



## Revisión de Artículos

**Francisco Clemente\***

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

Contamos en esta ocasión con una muestra de siete reseñas de artículos publicados en revistas de prestigio internacional en el ámbito de la física médica.

La primera de ellas, a cargo de Alfredo Serna, nos presenta una metodología para la evaluación de valores atípicos en el registro automático de dosis en pacientes de radiodiagnóstico, y la posible optimización de protocolos en base a dicho estudio. En la segunda, Pablo Mínguez nos presenta interesante estudio comparativo entre distintas alternativas para abordar la dosimetría en tratamientos de metástasis óseas con  $^{223}\text{Ra}$ . El resto de los comentarios presentados se centran en el área de radioterapia. En este bloque, el siguiente estudio corre a cargo de Víctor Hernández, que nos presenta una nueva metodología para el modelado del efecto *tongue-and-groove* en nuestros sistemas de planificación de tratamientos. Las dos siguientes reseñas abordan el estudio y aplicación de las películas radiocrómicas desde dos áreas diferenciadas. Por un lado, César Rodríguez aborda un nuevo punto de vista en la sensitometría de estos detectores. Desde otro ángulo, Francisco Javier San Miguel propone un análisis de distintos métodos para la dosimetría absoluta empleando tales detectores. Para finalizar, los dos últimas contribuciones se centran en el área de braquiterapia. La primera, a cargo de David Miguel, presenta los resultados de la evaluación de tratamientos de melanoma de úvea empleando dicha técnica. Finalmente, en la última contribución, Christian Valdés nos muestra la caracterización Monte Carlo de una unidad de braquiterapia electrónica.

Esperamos que los comentarios presentados por los autores de tales trabajos sean de vuestro agrado. Muchas gracias a todos, fundamentalmente a los autores de dichos trabajos y reseñas, por el abundante material aportado, y por ofrecer su contribución y punto de vista para la elaboración de la presente sección.

Un fuerte abrazo.

\* Correspondencia  
Email: pclementegutierrez@gmail.com



## Optimization of CT protocols using cause-and-effect analysis of outliers

Serna A, Ramos D, Garcia-Angosto E, Garcia-Sanchez AJ, Chans MA, Benedicto-Orovitg JM, Puchades-Puchades V, Mata-Colodro JF  
*Phys Med* 2018;55:1-7.

### Alfredo Serna

Departamento de Física Médica y Protección Radiológica. Hospital General Universitario Santa Lucía. Calle Mezquita, s/n. 30202, Cartagena, Murcia.  
[alfredo.serna@carm.es](mailto:alfredo.serna@carm.es)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

En la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia se dispone de un sistema automático de registro de dosis (SARD) de pacientes sometidos a exploraciones radiológicas en los hospitales públicos. La gran cantidad de información registrada permite realizar comparaciones de forma eficiente de los índices de dosis (ID) entre distintos equipos, así como con respecto a niveles de referencia diagnósticos (DRL). El SARD dispone además de un sistema de alertas cuando se superan determinados umbrales establecidos por el usuario sobre los ID (normalmente empleamos como umbral el doble de la mediana). En la práctica son los operadores los encargados de realizar la justificación de dichas alertas a partir de un listado de posibles causas. En una evaluación interna de este proceso de justificación observamos que las causas establecidas por el operador no se correspondían con la valoración hecha por un radiofísico experto. Por tanto, el procedimiento empleado no era el más apropiado para poder tomar medidas de optimización de los procedimientos radiológicos.

Esto nos motivó a desarrollar un método estadístico para la identificación de valores atípicos de la distribución de los índices de dosis y su posterior justificación en un marco cooperativo entre profesionales.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El estudio se centró en los estudios de Cráneo Adulto de un TC. Los valores atípicos (*outliers*, en inglés) es un evento que está a una distancia anómala de otros valores en una muestra aleatoria de una población. En este sentido, hay que caracterizar primero las observaciones que consideramos normales y establecer en qué condiciones se decide que el evento está a una distancia anómala.

