha relación que une a sendos organismos resaltando la reciente visita del consejero Julio Barceló. Destacó la estructura orgánica y funcional del CSN poniendo de relieve la analogía con la NRC.

Jesse Funches, expuso la política de recursos humanos y personal que sigue la NRC y respondió a preguntas de la delegación española referidas a forma de acceso al trabajo en la NRC, sistema de incentivos del personal, jornada horaria de trabajo o edad de jubilación del personal, entre otras cuestiones.

Mr. McDermott explicó a la delegación española el sistema de financiación presupuestaria de la NRC así como la gestión y empleo de sus recursos, destacando los procedimientos de modificaciones presupuestarias.

Finalmente, William Kane explicó el proceso para determinar las competencias esenciales de la NRC a fin de definir las habilidades precisas para desempeñar cada puesto de trabajo en la organización, así como el diseño del programa de formación específico anejo al mismo.

• *Reunión con la secretaria general, Karen Cyr*

Karen Cyr expuso a la delegación española la mayoría de los asuntos administrativos y judiciales en que están incurso sus servicios jurídicos, destacando el proceso judicial del caso Yuca Mountain y los plazos para su resolución.

Por su parte, el director de los servicios jurídicos, Mr. Burns, explicó toda la estructura orgánica de los servicios jurídicos donde cabe mencionar el alto número de abogados que desempeñan sus labores en áreas perfectamente definidas e independientes.

• *Reunión con el director de la Oficina de Asuntos con el Congreso, Dennis Rathbun*

Dennis Rathbun y su asesora la Linda Portner

explicaron la relación entre la NRC y el Congreso (formado por la Cámara de Representantes y el Senado) así como los mecanismos de información existentes entre ambos, que no difieren en esencia de los del CSN. Periódicamente el presidente de la NRC, los consejeros y los directores comparecen conjunta o separadamente para informar sobre los temas que el Grupo Nuclear, en el que existe representación de ambas cámaras, considere de interés. Se realizan informes específicos por parte de la NRC y se contestan cuantas preguntas son planteadas (unas 150 en 2002), cuatro o cinco veces al año miembros del Grupo Nuclear visitan la NRC con el objeto de profundizar sobre aspectos concretos en materia de seguridad nuclear, protección física, salvaguardias, etc.

No obstante la independencia con que cuenta la NRC en materia de elaboración de normativa, las decisiones se toman de forma coordinada.

A diferencia del CSN, la NRC no informa de sus actividades mediante resoluciones ni establece relaciones institucionales con otras administraciones regionales o locales, sólo mantiene una estrecha y directa relación con el Congreso al que considera un *stakeholder* más.

La Oficina atendió todas las cuestiones que se plantearon en el tiempo disponible y se puso a disposición del CSN para responder futuras consultas y proporcionar la información que se considere necesaria en un futuro.

• *Reunión con la directora de la Oficina de Programas Internacionales, Janice Dunn Lee*

A petición de la delegación española, la reunión se centró específicamente en las interacciones entre cuerpo técnico y la Oficina de Programas Internacionales y su sistema de gestión de la información.

Janice Dunn Lee presentó con sumo detalle la estrategia de la NRC para las Relaciones Internacionales iniciada hace cuatro años, con la creación de la Dirección. A diferencia del CSN, la asistencia a toda reunión internacional por parte de cualquier miembro de la NRC (incluidos todos los altos cargos) necesita un visado de la Oficina de Programas Internacionales, con el objeto de analizar la aportación de cada participación, su alineamiento con la estrategia y poder hacer un seguimiento posterior que es presentado al Consejo. Hasta el momento no se han evaluado formalmente los beneficios de las participaciones internacionales, pero son aceptadas positivamente a todos los niveles.

Para la planificación y discusión de las actuaciones se mantienen reuniones periódicas con los directores y subdirectores técnicos.

El calendario que incluye todas las reuniones internacionales se publica en Intranet para uso interno.

Toda persona que acude a una reunión internacional en representación de la NRC, debe enviar un breve informe a la Oficina, a su vuelta del viaje, destacando el interés técnico y otros puntos importantes surgidos durante su desplazamiento.

La Oficina de Programas Internacionales cuenta con 28 personas que se dividen el trabajo en áreas bilaterales (un responsable por cada cuatro o seis países) y multilaterales (OIEA, NEA, Convenciones...).