Por tanto, para llevar a cabo el primer paso extrajimos la información acumulada durante un año en el SARD para determinar la forma de la distribución de CTDIvol y DLP. La distribución de ambos índices de dosis se ajusta bien, en nuestro caso, a una distribución log-logística, lo cual tiene relación con el modo en que el TC usa la modulación de corriente de tubo.

Ahora el problema radicaba en encontrar los valores umbrales para decidir si un evento es un *outlier*. El método clásico basado en los diagramas *boxplot* tiene el inconveniente de marcar demasiados falsos positivos cuando se usa en distribuciones que tienen un sesgo relevante, como era efectivamente nuestro caso. Así pues, hicimos uso de una modificación del método *boxplot* usando un parámetro robusto de estimación del sesgo, *medcouple* para establecer los umbrales para marcar los valores como *outliers*, tanto para valores altos como bajos.

Finalmente, para analizar las causas que producen los *outliers* se conformó un Comité de Dosis, compuesto por radiofísicos, radiólogos, técnicos y dirección del hospital. Las conclusiones de este Comité son implementadas en la práctica clínica.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Aproximadamente el 5% de los exámenes radiológicos son marcados mensualmente como *outliers*. El 100% de estos estudios se llegó a determinar una causa objetiva, relacionada fundamentalmente con un uso inadecuado de la herramienta de modulación de la corriente de tubo y/o una incorrecta selección del protocolo de exploración. Estas causas diferían de las anotadas por los técnicos en el proceso de justificación de las alertas.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El estudio se llevó a cabo para un protocolo y TC concreto pero la sistemática que presentamos es aplicable a cualquier tipo de exploración radiológica, siendo fundamental la participación multidisciplinar para establecer las causas objetivas de las desviaciones de las prácticas y establecer procedimientos de optimización.

Pensamos que la optimización de los protocolos radiológicos no debería basarse exclusivamente en la determinación de los DRL, sino que debería ir acompañado de una evaluación sistemática de los datos atípicos (*outliers*). En este proceso los sistemas SARD son una gran ayuda.



### Comparison of microdosimetry-based absorbed doses to control tumours and clinically obtained tumour absorbed doses in treatments with $^{223}\text{Ra}$

Mínguez P, Roeske JC, Mínguez R, de Iturriaga AG, Rodeño E  
Phys Med Biol 2018;63:145005.

#### Pablo Mínguez

Departamento de Física Médica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Gurutzeta-Cruces. Plaza de Cruces, s/n. 48903, Barakaldo, Vizcaya.  
[pablo.minguezgabina@osakidetza.eus](mailto:pablo.minguezgabina@osakidetza.eus)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Los tratamientos de terapia con radionucleidos se realizan en general dando actividades fijas o actividades basadas en la masa del paciente. En la mayoría de los casos, a pesar de que la legislación actual así lo requiere, no se calculan ni las dosis absorbidas en los órganos de riesgo ni en las lesiones. A nivel europeo, existe en este punto una diferencia de criterios entre los representantes de los médicos nucleares y los radiofísicos que trabajan en medicina nuclear. Muchos médicos nucleares, al contrario que los radiofísicos, ven la terapia metabólica más como una quimioterapia que como una terapia con radiaciones ionizantes. En el caso de la radioterapia externa todos los tratamientos se llevan a cabo después de realizarse una dosimetría, e idealmente esa debería ser la situación para la terapia metabólica. En el caso del tratamiento con  $^{223}\text{Ra-Cl}_2$  de las metástasis óseas en el cáncer de próstata metastásico resistente a la castración es infrecuente la realización de dosimetría, pero se han publicado métodos para determinar las dosis absorbidas medias en las lesiones, así como los resultados obtenidos. Con el análisis llevado a cabo en nuestro estudio queríamos ver si los valores publicados de dichas dosis absorbidas medias son suficientes para conseguir un control de la lesión.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El principal reto analizado con el Profesor John Roeske fue ver cómo realizar la simulación Monte Carlo. La distribución real del  $^{223}\text{Ra-Cl}_2$  en las lesiones y su entorno no es bien conocida, con lo cual decidimos no intentar probar con una simulación que intentase aproximarse a la realidad. Por el contrario, intentamos simular el caso de las aproximaciones seguidas en el cálculo de las dosis absorbidas medias en las lesiones a partir de imágenes obtenidas en gammacámara, ya que al fin y al cabo el objetivo era comparar nuestros resultados con los valores de dosis absorbidas medias en lesiones obtenidos en casos reales.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