La Oficina proporcionó documentación complementaria y se brindó a facilitar cualquier información que en un futuro se considere de interés.

• *Reunión con el director de Asuntos Públicos, William Beecher y su Asistente para Comunicación Mindy Landau*

William Beecher y Mindy Landau acudieron a la reunión con diferentes miembros de diversas áreas, pero todos ellos con funciones de comunicación. El punto más extenso que se trató de entre los propuestos fue la aceptación por parte de la población de la publicación de los resultados del *Reactor Oversight Process*, que estimaron positiva. Aportaron mucha documentación utilizada por ellos durante el proceso de implantación, que recuerdan como efectivo pero muy laborioso y con participación de muchos expertos en comunicación.

Todos los miembros de la NRC coincidían en la importancia de la formación a la hora de explicar la organización del área de comunicación, que está diseminada casi por todos los departamentos, así como en las cuatro regiones. Ante el hallazgo de buenas prácticas por parte de los dos organismos y como estaba previsto, se propuso un intercambio de personal de poca duración, con un seguimiento posterior a través de videoconferencia. La acogida por parte de la NRC fue excesiva, por lo que se concluyó que se estudiarían las posibilidades, debido a la diferencia entre el número de personal entre los dos organismos.

• *Reunión con el director de Seguridad Nuclear y Respuesta ante Emergencias, Roy Zimmerman*

Roy Zimmerman disculpó la ausencia de la subdirectora de la División de Operaciones de Respuesta ante Emergencias, Susan Frant, y presentó a sus colaboradores más directos. La petición de información del CSN fue sobre el trato de la información sobre protección física, pero la introducción, muy extensa, se centró en las responsabilidades del área y en el tratamiento de la información con diferentes niveles de clasificación confidencial.

Sorprendentemente, uno de los puntos sobre los que más informan a la población y a los medios es sobre medidas de protección física, aunque las informaciones son muy parciales (ej.: informan sobre el aumento del número de guardias de seguridad,

pero no especifican número, ubicación o distancia entre ellos). A pesar de esto, la aceptación es buena, tras un intenso trabajo de concienciación, basado sobre todo en los medios de comunicación.

Reuniones del director de Seguridad Nuclear

José Igancio Villadóniga visitó la central de Robinson el día 14 de noviembre y mantuvo reuniones en INPO y en la Oficina Regional de la NRC (Región II) en Atlanta (Georgia) el día 17 de noviembre.

Segunda Reunión Bilateral

Finalmente se fijó como fecha para la segunda reunión bilateral, primeros de abril de 2004.

Convención Conjunta

Del 3 al 14 de noviembre se ha celebrado en Viena la primera Reunión de Revisión de las partes contratantes de la Convención Conjunta sobre la seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos. Como todos los países, España, a través de una delegación compuesta por miembros del Ministerio de Economía, el Consejo de Seguridad Nuclear y Enresa, presentó su informe sobre la observancia de las obligaciones de la Convención, que fue bien acogido por la exhaustiva información aportada sobre el grado de cumplimiento en que se encuentra el país. En menos de tres años se celebrará la segunda reunión en la que España deberá dar cuenta de las actividades desarrolladas a raíz de la revisión inter pares.

Visita del consejero Julio Barceló

Durante el pasado mes de octubre, el consejero del CSN Julio Barceló visitó las instalaciones de Yucca Mountain (el proyecto de AGP americano) y Haddam Neck (central nuclear en desmantelamiento) en Estados Unidos, invitado por la NRC.

La central Haddam Neck, del tipo PWR y propiedad de *Connecticut Yankee*, se encuentra en una fase muy adelantada de desmantelamiento, pudiendo servir de referencia al próximo desmantelamiento de la central José Cabrera. Así, el sistema de almacenamiento temporal del combustible gastado va a ser similar en los dos casos.

Desde el punto de vista operativo, y también regulatorio, existen diferencias entre los enfoques americano y español sobre el desmantelamiento. En el aspecto operativo, la responsabilidad, tanto técnica como económica en el caso americano, recae sobre la empresa explotadora, mientras que en España el desmantelamiento lo realiza Enresa. En cuanto a la regulación, mientras en España el CSN es el único organismo responsable, en Estados Unidos tienen responsabilidad sobre el proyecto varias



De derecha a izquierda: Theodore Smith, Ingeniero de la Office Nuclear Materials Safety and Safeguard; Julio Barceló, consejero del CSN; Marti Virgilio, Director de la Office Nuclear Materials Safety and Safeguard y Cindy Rosales, Relaciones Internacionales de la NRC.

agencias: NRC, EPA y agencia reguladora del Estado en que se encuentra la planta.