En los resultados obtenidos para las dosis absorbidas medias necesarias para controlar las lesiones, entre otras cosas, hemos analizado su dependencia con la radiosensibilidad de las células de las lesiones. Para el rango de radiosensibilidad estudiado, obtenido a partir de datos bibliográficos, hemos visto que los valores publicados de dosis absorbidas medias en las lesiones están en la parte inferior del rango de las dosis absorbidas medias necesarias para controlar las lesiones.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

A día de hoy, el tratamiento de las metástasis óseas en el cáncer de próstata metastásico resistente a la castración con  $^{223}\text{Ra-Cl}_2$  se realiza dando una actividad basada en la masa del paciente (6 ciclos de 55 kBq/kg). Nuestros resultados sugieren que con este esquema de tratamiento las dosis absorbidas medias en las lesiones no serían en muchos casos suficientes para el control de dichas lesiones. Nuevos estudios serían necesarios con el objeto de optimizar el esquema de tratamiento actual.



### A new method for modelling the tongue-and-groove in treatment planning systems

Hernandez V, Vera-Sánchez JA, Vieillevigne L, Khamphan C, Saez J  
Phys Med 2018;63:245005.

#### Víctor Hernández

Departamento de Física Médica. Hospital Sant Joan de Reus. Av. Doctor Josep Laporte, 2.  
43204, Reus, Tarragona.  
[vhernandezmasgrau@gmail.com](mailto:vhernandezmasgrau@gmail.com)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El modelado del colimador multiláminas es un aspecto fundamental en los Sistemas de Planificación de tratamientos en Radioterapia, especialmente para tratamientos con modulación de intensidad. Hace unos años nos dimos cuenta de que el modelado del lateral de las láminas, en inglés conocido como *tongue-and-groove* no estaba del todo bien resuelto y que esto explicaba la falta de exactitud de los cálculos en algunos planes de tratamiento, especialmente en aquellos de alta complejidad. En nuestra opinión, esta es la principal limitación de los cálculos del Sistema de Planificación Eclipse, como mínimo en medios homogéneos. El objetivo de este estudio es proponer una mejora del modelo de colimador multiláminas que proporcione una mayor exactitud y que pueda ser fácilmente implementado en los Sistemas de Planificación comerciales.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El primer reto fue la falta de pruebas adecuadas para evaluar y caracterizar el modelado del *tongue-and-groove*. Por este motivo desarrollamos nuevas pruebas que presentamos en un trabajo previo (Phys Med Biol 2017;62:6688-6707).

También nos encontramos con las dificultades propias del estudio, ya que desarrollar el nuevo modelo no fue sencillo. Además, para evaluar el modelo tuvimos que desarrollar un pseudo-planificador propio y es difícil combinar este tipo de estudios con la práctica asistencial.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Los modelos habituales del *tongue-and-groove* presentan limitaciones importantes, especialmente para planes complejos con aperturas pequeñas y campos irregulares. Para aceleradores con micromultiláminas (como el HD120 de Varian) la frecuencia espacial de estos efectos es mayor, por lo que el impacto dosimétrico de las limitaciones también es más importante.

El método propuesto modeliza bien la combinación de *tongue-and-groove* y extremos de láminas redondeados, por lo que proporciona buenos resultados incluso para aperturas de multiláminas pequeñas e irregulares. Además en este estudio también proporcionamos la metodología para determinar todos los parámetros necesarios a partir de medidas con cámara de ionización.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El nuevo modelo que proponemos permite mejorar la exactitud de los cálculos dosimétricos para campos clínicos en los que las láminas se mueven de forma asíncrona y puede ser fácilmente implementado en los Sistemas de Planificación. Aunque en este trabajo nos hemos comparado con Eclipse, hemos visto que otros

planificadores presentan limitaciones muy parecidas. En consecuencia, esperamos que este nuevo modelo contribuya a mejorar la exactitud de los cálculos dosimétricos de los Sistemas de Planificación en Radioterapia, permitiendo una reducción de las incertidumbres existentes en la práctica clínica.



## Radiochromic EBT2 and EBT3 sensitometry based on growth of two color phases of the polymer

Rodríguez C, Martínez LC  
Med Phys 2019;46:1896-904.

### César Rodríguez

Servicio de Física Médica y Protección Radiológica. Hospital Universitario de Fuenlabrada.  
Camino del Molino, 2. 28942, Fuenlabrada. Madrid.  
[cesar.rodriguez@salud.madrid.org](mailto:cesar.rodriguez@salud.madrid.org)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Las películas radiocrómicas son detectores adecuados para la medida de distribuciones espaciales de dosis absorbida, en especial en situaciones con altos gradientes de dosis o de falta de equilibrio electrónico. La radiación inicia una reacción de polimerización en su elemento activo que altera sus propiedades ópticas, aumentando la absorción de luz. La sensitometría de estas películas consiste en establecer la relación entre la dosis absorbida y la absorción de luz. En la práctica la absorción de luz se mide mediante la señal digital que produce un digitalizador en modo de transmisión. Los detalles físicos de los que depende esta señal son complejos y con frecuencia se recurre a modelos polinómicos o racionales, que se ajustan empíricamente, para caracterizar sensitométricamente las películas. También se han propuesto modelos con una mayor base física. Varios miembros de la SEFM han hecho contribuciones a la sensitometría de las películas radiocrómicas aplicando modelos de percolación (F. Del Moral et al., From the limits of the classical model of sensitometric curves to a realistic model based on the percolation theory for GafChromic™ EBT films, Med Phys 2009;36(9):4015-26 y J. Martín-Viera Cueto et al. A universal dose–response curve for radiochromic films, Med Phys 2015;42(1):221-31). En 2016 Callens et al publicaron un trabajo (A spectroscopic study of the chromatic properties of GafChromic™ EBT3 films, Med Phys 43(3):1156-66) en el que se describía con detalle la física de la atenuación de la luz en los elementos activos de la película. De acuerdo a su descripción el polímero se desarrolla según dos configuraciones, las llamadas fases roja y azul, siendo posibles en cada fase diferentes longitudes de conjugación. A cada configuración y longitud se asocian varios picos de absorción centrados en longitudes de onda definidas, que corresponden a una transición electrónica de base, y sobre esta, varios niveles vibracionales.

Nuestra motivación al realizar el estudio fue proponer un modelo sensitométrico que se apoyara en las bases físicas descritas por Callens, de manera que tuviera el menor número posible de parámetros libres.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Para caracterizar la absorción de luz en función de la dosis hemos tenido que implementar el modelo de Callens. Debido además a que no contamos con un densitómetro espectral las medidas de absorbancia las hemos tenido que tomar de la literatura.

La otra dificultad esencial ha sido la validación de nuestra asunción de que en cada canal de color del digitalizador la atenuación de la luz debe ser una combinación lineal de la absorbancia integral de cada fase del polímero. Para ello se han empleado películas pertenecientes a diferentes modelos y lotes de fabricación.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Dentro del rango de dosis y calidad del haz establecidos en nuestro trabajo, los resultados indican que es posible un modelo sensitométrico de los elementos activos de la película que dependen de un único parámetro por cada canal de color. Este parámetro relaciona linealmente la atenuación de la luz y la absorbancia integral de cada fase del polímero. Un resultado importante de nuestro estudio es que de seis lotes de fabricación

diferentes, en cinco de ellos el parámetro lineal es compatible dentro de incertidumbres con un único valor representativo. Las películas de estos cinco lotes provenían de dos modelos de fabricación diferentes.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Disponer de un modelo sensitométrico en el que sus parámetros libres presentan una dependencia lineal simplifica notablemente el proceso de calibración. Además de confirmarse que un modelo único es válido para películas pertenecientes a diferentes lotes de fabricación e incluso modelos, siempre que se asegure que el elemento activo no se ha modificado y se ha conservado adecuadamente, se podría plantear un nuevo protocolo de calibración basado en una curva universal que se adaptara a las condiciones actuales mediante la medida de dos dosis absorbidas seleccionadas en un rango adecuado.



### Analysis of different procedures for absolute dosimetry with EBT3 radiochromic film

San Miguel FJ, Clemente-Gutiérrez F, Pérez-Vara C  
Biomed Phys Eng Express 2018;4:065008.

#### Francisco Javier San Miguel

Servicio de Protección Radiológica y Radiofísica. Hospital Central de la Defensa "Gómez Ulla".  
Glorieta del Ejército, 1. 28047, Madrid.  
[fsanave@mde.es](mailto:fsanave@mde.es)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Los detectores comúnmente usados en nuestro hospital en el control de calidad pretratamiento en radioterapia, tienen una pobre resolución espacial a la hora de analizar distribuciones de dosis cuando los campos son pequeños. No se tiene claro cómo afecta la resolución de estos detectores a la hora de comparar las distribuciones de dosis medidas con las calculadas. En este sentido, la película radiocrómica tiene una gran ventaja que es su alta resolución espacial. En el mercado existen soluciones comerciales para su análisis, pero no siempre es posible su adquisición. Con objeto de poder comparar distribuciones de dosis para campos pequeños, surge la necesidad de desarrollar un procedimiento para poder analizar películas radiocrómicas con los medios disponibles. Lo ideal sería desarrollar un algoritmo y procedimiento propio, pero esto conllevaría una gran cantidad de tiempo y con la carga asistencial propia del hospital resulta complejo. En la literatura, se pueden encontrar gran cantidad de referencias con procedimientos de análisis que en teoría funcionan.

En este trabajo se hizo una comparación de diferentes algoritmos utilizados para el análisis de películas radiocrómicas, con el objetivo de intentar obtener un procedimiento óptimo para aplicarlo en el análisis de distribuciones de dosis. Se evaluaron diversos algoritmos, aunque sólo se hizo referencia a los que dieron mejores resultados.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Un reto importante fue el descifrar los algoritmos publicados en las distintas referencias. Se llegó a dar el caso en el que uno de los procedimientos matemáticos analizados tenía algún error. Además, a pesar de haber un gran número de métodos de análisis, hay muy pocas comparaciones entre ellos.

Otra de las dificultades fue el fenómeno ampliamente referenciado y conocido como el artefacto lateral. Se quería obtener un procedimiento de análisis enfocado a los campos pequeños de SBRT, pero lo ideal era obtener un procedimiento para cualquier campo de tratamiento. Para campos grandes, el efecto del artefacto lateral es muy acusado.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Se encontraron varios procedimientos que ofrecieron resultados consistentes. Cuando se compararon distribuciones de dosis obtenidas en distintos detectores, en los casos en los que los campos de tratamiento eran



muy pequeños, se observaron diferencias entre las radiocrómicas y otros detectores comúnmente usados. En nuestro caso particular, cuando el tamaño del segmento irradiado se acercaba al límite de resolución espacial del equipo, este sobreestimaba ligeramente la dosis medida.

Otro de los hallazgos obtenidos fue la buena respuesta de los procedimientos analizados en un amplio rango de dosis (1-14 Gy).

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Con cualquiera de los procedimientos estudiados se puede hacer una comparación exhaustiva de diferentes planos de dosis, especialmente a nivel de resolución espacial. Además, se pueden emplear como una herramienta adicional en el proceso de calibración de campos pequeños en el acelerador.



### Visual outcome after posterior uveal melanoma episcleral brachytherapy including radiobiological doses

Miguel D, Frutos-Baraja JM, López-Lara F, Saornil MA, García-Alvarez C, Alonso P, Diezhandino P  
J Contemp Brachytherapy 2018;10:123-31.

#### David Miguel

Unidad de tumores introculares. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Av. Ramón y Cajal s/n. 47003, Valladolid.  
[david.miguel@outlook.com](mailto:david.miguel@outlook.com)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El melanoma de úvea, a día de hoy, sigue causando significativa morbilidad y mortalidad debido a la dificultad de un diagnóstico precoz y a su gran capacidad de diseminación. El empleo de opciones terapéuticas conservadoras, como la braquiterapia episcleral, ha significado una importante ganancia para el paciente sin empeorar su pronóstico quedando la enucleación indicada únicamente para los casos muy avanzados. Aunque la preservación del órgano se logra con la mayoría de los pacientes un número elevado de ellos experimenta una disminución severa en la agudeza visual secundaria al tratamiento.

La pregunta que nos llevó a realizar este trabajo fue si el tiempo de tratamiento influye en la toxicidad y de forma paralela en la pérdida de la agudeza visual, teniendo en cuenta que los tiempos de permanencia del aplicador para asegurar una correcta cobertura y tasa deben de estar comprendidos entre 3 y 10 días. Al igual que ocurre en radioterapia externa donde para una misma dosis el fraccionamiento condiciona la dosis radiobiológica, en braquiterapia, para cada tiempo de tratamiento y tejido puede establecerse una dosis biológica equivalente recibida.

Para realizar la investigación, la vía adoptada fue el estudio estadístico donde se incluyeron además de las dosis radiobiológicas, las dosis físicas, las características tumorales y las variables vinculadas al tratamiento.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Se trata de un estudio retrospectivo basado en las observaciones de un grupo de pacientes tratados en una única institución entre los años 1996 y 2016. Por tanto, recoger los datos durante estos 20 años con unas bajísimas pérdidas de seguimiento constituye una de las principales dificultades del estudio.

Otra dificultad añadida es que en los trabajos se incluyen magnitudes físicas y parámetros radiobiológicos con base experimental tanto para el tumor como para los tejidos adyacentes del globo ocular. Algunos de los mecanismos de respuesta a las radiaciones no se conocen con absoluta certeza y pueden cambiar cuando se realicen revisiones o estudios más pormenorizados y avanzados en su campo.

Finalmente, debido a la falta de estudios en los que se incluye la dosis biológica la comparación de los resultados de otros autores resulta imposible. Esto representa una dificultad añadida al no poder efectuar un contraste directo con otros trabajos.

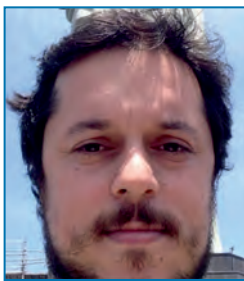
### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

En este trabajo se realiza un análisis estadístico y absolutamente novedoso de la pérdida de la función visual donde se trabaja con una escala lineal de agudezas visuales y no con una decimal, que es la habitual en los registros clínicos. Mediante dicha escala, la pérdida de la agudeza visual durante los primeros 5 años puede ser modelada mediante una función exponencial negativa dependiente de 3 parámetros.

Se estudió además la relación estadística de la pérdida de visión con todas las variables clínicas recogidas. La repercusión de la dosis biológica no está clara, ya que sí es estadísticamente significativa en el análisis univariable, pero no en el multivariable. Otros factores de riesgo que se encontraron fueron la dosis física en la foveola, la altura apical, el tamaño del aplicador y localización yuxtapapilar del tumor.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El trabajo presenta dos principales novedades: La primera está relacionada con el modelado de la pérdida de la función visual. Hasta ahora esto no existía como tal, sino que se realizaban estudios de supervivencia para la pérdida de la función visual que arrojaban un información limitada y no demasiado precisa. La segunda, de especial interés para los radiofísicos: la inclusión de las dosis biológicas como nuevo elemento estadístico a considerar en el tratamiento del melanoma de úvea, representando el primer estudio radiobiológico de braquiterapia episcleral con una serie clínica de pacientes.



### A Monte Carlo-based dosimetric characterization of Esteya®, an electronic surface brachytherapy unit

Valdes-Cortez C, Niatsetski Y, Perez-Calatayud, Ballester F, Vijande J  
Med Phys 2019;46:356-69.