● NOMBRA MIENTOS

Antonio Núñez García-Saúco nombrado Embajador ante las Naciones Unidas

El presidente de la Junta de Gobernadores para 2003-2004 es el Embajador y Representante Permanente de España ante las Naciones Unidas en Viena, Antonio Núñez García-Saúco. Sustituye a la Embajadora de Kuwait, Nabeela Al-Mulla. Los cargos de vicepresidentes de la Junta los desempeñarán el Embajador peruano en Viena, Javier Manuel Paulinich y la Gobernadora checa en el OIEA, Dana Dravova.

El Embajador Núñez nació en Albacete en 1941.

Es Doctor en Filosofía y Humanidades y licenciado en Derecho y Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Complutense de Madrid, y ha realizado numerosos *masters* en estudios internacionales y europeos.

Forma parte del Ministerio de Asuntos Exteriores desde 1971.

Entre 1973 y 1984 ocupó varios puestos en el Ministerio de Educación y Ciencia, entre otros, Secretario General y Director General del Instituto Nacional de Educación Especial y Secretario General de la Real Asociación para la Educación y el Cuidado de los Discapacitados, con rango de Secretario de Estado.

Antes de su cargo actual, Núñez García-Saúco fue Embajador de España en Guinea Ecuatorial (1984-1987), Rumanía (1988-1991) y Australia (1992-1995).

Volvió al Ministerio de Asuntos Exteriores en Madrid como consejero en el Gabinete del Ministro, director general del Servicio Exterior (1996-1998) y director general de Relaciones Culturales y Científicas (1998-2000).

Fue nombrado Embajador Permanente Representante de España ante Naciones Unidas en Viena en junio de 2000.

Como Representante Permanente de España, ha participado como Miembro de la Junta de Gobernadores durante los últimos tres años. Fue elegido vicepresidente de la Junta para el período 2002-2003 y co-presidente del Grupo de Trabajo en el Programa de Presupuestos establecido por la Junta en 2003.

Agustín Alonso reelegido representante en el INSAG

El profesor D. Agustín Alonso Santos, consejero del CSN desde 1994 hasta 2001, ha sido reelegido como representante español en el INSAG (Grupo Internacional de Seguridad Nuclear) del OIEA. Su reelección, por un período de cuatro años, se debe a su internacionalmente reconocido prestigio en el campo de la Seguridad Nuclear. Este nombramiento completa la presencia española en todos los Comités y Organos Asesores del OIEA en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, lo que hace que España empiece a colocarse dentro del grupo de países más activos y con mayor protagonismo en ese área de actividad del OIEA.

Agustín Alonso es Doctor en Ciencias Físicas, licenciado en Ciencias Químicas e Ingeniero Industrial y Diplomado en Seguridad Nuclear por la Escuela de Tecnología de Reactores del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos) y por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (Estados Unidos).

En la actualidad es catedrático en el Departamento de Ingeniería Nuclear de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Es miembro, y ha sido presidente, de la Sociedad Nuclear Española, de la Sociedad Española de protección radiológica y de la Sociedad Nuclear Americana. Es también miembro *honoris causa* de la Sociedad Nuclear Europea.

● INFORMACIÓN GENERAL

Participación española en el Proyecto de mejora en la producción eléctrica de origen nuclear

El Consejo de Ministros ha autorizado al Ministerio de Ciencia y Tecnología la suscripción de un acuerdo

relativo al proyecto del Reactor Halden OCDE hasta 2006, entre el Ciemat y diversos organismos europeos relacionados con la energía nuclear.

La aportación del Ciemat asciende a 806.467,89 euros, que se distribuirán por anualidades. El Proyecto Halden es un acuerdo de investigación de la OCDE que se renueva cada tres años, en el que España viene participando desde el trienio 1991/93. La aportación total española al Acuerdo para el periodo 2003/2005 es de 1.075.290,52 euros.

El Acuerdo relativo al Proyecto Halden contempla, además de la financiación, los siguientes aspectos:

- Programa y condiciones de explotación del reactor. El programa trienal 2003/2005 contempla tres campos de actividad: combustible y materiales del Reactor, programa Hombre-Tecnología-Organización, y explotación del reactor para irradiación de combustible de prueba.

- Consejo de Administración de Halden para la toma de decisiones en la ejecución del proyecto.

- Grupo de Programa Halden compuesto por especialistas técnicos que prestará asistencia al Consejo de Administración.

- Acceso a los informes y resultados de todos los proyectos.

- Participación de investigadores en los programas del Proyecto Halden.

Esfuerzo común

El Proyecto de reactor Halden representa el esfuerzo común de los distintos países de la OCDE para el desarrollo de programas de investigación y mejora en la producción de energía eléctrica de origen nuclear, centralizando las investigaciones en un único reactor nuclear, cuya explotación se financia comunitariamente. España dispone, en este momento, de un parque nuclear compuesto por nueve unidades en funcionamiento y, por tanto, necesita estar al día de los avances e investigaciones relacionados con la explotación segura de las centrales que lo constituyen.

La participación española en el Proyecto Halden se organiza mediante un convenio que se suscribe entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), Enusa Industrias Avanzadas, S.A. y TECNATOM, S.A. constituyendo de este modo un consorcio español. Dicho convenio regula, entre otros aspectos, las aportaciones de cada una de estas entidades al proyecto internacional, cuyo pago gestiona el Ciemat. El importe total de la aportación española al proyecto internacional se asume por las cuatro entidades que forman el consorcio a partes iguales.

La empresa eléctrica TVO seleccionó en Finlandia el emplazamiento de Olkiluoto para la construcción del quinto reactor nuclear

Teollisuuden Voima Oy (TVO) ha finalizado la evaluación de emplazamientos disponibles para la construcción del nuevo reactor. Olkiluoto ha sido seleccionado entre las dos opciones disponibles (Olkiluoto y Loviisa). Según Mauno Paavola, presidente de TVO, las dos alternativas eran excelentes, ya que en ambas existen reactores nucleares en funcionamiento, pero en la evaluación total, Olkiluoto presentaba una alternativa algo más ventajosa que Loviisa.

Desde el mes de marzo, TVO está recibiendo ofertas y su intención es decidir el tipo de reactor que va a construir antes de que acabe el año.

Según TVO quien más posibilidades tiene es el consorcio Framatome ANP - Siemens AG, que ha basado su oferta en un reactor de agua a presión de unos 1.600 MW de potencia. Sin embargo, TVO no ha excluido las otras alternativas.

Está previsto que el nuevo reactor esté en funcionamiento en el año 2009.

Garofa se encuentra en "excelente condición técnica", según el OIEA

La central nuclear Santa María de Garofa, en Burgos, se encuentra en "una excelente condición técnica", según las conclusiones de expertos de la Organización Internacional para la Energía Atómica (OIEA), que recientemente visitaron las instalaciones.

Así lo ha indicado la empresa Nuclenor, propietaria de la central, que informó de la visita de la pasada semana de expertos del citado organismo, perteneciente a Naciones Unidas, dentro de la llamada Misión OSART. Las conclusiones de la Misión señalan que "todo el personal participa de forma muy activa en conseguir que la seguridad y fiabilidad de la instalación sea prioritaria".

Las misiones OSART son evaluaciones exhaustivas de la seguridad en la explotación, que comparan el funcionamiento y los diversos programas y procedimientos de operación de la central con las mejores prácticas de seguridad que se siguen en otras centrales nucleares del mundo.

En Santa María de Garofa el OSART comenzó en marzo de 2002, con la realización de una evaluación inicial, y de la misma surgieron recomendaciones y sugerencias cuyo grado de desarrollo ha sido verificado en la evaluación de seguimiento que ha tenido lugar durante la última semana del mes de noviembre.

La empresa titular, Nuclenor, ha destacado



Vista parcial del parque eléctrico de la central nuclear Santa María de Garoña

que “el calificativo de sobresaliente resume el resultado de la revisión llevada a cabo por los expertos del OIEA acerca del funcionamiento

y nivel de seguridad de la central nuclear Santa María de Garoña”.

El informe también recalca aspectos relacionados con la “cultura de seguridad”, tales como limpieza, orden y conservación de la central, programa de gestión de vida, trabajo en equipo y buena comunicación con el Consejo de Seguridad Nuclear.

Durante la revisión, expertos en seguridad de Alemania, Brasil, Estados Unidos, Eslovaquia, Francia, Rumanía, Suecia y Suiza han comparado la operación de Santa María de Garoña con los estándares de seguridad de la OIEA y con las mejores prácticas internacionales en las áreas de gestión y organización, entrenamiento y cualificación profesional, mantenimiento, apoyo técnico, protección radiológica y química, y planificación de emergencias.