#### Christian Valdés Cortez

Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Universidad de Valencia. 46100, Burjassot, Valencia.

Departamento de Radioterapia, Centro Oncológico de Antofagasta. Los Pumas, 10255, Antofagasta, Chile.

[cvalcort@gmail.com](mailto:cvalcort@gmail.com)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La braquiterapia electrónica es una técnica relativamente reciente que ha ido captando el interés de la comunidad. Debido a lo anterior, es un campo fértil para la investigación al menos en dos grandes aspectos: establecer en qué situaciones sus ventajas comparativas superan a las desventajas, y la reducción de las incertidumbres asociadas a este tipo de tratamiento. Este último aspecto, a su vez, requiere del desarrollo de nuevos sistemas de planificación computarizada, aumentar el conocimiento respecto del comportamiento de los dosímetros a bajas energías, mejorar los protocolos de determinación de dosis absorbida, y un largo etcétera. La motivación de este trabajo es aportar, en una mínima parte, a la gran cantidad de información que es necesaria acumular para suplir los requerimientos antes mencionados.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Definitivamente, el principal reto es lidiar con las bajas energías utilizadas en esta técnica (hasta 70 keV). Por una parte, a menor energía, menor es el conocimiento que se tiene respecto a las secciones eficaces. Además, los altos gradientes de dosis involucrados afectan tanto a la simulación como a su verificación experimental. Por una parte, las simulaciones se hacen cada vez más dependientes de la exactitud de la información que alimenta al modelo (geometría, detalles del haz de electrones, etc.), información que muchas veces es de difícil acceso; y, por la otra, las medidas se ven muy afectadas por las tolerancias de fabricación y el posicionamiento del sistema (equipo de tratamiento y equipo de medida).



### **¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?**

Los resultados obtenidos (PDD, HVL, perfiles de dosis y energía promedio) concuerdan con las mediciones experimentales, dentro de las incertidumbres esperadas. Las diferencias entre simulación y medidas experimentales están en línea con los hallazgos reportados en equipos similares y con otros códigos de simulación. Se encontró una dependencia de la energía promedio de los fotones respecto a la distancia fuera de eje del punto de medición. Dicha dependencia es generada, al menos en su mayor parte, por la geometría del filtro aplanador. Se destaca que el uso de los parámetros de transporte C1 y C2 de PENELOPE, en el material del blanco, no aportan en un mejoramiento de la eficiencia de la simulación, al menos con la configuración y el equipo estudiado.

### **¿Cuáles son las repercusiones del estudio?**

Este es el primer estudio Monte Carlo que se realiza en este equipo específico, y uno de los primeros que usan el código PENELOPE para caracterizar un equipo de braquiterapia electrónica. La información publicada, puede ser utilizada tanto en la clínica como en la investigación académica. En el contexto clínico, la caracterización dosimétrica realizada puede servir como una fuente independiente para contrastar con los datos recolectados en procesos como el comisionamiento o de controles de calidad periódicos. En el contexto académico, pusimos a disposición (en línea) los archivos con los espacios de fase del equipo de tratamiento. Estos archivos, junto con otra información entregada en el estudio, podrían ser utilizados por otros autores como punto de partida para futuras publicaciones.



# Aproveche toda su capacidad para administrar tratamientos de SRS de alta precisión

La tecnología de radioterapia de alta definición HyperArc™ se ha diseñado para simplificar los tratamientos más complejos, como los tratamientos de SRS no coplanares. Utiliza funciones de última generación que le permitirán tratar varias metástasis simultáneamente, así como mejorar su capacidad para tratar a más pacientes, reducir la duración de los tratamientos, aumentar el rendimiento y maximizar la eficacia.

**Más información: [Varian.com/HyperArc](https://www.varian.com/HyperArc)**

Información de seguridad: La radiación puede provocar efectos secundarios y no ser adecuada para todos los tipos de cáncer.

© 2018 Varian Medical Systems, Inc. Varian y Varian Medical Systems son marcas comerciales registradas e HyperArc es una marca comercial de Varian Medical Systems, Inc.

**varian**