El programa OSART guarda similitud con otro tipo de evaluaciones internacionales, como las que realiza la Asociación Mundial de Operadores de Centrales Nucleares (WANO) y que ya se llevó a cabo en Santa María de Garoña entre 1996 y 1998. La realización de una Misión OSART la solicita el país donde está localizada la Central a través del Gobierno y/o el Organismo Regulador, en este caso el Consejo de Seguridad Nuclear.

(Page 2)
Palliative Radiotherapy

J. Salinas

Palliative care does not attempt to prolong survival but to achieve the highest quality of life both for the patient and their family covering their physical, psychological, social and spiritual needs.

Radiotherapy (RT), one of the most important therapeutic modalities, has a great significance in palliative medicine for cancer since it attempts to reduce as much as possible the acute reaction associated with the treatment for the patient.

(Page 10)
New techniques for internal high-precision Radiotherapy: Perioperative High-Dosage Rate Braquitherapy (PHDRB)

R. Martínez-Monge y M. Cambeiro

Braquitherapy (from the Greek term *brachios*: short) is defined as the treatment of the tumours by situating radioactive sources on the inside of the malignant injury or very close to it. The article describes the techniques and the results obtained at the University of Navarra using Periopera-

Resúmenes

tory High-Dosage Rate Braquitherapy (PHDRB).

(Page 16)
PET in Radiation Oncology

J.L. Carreras

Nuclear Medicine and Radiation Oncology are two very different medical specialties but are condemned to collaborate in techniques such as the application of Positron Emission Tomography (PET), which belongs to Nuclear Medicine in Radiation Oncology, the topic treated in this article.

(Page 21)
Advances in the External Radiotherapy Treatment

J.J. Aristu

External Radiotherapy is one of the most important specific therapeutic techniques used in the treatment of cancer. The technological develop-

ment this technique has undergone provides noteworthy benefits for the patient, acquiring the administration of a more precise treatment by adapting it more to the tumour and significantly reducing the acute complications derived from it.

(Page 29)
Calls for proposals for Indirect IDT Action within the specific (Euratom) Research and Training Programme on Nuclear Energy (2002-2006)

The Official Diary of the European Union C 273 of 14 November, 2003, published the Calls for Indirect IDT Action for the Euratom Research and Training Programme on Nuclear Energy. The complete text of these Calls are reproduced in page 29.

(Page 32)
Cockcroft and Walton. Nobel Prize for Physics (1951)

In 1951, the Nobel Prize for Physics was shared by researchers John Douglas Cockcroft (1897-1969) and Ernest Thomas Sinton Walton (1903-1995), for their pioneer work on the transmutation of the atomic nuclei by artificial acceleration of atomic particles.

Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones, c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de fax: 91 346 05 58.

La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.



Centro de Información del CSN

Ámbito 1

La radiación natural

- Historia
- Átomos y radiaciones
- Introducción a la ciencia. Deducir sin ver
- Un mundo de radiaciones
- Radiación natural
- Medir la radiación. Medir la radiactividad
- Bañados en radiaciones



La radiación artificial

- Energía de fisión: centrales nucleares
- Ciclo del combustible. La metaformosis del uranio
- Industria: aplicaciones de los radioisótopos en la industria
- Medicina. Radiaciones ionizantes
- Otros usos



Ámbito 3

Riesgos y servidumbres

- Noción de riesgo. ¿Vivimos peligrosamente?
- La radiactividad y los seres vivos
- Riesgos y servidumbres de la gestión nuclear
- ¿Qué hacer con la basura radiactiva?
- Riesgos potenciales. Aprender de la gestión
- Escala de radiación artificial



Ámbito 4

El Consejo de Seguridad Nuclear

- ¿Qué es el CSN?
- Comunicación pública
- El CSN por dentro
- Criterios de seguridad
- Actuaciones
- Protección radiológica. Evitar las radiaciones
- Vigilancia ambiental
- Planes de emergencia
- I+D



El centro de información del CSN pretende, a través de 29 módulos interactivos distribuidos en cuatro ámbitos, acercar a los jóvenes al conocimiento de las radiaciones y sus usos, y explicar los mecanismos establecidos para controlar sus riesgos.

CSN

CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR

