

ISSN 2214-2134

Vol. 2 • Núm. 1 • Enero-Junio 2014

Revista de  
*Medicina e  
Investigación*



Universidad Autónoma del Estado de México

**Editorial**

Mensaje editorial de la Directora  
*L. P. Bustamante-Montes*

**Artículos Originales**

Subculturas en adolescentes de Ciudad Nezahualcóyotl: prácticas de riesgo para la salud  
*D. Casas, et al.*

Cinética de internalización del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)Lys}^3\text{-BN}$  en linfocitos humanos empleando el ensayo cometa  
*M. A. Luna-Gutiérrez, et al.*

**Carta Científica**

Textiloma que se presenta como una masa abdominal: presentación de un caso y revisión bibliográfica

*A. Silva-Carmona, et al.*

Manifestaciones cutáneas del dengue. Reporte de caso y revisión de la literatura

*M. Reyna-Medina, et al.*

**Artículos de Revisión**

La placenta como órgano endocrino compartido y su acción en el embarazo normoevolutivo  
*Y. M. Rodríguez-Cortés, et al.*

Aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación hospitalaria

*L. Sandoval-Flores*

**Memorias**

Memorias del III Congreso de la Federación Mexicana de Organizaciones de Física Médica  
*Eleni Mitsoura*

Vol. 2 • Núm. 1 • Enero-Junio 2014

Revista de Medicina e Investigación



[www.elsevier.es](http://www.elsevier.es)

[www.elsevier.es/rmi](http://www.elsevier.es/rmi)





Revista de  
*Medicina e  
Investigación*



**Comité editorial**

Revista de Medicina e Investigación Universidad Autónoma del Estado de México

**Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma  
del Estado de México**

**Directora**

Dra. en C. Lilia Patricia Bustamante Montes

**Editora**

Dra. en C. Araceli Consuelo Hinojosa Juárez

**Comité editorial externo**

Dr. Ruy Pérez Tamayo (El Colegio Nacional)

Dr. Ranulfo Romo (El Colegio Nacional)

Dr. Juan Manuel Alanís Tavira (Academia Mexiquense de Medicina)

Ph. D. Vanderlei Salvador Bagnato (Universidad de Sao Paulo)

Ph. D. Roberto Trujillo (Johns Hopkins University MCC)

Dra. Sara Cortés Bargalló (AMFEM)

Ph. D. Joana Rosario (TruBios Clinical Research)

Dr. Javier Mancilla Ramírez (INPER)

Dr. Romeo Sergio Rodríguez Suárez (Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Hospitales de Alta Especialidad)

Dr. Francisco Ochoa Carrillo (Academia Mexicana de Cirugía)

Dr. Guillermo Gutiérrez Calleros (Neonatólogo Phoenix)

M.S.P. Gilberto Bernal Sánchez (Universidad Anáhuac)

Dr. Gabriel O'Shea Cuevas (Secretaría de Salud, ISEM)

Dr. Waliszewski Kubiak Stefan Marian (Universidad Veracruzana)

Esp. en Ped. Juan Márquez Jiménez (Academia Mexicana de Medicina)

Esp. en Rehab. Beatríz Sidonio Aguayo (Instituto Nacional de Rehabilitación)

Esp. en Rehab. Juan Francisco Márquez Vázquez (Instituto Nacional de Rehabilitación)

Dr. Jorge Caraveo Anduaga (Instituto Nacional de Psiquiatría)

Dr. Ángel Romero Cárdenas (Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez)

Dr. Ángel Betanzos Reyes (Instituto Nacional de Salud Pública de México)

Dr. Horacio Reyes Vázquez (Programa de CAALMA)

Dr. Hugo Mendieta Zerón (CICMED)

Dr. Armando Muñoz Valencia (Centro Médico de Toluca)

Dra. Mayté Vallejo Allende (Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez)

Dra. Ana Cecilia Rodríguez de Romo (Departamento de Historia de la Medicina, Facultad de Medicina, UNAM)

Dr. Jesús Kumate Rodríguez (Dr. Honoris causa por la UAEMex. Miembro del Colegio Nacional)

**Comité editorial interno**

M. en C.S. Luis Guillermo de Hoyos Martínez

Esp. en Psiqu. Jesús Bermeo Méndez

Dra. en C. Araceli Consuelo Hinojosa Juárez

Esp. en M.I. Alfredo Cabral Casas

Esp. en M.F. Jorge Francisco Osorio Ocampo

Esp. en C. Manuel Enrique Muñoz Rogel

Esp. en C.G. Mario Alfredo Jaramillo García

Lic. María Guadalupe Ibarra Olvera



ELSEVIER

**Editado por:**

Masson Doyma México, S.A.

Av. Insurgentes Sur 1388 Piso 8,

Col. Actipan, C.P. 03230,

Del. Benito Juárez, México D.F.

Tels. 55 24 10 69, 55 24 49 20

La Revista de Medicina e Investigación Universidad Autónoma del Estado de México es el órgano oficial de la facultad de Medicina de la UAEMex, publica en forma semestral trabajos de investigación clínica y básica de medicina y carreras afines en inglés y español. Toda correspondencia deberá ser enviada a correo: revista\_fmex@uaemex.mx o a Jesús Carranza esquina Paseo Tollocan, Colonia Moderna de la Cruz, Toluca, estado de México, México CP 50180, Tel. (722) 2702899 ext. 107, 126.

Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2012-062510505400-203, ISSN: 2214-2134. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores. Todos los derechos reservados de acuerdo con la Convención Latinoamericana y la Convención Internacional de los Derechos de Autor. Ninguna parte de esta revista electrónica puede ser reproducida por ningún medio, incluso electrónico ni traducida a otros idiomas sin autorización escrita de sus editores.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.



# Contenido

## Editorial

- Mensaje editorial de la Directora 1  
*L. P. Bustamante-Montes*

## Artículos originales

- Subculturas en adolescentes de Ciudad Nezahualcóyotl:  
prácticas de riesgo para la salud 2  
*D. Casas, A. Rodríguez, G. Contreras, Z. Becerril, A. Vela, L. Ibarra,  
V. Gutiérrez y C. Galeana*
- Cinética de internalización del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT}$   
(49-57)Lys<sup>3</sup>-BN en linfocitos humanos empleando el ensayo cometa 12  
*M. A. Luna-Gutiérrez, J. Castillo-Cadena y G. Ferro-Flores*

## Cartas científicas

- Textiloma que se presenta como una masa abdominal:  
presentación de un caso y revisión bibliográfica 18  
*A. Silva-Carmona, A. M. Ganado-Escobar, y M. A. Mondragón-Chimal*
- Manifestaciones cutáneas del dengue. Reporte de caso y revisión de la literatura 23  
*M. Reyna-Medina, L. Romero-Albarrán y A. Gante-Cornejo*

## Artículos de revisión

- La placenta como órgano endocrino compartido y su acción en el embarazo  
normoevolutivo 28  
*Y. M. Rodríguez-Cortés, y H. Mendieta-Zerón*
- Aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación hospitalaria 35  
*L. Sandoval-Flores*

## Memorias

- Memorias del III Congreso de la Federación Mexicana de Organizaciones  
de Física Médica 42  
*Eleni Mitsoura*



# Contents

## Editorial

- Editorial message from the Directora 1  
*L. P. Bustamante-Montes*

## Original Articles

- Teen city subcultures Nezahualcóyotl City and practical health risk 2  
*D. Casas, A. Rodríguez, G. Contreras, Z. Becerril, A. Vela, L. Ibarra,  
V. Gutiérrez and C. Galeana*
- Internalization kinetics of the radiopharmaceutical  $^{99m}\text{Tc-N}^2\text{S}^2\text{-TAT}$   
(49-57)Lys<sup>3</sup>-BN in human lymphocytes using the comet assay 12  
*M. A. Luna-Gutiérrez, J. Castillo-Cadena and G. Ferro-Flores*

## Scientific Letters

- Textiloma presented as an abdominal mass: case report and literature review 18  
*A. Silva-Carmona, A. M. Ganado-Escobar, y M. A. Mondragón-Chimal*
- Cutaneous manifestations of dengue. Case report and review of the literature 23  
*M. Reyna-Medina, L. Romero-Albarrán and A. Gante-Cornejo*

## Review Articles

- Placenta like endocrine share organ and it action in normoevolutive pregnancy 28  
*Y. M. Rodríguez-Cortés and H. Mendieta-Zerón*
- Physical, chemical, and biological aspects of hospital pollution 35  
*L. Sandoval-Flores*

## Memories

- Abstracts of the III Congress of the Mexican Federation  
of Medical Physics Organisations 42  
*Eleni Mitsoura*



Revista de  
*Medicina e  
Investigación*

www.elsevier.es



## EDITORIAL

### Mensaje editorial de la Directora

#### *Editorial message from the Directora*

Con la nueva administración de la Facultad de Medicina, se continúa con el compromiso sustantivo de la publicación de nuestra revista de edición electrónica y de difusión internacional. Creemos en el incuestionable valor del conocimiento fundamentado en investigación científica de calidad, impregnada de un gran sentido humanístico.

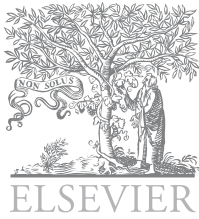
Nuestra revista refleja su carácter multidisciplinar tanto en los contenidos como en la composición, está diseñada para facilitar la divulgación de la investigación actual en el área de salud. Por su carácter electrónico y su estructura organizativa pretende acortar los tiempos de publicación científica, proporcionando un sistema de referencia actualizado en su campo de estudio.

Para incentivar a los autores a aprovechar todas las potencialidades del medio electrónico, a partir nuestro siguiente número trabajamos con el Sistema Editorial Elsevier

(EES, por sus siglas en inglés), <http://ees.elsevier.com/rmi/>, el cual es una herramienta de Internet a la que se puede acceder desde cualquier parte del mundo y ofrece a los autores la posibilidad de presentar los artículos en línea, lo que a su vez permite un enlace más rápido y más eficiente entre la presentación, el proceso editorial y la revisión por pares, hasta la publicación misma.

Patria, Ciencia y Trabajo

**Dra. en C. L. P. Bustamante-Montes**  
Directora de la Facultad de Medicina  
Universidad Autónoma del Estado de México



Revista de  
**Medicina e  
Investigación**

www.elsevier.es



## ARTÍCULO ORIGINAL

# Subculturas en adolescentes de Ciudad Nezahualcóyotl: prácticas de riesgo para la salud

D. Casas<sup>a,\*</sup>, A. Rodríguez<sup>a,b</sup>, G. Contreras<sup>c</sup>, Z. Becerril<sup>c</sup>, A. Vela<sup>c</sup>, L. Ibarra<sup>c</sup>, V. Gutiérrez<sup>d</sup> y C. Galeana<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitario Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad de Medicina Familiar N° 195 Chalco Estado de México Oriente, IMSS, Méx., México

<sup>b</sup> Instituto Mexicano de Diagnóstico por Imagen (IMDI), Méx., México

<sup>c</sup> Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>d</sup> Subdirector de Investigación IMIEM, Méx., México

<sup>e</sup> Hospital General de Amecameca, Instituto de Salud del Estado de México, Amecameca Zona Oriente del Estado de México, Méx., México

### PALABRAS CLAVE

Adolescencia;  
Prácticas de riesgo  
para la Salud;  
Subculturas; Estilos de  
vida saludables;  
México.

### Resumen

**Introducción:** La adolescencia es un fenómeno psicológico que se ve determinado por la pubertad, pero no se reduce a ella, aquí radican aspectos socioculturales que en la búsqueda de una identidad se ven inmersos en fenómenos de: prácticas, códigos, símbolos, valores, que instauran en ocasiones conductas de riesgo.

**Materiales y métodos:** Es un estudio transversal analítico, de 1,139 adolescentes entrevistados en Ciudad Nezahualcóyotl, a través de instrumento de medición que aportó información sobre las variables de determinación social para la salud asociando a la subcultura. Las variables de determinación social fueron: la subcultura, rango de edad en las subculturas, género, estado civil, consumo de drogas, ocupación de los adolescentes, arrestos policíacos.

**Resultados:** Se encontró que las "subculturas" más destacadas en Ciudad Nezahualcóyotl son: reguetoneros 36.4%, fresas 24.1%, skate 9%, punk 5.9%, metalero 4.5%, B-Boy 4.3%, raperos 4%, reggae 3.3, dark 3%, cholos 2.3% y góticos 2%; en todas las subculturas existe el consumo de drogas legales e ilegales como práctica de asociación juvenil, además existe un alto índice de práctica sexual, baja utilización de métodos de planificación familiar y servicios de salud. Las subculturas reguetonero, fresa y cholo se encontró correlación directa con embarazo adolescente y número de hijos.

**Conclusiones:** No se pretende estigmatizar a las subculturas, ni señalar que grupos tiene menos prácticas de riesgo, el adentrarnos en estas subculturas es conocer como profesionales de la salud, que la adolescencia es una etapa de transición en busca de una identidad, en la cual convergen prácticas de riesgo para la salud, en las cuales podríamos incidir para estilos de vida saludables.

\* Autor para correspondencia: Av. Chimalhuacán, Esq. Av. López Mateos, Colonia el Palmar, Cd. Nezahualcóyotl, México. Teléfonos: 5735 3580, 5735 3322, ext. 51407. Correo electrónico: capo73021@yahoo.es (D. Casas).

**KEYWORDS**

Adolescence; Risk practices for health; Subcultures; Healthy lifestyles; Mexico.

**Teen city subcultures Nezahualcóyotl City and practical health risk****Abstract**

**Introduction:** Adolescence is a psychological phenomenon that is shaped by puberty, but it comes down to it, here lie sociocultural aspects in the search for an identity is immersed in phenomena: practices, codes, symbols, values, which establishing sometimes risky behavior.

**Materials and methods:** A cross sectional study of 1139 adolescents interviewed in Ciudad Nezahualcóyotl, through instrument that provided information on the variables of social determinants to health associating subculture. The variables of social determination were: the subculture, age range in subcultures, gender, marital status, drug use, occupation of adolescents, arrests police.

**Results:** We found that the "subcultures" in Ciudad Nezahualcóyotl highlights are: reggaeton 36.4%, 24.1% strawberries, skate 9%, 5.9% punk, metalhead 4.5%, 4.3% B-Boy, 4% rappers, reggae 3.3, dark 3%, 2.3% *cholos* and Gothic 2% in all consumption subcultures exist legal and illegal drugs as youth association practice, there is also a high rate of sexual practices, low use of family planning methods and health services. Subcultures reggaeton, strawberry and *cholo* direct correlation was found with teen pregnancy and number of children.

**Conclusions:** It is not intended to stigmatize subcultures, and noted that groups have less risk practices, the move into these subcultures is known as health professionals, that adolescence is a transitional stage in search of an identity, in which practices converge health risk, in which we could advocate for healthy lifestyles.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

**Introducción**

Los adolescentes en la búsqueda de identidad, aceptación y construcción de su imaginario, transitan a través de un mundo lleno de construcciones sociales hechas por otros coetáneos, que moldearan su inclusión social dentro de estos grupos o subgrupos, en ese sentido las aglomeraciones adolescentes tiene una identidad, llena de códigos, símbolos, conductas y reglas, que en muchos de los casos son estigmatizadas sin haberse estudiado, por lo cual el conocer los tipos más comunes de grupos o subgrupos y su relación con las conductas de riesgo para la salud, es adentrarnos al fenómeno social que vive, el adolescente de Ciudad Nezahualcóyotl.

Se define como tribu urbana, subcultura, o cultura juvenil; a agrupaciones generalmente de jóvenes y adolescentes, que visten de modo parecido, que siguen hábitos comunes y comparten ideologías semejantes<sup>1,2</sup>. Estos términos han sido ampliamente estudiados y acuñados según las diferentes corrientes y escuelas de disciplinas académicas tales como la Psicología, la Sociología y la Antropología, todas coinciden con un mismo término, *juventud y adolescencia*<sup>1,3,4</sup>.

En los años 50's y 60's, la sociología empieza trabajos con el uso de la palabra juventud, dejando atrás la mirada puramente biologicista, y empieza a tener un status e interés no sólo social, sino político y económico, dado el momento histórico mundial<sup>5,6</sup>. El estudio de la juventud como categoría ampliada se desarrolla inicialmente en los Estados

Unidos de Norteamérica, posteriormente en Europa de la posguerra<sup>7</sup>, en América Latina se presenta su estudio hasta fines de los años 60's, lo que motivó la realización de diversas investigaciones, donde cabe resaltar las aportaciones de la Escuela Iberoamericana y Mexicana sobre la cultura juvenil, en la cual señala que no debe ser englobado ni determinado por la postura biologicista o funcionalista, sino más bien como un proceso de continuo movimiento, esta corriente recomienda realizar estudios en 2 dimensiones: el situacional y el contextual-relacional; el primero refiriéndose al análisis intergrupal a través de análisis de adscripción identitaria, el segundo implica entrecruzar elementos políticos, económicos, culturales y sociales y como lo queremos expresar en este estudio el relacionado a la salud<sup>8</sup>.

Aunado a lo anterior, la cultura modela las necesidades y características biológicas además de las corporales. De esta forma, la cultura ofrece un paño de fondo para el comportamiento, así como fortifica las potencialidades de la formación y desarrollo humano. Sin embargo, es la cultura compartida por los individuos formadores de una sociedad que torna estas potencialidades en actividades específicas, diferenciadas y simbólicamente inteligibles y comunicables<sup>9</sup>. El adolescente actualmente se construye a través de modelos estereotipados del momento, la era del internet, el individualismo, lo fugaz de la información y la globalización, marcan el patrón de comportamiento que se debe seguir; el adolescente en busca de su identidad, se somete a estos estereotipos, asimilando y practicando lo dictado por la redes de la información, por lo cual los adolescentes son

*domesticados* por los patrones culturales vigentes en la sociedad, que son construidos a través de la interacción social cotidiana, así como a través de procesos rituales y filiaciones institucionales<sup>9</sup>, conformándose identidades y a su vez grupos etarios de una misma identidad, donde *su cultura* incluye: *valores, códigos, propósitos, representaciones, símbolos, normas, prácticas y relaciones de poder*. Esta cultura es aprendida por los humanos a través de procesos de socialización en los cuales los individuos, al tiempo que aprenden el significado de los objetos, ejercen un papel de participantes activos en sus propios procesos de socialización, crean y dan significado a esos objetos<sup>10</sup>, creando así asociación entre individuos de un mismo género, ideología, edad, etc., donde la cohesión al grupo está dada por el entorno social donde se aprenden los significados culturales practicados en un momento histórico.

Estas *tribus o subculturas* tienen en común la construcción de una identidad única, prohibida y secreta, que ofrece modelos de comportamiento, que son incluyentes, y constituyen el rechazo a las normas sociales preestablecidas, así como educativas y laborales; aunado a esto, el reclamo a la necesidad afectiva y lo que es lo más importante, la incorporación a estos grupos es por voluntad propia, construyéndose así su propia historia adoptando ciertas características de las *subculturas*, donde cada una reproduce una conducta social, la cual es el fenómeno de comportamiento que depende del entorno social y que por ende tiene implícito un efecto de conducta individual y colectivo<sup>5</sup>; el orden social estructurado se pone en duda, sus reglas y límites, donde cada quien debe ocupar un lugar y mantenerse a la sujeción de las reglas establecidas<sup>3</sup>, la subcultura adolescente arremete y condiciona rechazo social, por la misma rebeldía implícita en la edad.

En la adolescencia aparecen una serie de problemas de salud entre los que destacan los comportamientos de riesgo y otros trastornos como los relacionados con la sexualidad (embarazo, enfermedades de transmisión sexual), abuso de sustancias y los problemas emocionales que a veces se manifiestan como depresión y otras como trastornos alimentarios<sup>11</sup>, se ha demostrado que la conducta del adolescente tiene mucho que ver con cuestiones de identidad, presión grupal, autoimagen, sentimientos y emociones, asociado con la tendencia a tomar decisiones de forma impulsiva, además la presión del grupo al que pertenezca el adolescente puede ejercer un papel en la adopción de comportamientos que pueden ser de riesgo<sup>12,13</sup>. Asimismo se ha planteado que la adolescencia va de la mano con importantes procesos como son la formación de la identidad, toma de decisiones, adquisición de independencia y autonomía; la búsqueda de una identidad puede verse fortalecida por tres formas básicas; *el respeto a una ideología, consentimiento por los padres para acudir a centros de reunión y libertad de su sexualidad*.

Respecto a las prácticas de riesgo en el adolescente están pueden estar influidas por un determinismo asociado a los factores de determinación social, los cuales se pueden definir como los agentes asociados a las condiciones políticas, económicas y sociales, que se originan de situaciones como: el ambiente, el trabajo, los alimentos, el acceso a servicios básicos, la educación, la cultura, subculturas, etc., que ocasionan un proceso de salud-enfermedad complejizado individual y colectivo, y establecen el riesgo para la salud/enfermedad.

En ese sentido, los factores de la *determinación social* permiten analizar el proceso dialéctico de la salud/enfermedad desde su conducta de riesgo, pero no son los causales directos de este proceso, sino que motivan un anclaje analítico de dicho proceso<sup>14-17</sup>.

Los *determinantes sociales* se deben, a la forma a cómo la sociedad se organiza para producir, distribuir y consumir, forma economías capitalistas, generando: propiedad privada, producción colectiva y apropiación inequitativa de la riqueza, relaciones económicas de explotación y exclusión, profundamente inequitativas y opresivas<sup>18-21</sup>. Estos determinantes sociales, configuran los perfiles de salud, enfermedad y muerte de los grupos sociales; anclar un recuento de determinantes sociales, requiere de una reelaboración teórica de las dimensiones biológicas, psíquicas y sociales, individuales y colectivas, que giran alrededor de una problemática preestablecida, alejada de la visión restringida del quehacer médico, un abordaje de perfil epidemiológico, más que de una patología aislada<sup>22,23</sup>.

## Materiales y métodos

### a. Es un estudio transversal analítico.

Nuestra investigación se centró en la parte oriente del Estado de México, en Ciudad Nezahualcóyotl, aquí se cuenta con una población total de “1,110,565 habitantes, de los cuales 179,466 son adolescentes de entre 10 y 21 años”<sup>24,25</sup>; respecto a “la densidad de población... es una de las más grandes del mundo, incluso se llega a decir que es la localidad más poblada a nivel internacional; supera los 19,324 por Km<sup>2</sup>, mientras que España es de 84 habitantes, Alemania 231 y Reino Unido de 243”<sup>26</sup>; además la migración interna en los años 70’s originada por oportunidades laborales, ocasionó migrantes en su territorio provenientes de Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Guanajuato, Puebla, Veracruz, Tlaxcala y Tabasco; originando una población heterogénea y multicultural. Por estas características en su formación social actual Ciudad Nezahualcóyotl (ya que sus orígenes son precolombinos), confiere la oportunidad de conocer y entender a las subculturas con su determinación social para la salud.

### b. Universo y muestra: se encuestaron a 1,139 adolescentes de ambos sexos en diferentes lugares de esparcimiento (plazas comerciales, escuelas, eventos sociales, jardines, bares, calle, antros, etc.), en un periodo de tiempo que abarco de enero 2012 a noviembre del 2012.

### c. Criterios de inclusión. Adolescente que radique en Ciudad Nezahualcóyotl y que quiera participar.

### d. Construcción. Se construyó un instrumento de medición que aportó información sobre las variables de determinación social para la salud asociando a la subcultura. Las variables de determinación social fueron: la subcultura, rango de edad en las subculturas, género, estado civil, ocupación de los adolescentes, arrestos policiacos. Las variables de salud se consideraron: el consumo de drogas, tipo de drogas consumidas, números de veces de relaciones sexuales a la semana, embarazos y número de hijos, estas 2 variables consideras como el resultado de las prácticas sexuales de riesgo (no uso del condón).



- e. Validación del instrumento. 1) Las preguntas se pasaron a ronda de 5 expertos en el campo socio-médico para valorar contenido y criterio; 2) se excluyeron preguntas confusas o inadecuadas, se incluyeron las preguntas que tuvieron consenso de los 5 expertos, en total fueron 21 ítems; 3) se ajustó y corrigió el instrumento para adecuarse al tiempo de una encuesta rápida; 4) las categorías son subcultura, toxicomanías, ocupación, servicios de salud, sexualidad y violencia.

Para el análisis estadístico descriptivo se calculó frecuencias simples de porcentajes, como media, mediana, moda para las variables subcultura, rango de edad en las subculturas, género, estado civil, ocupación de los adolescentes y la subcultura. Para el análisis bivariado, se efectuó cálculo de razón de momios con intervalo de confianza del 95%, y un nivel de significancia de  $p$  igual o menor a 0.05; considerando aquí las variables: subcultura, consumo de drogas, ocupación, rechazo familiar, estado civil, accesibilidad a los servicios de salud, la utilización de métodos de planificación arrestado por la policía, número de relaciones sexuales a la semana. Finalmente para relacionar las variables subculturas, embarazo adolescente y número de hijos se calculó el coeficiente de correlación utilizando  $\rho$  Spearman con nivel de significancia  $p$  igual o menor a 0.05, Para esto se utilizó el programa SPSS® V17.

- f. Aspectos éticos, consentimiento informado validado por el Comité Local Multidisciplinario de Ciudad Nezahualcóyotl registrado ante Consejo Mexicano de Ciencia y Tecnología del Estado de México.

## Resultados

### Estatus social de los grupos

Mediante el instrumento se obtuvieron datos los cuales permitieron conocer a las diferentes "subculturas" que más sobresalen en Ciudad Nezahualcóyotl. Se encontró que las "subculturas" más destacadas en Ciudad Nezahualcóyotl son: reguetoneros 36.4%, fresas 24.1%, skate 9%, punk 5.9%, metalero 4.5%, B-Boy 4.3%, raperos 4%, reggae 3.3, dark 3%, cholos 2.3% y góticos 2% (fig. 1). Respecto a la estadística descriptiva se encontró, que el rango de edad de mayor presentación fue la de 15-18 años con el 59.5%, seguida del rango 11-14 años con 26.4 y en último lugar 19-21 años con 14% (fig. 2). Respecto al género, la relación fue 1 a 1 (fig. 3). Con relación al estado civil, la soltería manifiesta el 79%, seguido de casado con el 12% y unión libre el 9% (fig. 4). La ocupación demostró que ser estudiante representa el 29%, trabajador 27%, estudiante/trabajador el 26% y el ser Nini 18% (fig. 5).

### Las subculturas y su determinación social

Se asociaron los siguientes factores a la subcultura reguetonero: consumo de drogas, esfinade OR=5.09,  $p=0.001$ , alcohol OR=3.95,  $p=0.003$  y tabaco OR=3.34,  $p=0.012$ ; ocupación, trabaja OR=4.12,  $p=0.004$ , rechazo familiar OR=4.18,  $p=0.002$ ; estado civil, soltero OR=5.15,  $p=0.018$ ; accesibilidad a los servicios de salud OR=3.31,  $p=0.002$ ; utilización de métodos de planificación OR=2.76,  $p=0.005$ ; arrestado por la policía en los últimos 2 meses OR=2.45,

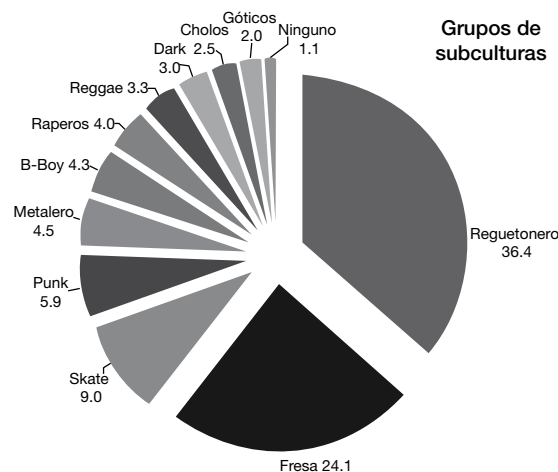


Figura 1 Grupos de subculturas.

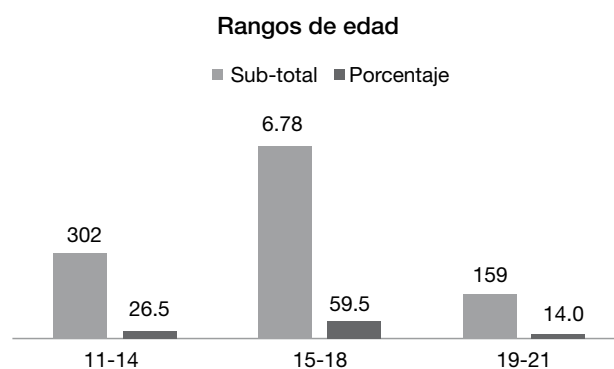


Figura 2 Rangos de edad en las subculturas.

$p=0.003$ ; relación sexual > 2 por semana OR=3.75,  $p=0.003$  (tabla 1).

A la subcultura fresa se le asoció con: consumo de drogas, tachas OR=4.15,  $p=0.006$ ; cocaína OR=3.57,  $p=0.008$ , alcohol OR=2.98,  $p=0.002$  y tabaco OR=2.18,  $p=0.076$ ; ocupación, estudia OR=6.78,  $p=0.002$ , Nini OR=3.01,  $p=0.001$ ; rechazo familiar OR=0.69,  $p=0.007$ ; estado civil, soltero OR=3.35,  $p=0.002$ ; accesibilidad a los servicios de salud OR=0.45,  $p=0.034$ ; utilización de métodos de planificación OR=4.89,  $p=0.002$ ; arrestado por la policía en los últimos 2 meses OR=0.93,  $p=0.002$ ; relación sexual > 2 por semana OR=3.88,  $p=0.002$ , relación sexual < 2 por semana OR=1.23,  $p=0.001$  (tabla 1).

La subcultura skate se asoció con: consumo de drogas, marihuana OR=6.34,  $p=0.001$ , alcohol OR=5.45,  $p=0.003$  y tabaco OR=3.48,  $p=0.005$ ; ocupación, Nini OR=8.78,  $p=0.007$ ; rechazo familiar OR=2.67,  $p=0.002$ ; estado civil, soltero OR=3.42,  $p=0.005$ ; accesibilidad a los servicios de salud OR=0.90,  $p=0.001$ ; utilización de métodos de planificación OR=1.01,  $p=0.002$ ; arrestado por la policía en los últimos 2 meses OR=1.23,  $p=0.004$ ; relación sexual > 2 por semana OR=2.56,  $p=0.005$ ; relación sexual < 2 por semana OR=1.09,  $p=0.004$  (tabla 1).

Se identificó que la subcultura punk se asoció con: consumo de drogas, alcohol OR=7.89,  $p=0.001$ , tabaco OR=4.76,

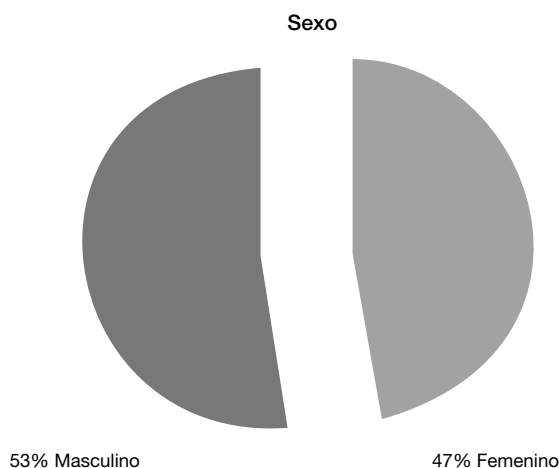


Figura 3 Género en las subculturas.

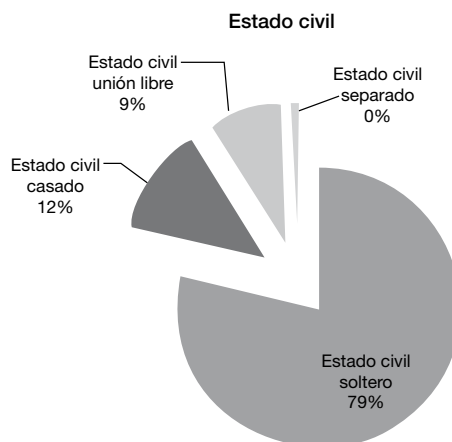


Figura 4 Estado civil de adolescentes.

$p=0.003$  y marihuana  $OR=1.07$ ,  $p=0.002$ ; *ocupación*, Nini  $OR=6.21$ ,  $p=0.001$ , trabaja  $OR=2.58$ ,  $p=0.005$ ; *rechazo familiar*  $OR=3.89$ ,  $p=0.034$ ; *estado civil*, unión libre  $OR=1.34$ ,  $p=0.004$ , soltero  $OR=1.01$ ,  $p=0.002$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=0.65$ ,  $p=0.005$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=2.46$ ,  $p=0.004$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=1.11$ ,  $p=0.005$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=1.08$ ,  $p=0.002$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=2.67$ ,  $p=0.002$  (tabla 1).

La *subcultura metalero* se asoció con: *consumo de drogas*, alcohol  $OR=8.16$ ,  $p=0.003$ , tabaco  $OR=6.98$ ,  $p=0.005$  y marihuana  $OR=4.78$ ,  $p=0.001$ ; *ocupación*, estudia  $OR=1.34$ ,  $p=0.002$ , Nini  $OR=1.19$ ,  $p=0.005$ , trabaja  $OR=1.09$ ,  $p=0.007$ ; *rechazo familiar*  $OR=2.65$ ,  $p=0.004$ ; *estado civil*, soltero  $OR=3.19$ ,  $p=0.009$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=0.75$ ,  $p=0.023$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=1.09$ ,  $p=0.005$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=2.21$ ,  $p=0.003$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=1.02$ ,  $p=0.045$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.04$ ,  $p=0.067$  (tabla 1).

La *subcultura B-boy* se asoció con: *consumo de drogas*, tabaco  $OR=4.17$ ,  $p=0.002$ , marihuana  $OR=3.65$ ,  $p=0.002$ , alcohol  $OR=2.16$ ,  $p=0.004$ , esfnade  $OR=1.54$ ,  $p=0.018$ ; *ocupación*, Nini  $OR=4.71$ ,  $p=0.006$ , trabaja  $OR=3.14$ ,  $p=0.003$ , estudia  $OR=2.21$ ,  $p=0.001$ ; *rechazo familiar*  $OR=0.78$ ,  $p=0.004$ ; *estado civil*, soltero  $OR=4.08$ ,  $p=0.001$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=1.24$ ,  $p=0.006$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=2.82$ ,  $p=0.071$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=0.19$ ,  $p=0.004$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=3.62$ ,  $p=0.005$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.74$ ,  $p=0.003$  (tabla 1).

En el mismo sentido la *subcultura rapero* se asoció con: *consumo de drogas*, tabaco  $OR=7.41$ ,  $p=0.005$ , alcohol  $OR=5.56$ ,  $p=0.002$ , marihuana  $OR=1.09$ ,  $p=0.005$ ; *ocupación*, trabaja  $OR=4.66$ ,  $p=0.001$ , Nini  $OR=2.59$ ,  $p=0.007$ , estudia  $OR=1.12$ ,  $p=0.003$ ; *rechazo familiar*  $OR=0.88$ ,  $p=0.003$ ; *estado civil*, soltero  $OR=1.03$ ,  $p=0.004$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=1.05$ ,  $p=0.007$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=1.14$ ,  $p=0.008$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=0.16$ ,  $p=0.004$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=2.44$ ,  $p=0.002$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.13$ ,  $p=0.098$  (tabla 1).

La *subcultura reggae* se asoció con: *consumo de drogas*, marihuana  $OR=7.01$ ,  $p=0.005$ , alcohol  $OR=3.92$ ,  $p=0.005$ , tabaco  $OR=1.24$ ,  $p=0.004$ ; *ocupación*, estudia  $OR=4.49$ ,  $p=0.005$ , trabaja  $OR=2.66$ ,  $p=0.004$ , Nini  $OR=1.19$ ,  $p=0.005$ ; *rechazo familiar*  $OR=0.42$ ,  $p=0.004$ ; *estado civil*, soltero  $OR=3.43$ ,  $p=0.005$ , unión libre  $OR=1.27$ ,  $p=0.005$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=1.02$ ,  $p=0.005$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=2.57$ ,  $p=0.004$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=0.72$ ,  $p=0.004$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=1.76$ ,  $p=0.005$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.07$ ,  $p=0.004$  (tabla 1).

La *subcultura dark* se asoció con: *consumo de drogas*, alcohol  $OR=9.13$ ,  $p=0.005$ , tabaco  $OR=4.56$ ,  $p=0.004$ , cocaína  $OR=3.21$ ,  $p=0.005$ , marihuana  $OR=2.13$ ,  $p=0.005$ ; *ocupación*, trabaja  $OR=2.66$ ,  $p=0.004$ , estudia  $OR=2.09$ ,  $p=0.004$ , Nini  $OR=0.82$ ,  $p=0.006$ ; *rechazo familiar*  $OR=2.38$ ,  $p=0.004$ ; *estado civil*, soltero  $OR=2.39$ ,  $p=0.005$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=1.62$ ,  $p=0.004$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=1.86$ ,  $p=0.005$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=1.18$ ,  $p=0.004$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=1.22$ ,  $p=0.006$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.05$ ,  $p=0.005$  (tabla 1).

Por último, la *subcultura cholo* se le asoció con: *consumo de drogas*, alcohol  $OR=7.85$ ,  $p=0.005$ , tabaco  $OR=4.87$ ,  $p=0.006$ , marihuana  $OR=3.78$ ,  $p=0.005$ , cocaína  $OR=2.67$ ,  $p=0.005$ ; *ocupación*, Nini  $OR=3.37$ ,  $p=0.005$ , trabaja  $OR=1.44$ ,  $p=0.004$ , estudia  $OR=0.47$ ,  $p=0.005$ ; *rechazo familiar*  $OR=9.45$ ,  $p=0.006$ ; *estado civil*, soltero  $OR=3.09$ ,  $p=0.006$ , unión libre  $OR=1.13$ ,  $p=0.004$ ; *accesibilidad a los servicios de salud*  $OR=0.17$ ,  $p=0.005$ , *utilización de métodos de planificación*  $OR=1.01$ ,  $p=0.004$ ; *arrestado por la policía en los últimos 2 meses*  $OR=8.38$ ,  $p=0.005$ ; *relación sexual > 2 por semana*  $OR=1.77$ ,  $p=0.004$ , *relación sexual < 2 por semana*  $OR=1.14$ ,  $p=0.005$  (tabla 1).

### Las subculturas y las consecuencias de sus prácticas de riesgo

Al analizar las subculturas reguetonero, fresa y cholo se encontró correlación directa con *embarazo adolescente* ( $r=0.154$ ,  $p=0.031$ ;  $r=0.213$ ,  $p=0.42$ ;  $r=0.41$   $p=0.028$ ) (tabla

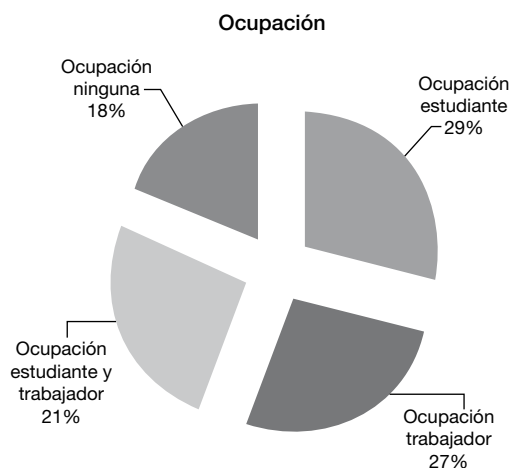


Figura 5 Ocupación del adolescente.

2), aunado a esto se encontró correlación directa entre  $< 1$  hijo y la subcultura, reguetonero, fresa y cholo ( $r=0.106$ ,  $p=0.012$ ;  $r=0.124$ ,  $p=0.029$ ;  $r=0.126$ ,  $p=0.037$ ) (tabla 2), respecto a  $> 1$  hijo se correlaciona de manera directa con la subcultura reguetonero ( $r=0.119$ ,  $p=0.019$ ) (tabla 2), encontramos que la relación entre subculturas reguetonero, fresa y cholo mantiene una correlación directa y alta con estos factores, embarazo adolescente y número de hijos.

## Discusión

Las características de las subculturas encontradas en Ciudad Nezahualcóyotl, guardan ciertas características que deben exponerse para tener una aproximación conceptual a este fenómeno social del adolescente. El *reguetonero* tiene un “lenguaje duro haciendo referencia al acto sexual, usa ropa ajustada con colores llamativos. La mujer lleva el cabello decolorado hacia rubio (güero) de preferencia fleco. Escuchan música reggaetón expresado por el baile de manera de “perreo”, el cual consiste en pegar sus cuerpos y frotar uno contra otro en la región genital”<sup>26,27</sup>, su ideología es sexo como verbo. Esta tendencia es originaria de Puerto Rico, variante del raggamuffin. En México son adoradores de San Judas Tadeo (santo de las situaciones difíciles e imposibles).

Los *fresas* o *fresa*, tiene la característica de “alto poder adquisitivo de sus miembros, ideología consumista y superficial, ropa de moda y marca, música electrónica y pop, sus integrantes deben mantener un status socioeconómico alto o medio, estudian en colegios privados”<sup>26,27</sup>. En Ciudad -Nezahualcóyotl (municipio considerado un con extrema pobreza), esta subcultura tiene presencia y se mantiene como un grupo social consolidado.

La *subcultura skate* su característica es “vestimenta pantalón pirata o corsario (por arriba de los tobillos), tenis planos marca Vans<sup>®</sup>”<sup>26,27</sup>, y practican la patineta en espacios libres de manera subversiva, deslizarse sobre largos barandales (grinds o grindar). Su ideología es el deporte de la patineta de manera callejera, así como el grafiti con expresión de cultura.

El *punk*, toman este nombre de la música punk que escuchan. Se visten y peinan de manera muy estrafalaria, se

rapan la cabeza dejándose un mechón en picos como crestas de gallos pero con unas puntas muy largas y pintadas de colores que van del verde, azul y rojo, usan maquillaje demasiado cargado y pupilentes especiales que les hacen parecer entre satánicos y extraterrestres, han adoptado un estereotipo que vende una imagen fuerte pero tranquila, individuos exhaustos ante el estado actual del mundo<sup>26,27</sup>.

El *metalero* se le conoce también como *metalhead*, *metalier*, *heavy* o *headbanger*, su identidad está basada en la música de *Heavy Metal*<sup>26-28</sup>. Su indumentaria es playera negra, chamarra negra, pantalón de mezclilla y botas militares, cabello largo o completamente corto, su distinción es mover la cabeza de arriba hacia abajo con la música, haciendo la corna o puño de metal con la mano.

*B-Boys*, surge del jamaicano DJ Kool Herc el cual utilizó este nombre, *Break-Boy* o *B-boy*, para referirse a los jóvenes que acudían a sus fiestas y bailaban durante los “*Breaks*” que el amenizaba, son una tribu que cultiva el arte callejero y marginal, tienen una gran pasión por la música y el baile individual: el break dance y el *hip hop* son de su total preferencia, se visten con chamarras y pantalones deportivos para facilitar la ejecución de los difíciles movimientos que les exige el baile, que es de una gimnasia muy complicada, a la que le dedican la mayor parte del día y de la noche, su ideología es el baile<sup>26,27</sup>.

La subcultura *rapero*, aficionados a la música *hip hop* en sus diferentes subgéneros -*hardcore hip hop*, *gagsta rap*, *horrorcore*, *chicano-rap*, *west coast rap*, *pop rap* y subgéneros regionales-, visten ropa holgada y costosa, con collares llamativos, así como gorras de equipos neoyorquinos, están ligados a los *B-Boys*, su diferencia es la manifestación de su violencia, que es través de la letra musical<sup>27</sup>.

*Reggae* o *rastafaris*, tiene como principal denominador el uso de rastas en el cabello, que son un estilo de peinado en el que el cabello se enreda a manera de trenzas hechas en toda la cabeza, son muy afectos a fumar marihuana, también usan gorras elaboradas en algodón o lana y algunas con rastas ya integradas a estas, su música preferida es el reggae y son admiradores del músico Bob Marley, sus colores preferidos son el rojo, el verde, el amarillo y el negro, son tan pacifistas que hasta evitan las confrontaciones verbales<sup>26,27</sup>.

*Dark*, su forma de vestir es un tanto minimalista, solo se permite el color negro, e infaltables par de botas de cuero acordonadas, la mayoría está despierto cuando el mundo duerme, esta metáfora sobre la sociedad y las personas que optan por ser diferentes dentro de ella, los apropia como vampiros, surgen del post-punk<sup>26,27</sup>.

Los *cholos*, el habla de estas tribus es el “spanglish”, porque en su mayoría han tenido estadías en los Estados Unidos de Norteamérica, su apariencia personal es desenfadada, usan ropa de tallas extra grandes y los pantalones sin fajar hasta donde terminan los glúteos, las camisetas igualmente holgadas y la cabeza a rapa con tatuajes en donde debería de ir el cabello, andan armados y son muy agresivos, su vida se da sin buscar notoriedad o reconocimiento, en su mayoría son delincuentes, asaltantes y criminales, es en esta tribu donde tiene cabida la tribu *marasalvatrucha* <vida loca>, malvivientes y criminales muy temidos, originaria de los Ángeles California, de base centroamericana (guatemalteco, salvadoreño y hondureño) llamada la MS13, pero también existe la mexicana llamada Barrio 13 y 18, se

Tabla 1 Análisis bivariado de factores asociados con la subcultura

Subcultura	Reguetonero (n=415)			Fresa (n=275)			Skate (n=102)			Punk (n=67)			Metalero (n=51)		
	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%
<b>Factor de Riesgo</b>															
<b>Esfinafe</b>	5.09	0.001	1.28-2.47												
Cocaína				3.57	0.008	0.78-2.16									
Tachas (Pastillas Éxtasis)				4.15	0.006	1.20-2.34									
Marihuana							6.34	0.001	0.89-1.99	1.07	0.002	0.23-0.98	4.78	0.001	0.11-2.46
Alcohol	3.95	0.003	0.97-1.10	2.98	0.002	0.67-1.75	5.45	0.003	0.34-1.32	7.89	0.001	0.19-1.86	8.16	0.003	0.98-1.97
Tabaco	3.34	0.012	0.96-1.06	2.18	0.076	0.86-2.67	3.48	0.005	0.23-3.78	4.76	0.003	0.14-1.56	6.98	0.005	0.25-2.58
Estudia				6.78	0.002	0.72-0.99	0.26	0.002	0.22-0.78	0.65	0.014	1.89-2.96	1.34	0.002	0.76-1.78
Trabaja	4.12	0.004	0.99-1.02	0.34	0.008	0.39-0.93	0.89	0.078	0.18-1.45	2.58	0.005	0.28-0.97	1.09	0.007	0.92-3.56
Ni estudia Ni trabaja (Nini)	0.78	0.009	0.89-0.99	3.01	0.001	1.12-1.78	8.78	0.007	0.42-2.45	6.21	0.001	0.18-1.67	1.19	0.005	0.32-0.96
Rechazo Familiar	4.18	0.002	0.92-0.98	0.69	0.007	1.32-1.88	2.67	0.002	0.14-0.78	3.89	0.034	1.26-4.98	2.65	0.004	0.78-1.34
Soltero	5.15	0.018	0.78-1.15	3.35	0.002	0.12-0.99	3.42	0.005	0.35-2.78	1.01	0.002	0.22-3.98	3.19	0.009	0.39-5.76
Casado	0.96	0.004	0.56-1.97	0.87	0.004	0.45-1.76	0.54	0.004	0.97-1.12	0.59	0.005	1.98-2.34	0.21	0.003	0.12-0.98
Unión libre	0.92	0.005	0.23-1.02	0.73	0.005	0.78-2.32	0.32	0.006	0.45-2.13	1.34	0.004	0.31-1.21	0.55	0.006	0.45-1.21
Accesibilidad a los servicios de salud	3.31	0.002	1.12-1.98	0.45	0.034	0.23-1.28	0.9	0.001	0.14-0.92	0.65	0.005	0.34-1.88	0.75	0.023	0.32-0.73
Utilización de métodos de planificación familiar	2.76	0.005	1.34-2.56	4.89	0.002	0.22-1.99	1.01	0.002	0.38-0.95	2.46	0.004	0.12-2.78	1.09	0.005	0.38-1.88
Arrestado por la policía en los últimos 2 meses	2.45	0.003	0.78-1.23	0.93	0.002	0.99-2.34	1.23	0.004	1.23-2.67	1.11	0.005	0.34-1.72	2.21	0.003	0.51-2.43
Relaciones sexuales por semana > 2	3.75	0.003	2.08-7.65	3.88	0.002	1.18-2.55	2.56	0.005	0.42-1.89	1.08	0.002	0.21-1.45	1.02	0.045	1.23-7.89
Relaciones sexuales por semana < 2	1.09	0.098	4.56-6.78	1.23	0.001	0.34-1.98	1.09	0.004	0.65-0.91	2.67	0.002	0.11-2.56	1.04	0.067	1.02-2.78

Fuente: Propia obtenida de la base de datos.

caracterizan por tatuarse todo el cuerpo, cabeza, cara y son muy dados al uso del lenguaje con las manos<sup>26,27,29</sup>, su código es la venganza implacable con una brutal retribución.

*Góticos*, su música es *underground*, generan sus propias vestimentas, donde el negro, es el color del luto y la muerte, utilizan atuendos coloridos en combinación con el negro, adoran y practican cualquier forma de arte ese es su espacio de ocio y de trabajo, es un grupo que se caracteriza por estar a favor de la autogestión y la autocreación, las marcas son un agente de rechazo y son vistas como enemigas de sus posturas<sup>2,26,27</sup>.

Respecto a los determinantes sociales que es este estudio se abordaron como el estado civil, la ocupación y las conductas sexuales de riesgo asociadas a las subculturas, los resultados muestran una situación preocupante respecto al consumo de drogas, puesto que la utilización de éstas, se asocia estadísticamente a las subculturas. Se aprecian tendencias específicas para droga y subcultura, pero están

generalizadas en un uso común, donde el adolescente tratando de buscar su identidad y pertenencia, hace de ésta una cultura de consumo. Cabe recordar que el consumo de las drogas elegidas (alcohol, marihuana, esfinafe, tabaco y cocaína), se asocia con accidentes de tráfico, homicidios y suicidios... fracaso escolar y delincuencia, esta asociación guarda una reproducción social en el uso y consumo de drogas por parte de subculturas, lo que origina un problema de salud pública<sup>30</sup>.

Se observa que la ocupación de ser Nini (fenómeno en los jóvenes que no trabaja ni estudia) en las subculturas, brinda asociación directa en la gran mayoría de ellas. En este punto vale la pena mencionar que el municipio de Nezahualcóyotl se ubica en el Estado de México en la zona Oriente y limítrofe con el Distrito Federal. El último reporte ofrecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), ubica a México en el tercer lugar por sus Ninis, por debajo de Turquía e Israel, y al Estado de México

B-Boy (n=49)			Raperos (n=45)			Reggae (n=37)			Dark (n=34)			Cholos (n=28)		
OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%	OR	p	IC 95%
1.54	0.018	0.98-1.09							3.21	0.005	0.18-1.08	2.67	0.005	0.83-1-73
3.65	0.002	0.45-1.56	1.09	0.005	0.92-2.75	7.01	0.005	0.22-1.11	2.13	0.005	0.44-1.22	3.78	0.004	0.27-1.55
2.16	0.004	1.12-1.76	5.56	0.002	0.83-1.53	3.92	0.005	0.30-1.07	9.13	0.005	0.61-1.33	7.85	0.005	0.33-1.21
4.17	0.002	0.57-1.87	7.41	0.005	0.33-0.94	1.24	0.004	0.41-1.04	4.56	0.004	0.33-0.94	4.87	0.006	0.43-1.49
2.21	0.001	0.34-0.92	1.12	0.003	0.21-1.88	4.49	0.005	0.19-1.33	2.09	0.004	0.14-1.71	0.47	0.005	0.18-1.15
3.14	0.003	0.18-2.35	4.66	0.001	0.87-1.22	2.66	0.004	0.27-1.28	3.18	0.005	0.77-1.93	1.44	0.004	0.13-1.02
4.71	0.006	0.96-2.31	2.59	0.007	1.19-2.82	1.19	0.005	0.13-1.35	0.82	0.006	0.15-1.18	3.37	0.005	0.51-1.09
0.78	0.004	0.08-0.99	0.88	0.003	0.74-1.63	0.42	0.004	0.19-1.03	2.38	0.004	0.44-1.33	9.45	0.006	0.44-1.73
4.08	0.001	0.41-1.06	1.03	0.004	0.11-1.99	3.43	0.005	0.34-1.01	2.39	0.005	0.72-1.83	3.09	0.006	0.18-1.38
0.77	0.004	0.89-2.71	0.12	0.005	0.62-1.29	0.17	0.004	0.15-1.12	0.72	0.006	0.18-1.08	0.19	0.005	0.11-1.01
0.83	0.006	0.43-1.54	0.49	0.006	0.76-2.12	1.27	0.005	0.33-1.25	0.95	0.005	0.14-1.77	1.13	0.004	0.72-1-99
1.24	0.006	1.91-2.03	1.05	0.007	0.23-1.66	1.02	0.005	0.61-1.05	1.62	0.004	0.48-1.19	0.17	0.005	0.39-1.81
2.82	0.071	0.74-2.91	1.14	0.008	0.91-1.88	2.57	0.004	0.16-1.97	1.86	0.005	0.19-1.44	1.01	0.004	0.14-1.05
0.19	0.004	0.31-3.28	0.58	0.006	0.77-1.73	0.72	0.004	0.44-0.96	1.18	0.004	0.52-1.88	8.38	0.005	0.51-1.22
3.62	0.005	0.31-1.63	2.44	0.002	0.33-2.11	1.76	0.005	0.77-1.54	1.22	0.006	0.83-1.67	1.77	0.004	0.47-1.38
1.74	0.003	0.52-1.81	1.13	0.098	0.95-1.87	1.07	0.004	0.55-1.09	1.05	0.005	0.55-1.08	1.14	0.005	0.55-1.07

como el primer lugar a nivel nacional<sup>31</sup>, este fenómeno proporciona una realidad de nuestra juventud, donde las oportunidades laborales y de estudio son limitadas, donde la gran mayoría de los jóvenes podríamos pensar se mantiene en un “estado de inactividad” pero esto no es así, la falta de un ingreso económico y el modelo aspiracional capitalista, origina movilidad juvenil orientada a actos delictivos de mediano y gran calibre<sup>32</sup>.

En relación a la asociación entre subcultura y rechazo familiar, encontramos que las subculturas fresa, rapero, *B-boy* y *reggae* no manifiestan rechazo familiar, esto se asocia a la no manifestación de *arresto por la policía en los últimos 2 meses*, podríamos afirmar que la aceptación y redes familiares son apoyo incuestionable para la transmisión de valores a la sociedad; de lado contrario destacan las subcultura cholo y reguetonero, las cuales manifiestan rechazo familiar y arresto por la policía de manera muy significativa, se menciona que una familia disruptiva con canales de

comunicación nulos o escasos, formara individuos rechazados socialmente con tendencia a quebrantar el orden social<sup>33</sup>, la familia debe mirarse como núcleo estabilizador de la sociedad, esto le confiere complejidad en sus procesos internos de formación del individuo, aquí radica una gran parte de la alineación de la personalidad y madurez humana, aquí se debe condicionar ambientes óptimos para el desarrollo integral de los individuos.

Las integrantes de las subculturas en su gran mayoría manifestó: ser soltero, utilizar métodos de planificación familiar y tener una vida sexual activa; el ser soltero probablemente es entendible por ser adolescentes, pero la soltería es una manifestación de evolucionismo social, donde el mundo es entendido como superficial, carente de profundidad, simulado y orientado al individualismo, la posmodernidad orienta sentidos culturales de apropiación, el afamado síndrome de Peter Pan; las subculturas reguetonero, fresas y cholo, se correlacionan con embarazo adolescente y tener

**Tabla 2** Coeficiente de correlación/rho de Spearman

Subcultura	Variable embarazo adolescente y subculturas		Número de hijos < 1 y subculturas		Coeficientes rho de Spearman en la variable número de hijos > 1 y subculturas	
	Coeficiente de correlación	<i>p</i>	Coeficiente de correlación/rho de Spearman	<i>p</i>	Coeficiente de correlación	<i>p</i>
Reguetonero	0.154	0.031	0.106	0.012	0.119	0.019
Fresa	0.213	0.042	0.124	0.029	0.347	0.321
Skate	0.985	0.178	0.689	0.527	0.638	0.245
Punk	0.693	0.265	0.748	0.637	0.433	0.369
Metalero	0.396	0.123	0.564	0.667	0.554	0.875
B-Boy	0.789	0.365	0.317	0.473	0.369	0.965
Rapero	0.871	0.189	0.732	0.487	0.394	0.865
Reggae	0.526	0.372	0.471	0.745	0.573	0.892
Dark	0.936	0.451	0.811	0.586	0.762	0.754
Cholos	0.141	0.028	0.126	0.037	0.682	0.739
Góticos	0.721	0.165	0.497	0.384	0.677	0.887
Ninguno	0.994	0.854	0.931	0.629	0.873	0.872

Fuente: Propia obtenida de la base de datos.

hijos, esta es una correlación muy estudiada, la práctica sexual por parte del adolescente con conocimiento previo de métodos de planificación familiar, y nula aplicabilidad de estos<sup>34,35</sup>, aquí intervienen factores sociales, familiares además de la dificultad en la accesibilidad a los métodos.

Respecto a la accesibilidad a los servicios de salud, las subculturas manifestaron que sí tiene accesibilidad a los servicios siempre y cuando estén trabajando; aquí se asocia el trabajar con accesibilidad a servicios de salud, a pesar de contar con diferentes beneficios estatales respecto a la accesibilidad de los servicios (Santos, 2003). El adolescente no acude a los servicios de salud, puede ser 2 razones: los servicios de salud para el adolescente no están vinculados para sus necesidades reales, y otra pareciera que el adolescente carece de conductas de prevención para la salud las cuales no han sido fomentadas por el estado.

## Conclusiones

Este estudio demuestra que las subculturas adolescentes tienen dentro de sí, conductas de riesgo para la salud, que están manifiestos por algunos factores de determinación social, aunque estos no son la causa de toda esta conducta de riesgo, sin son generadores implícitos del ser adolescente dentro de una subcultura. Esta investigación no pretende estigmatizar las conductas de riesgo para la salud de estas subculturas. La idea es acercarnos como profesionales de la salud a este fenómeno social que está implícito dentro de la cultura del adolescente, comprendiendo la utilización de sus códigos, símbolos, prácticas, lenguajes, valores y normas, para rescatar y potencializar estilos de vida saludables, que independientemente de su subcultura se puedan pragmatizar en la prevención y promoción de la salud, pues que estos adolescentes serán el futuro del país.

## Financiamiento

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

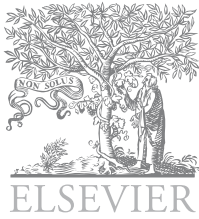
## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Salazar S. Espacios de socialidad-sociabilidad en colectivos juveniles urbanos. 1ed, primera edición. México D.F.: Editorial Progreso; 2009. p. 169-174.
- Cortes T. Subcultura, contracultura, tribus urbanas y culturas juveniles: ¿homogeneización o diferenciación? Revista Argentina de Sociología 2008;6(11):257-271.
- Bourdieu P. La juventud no es más que una palabra, en Sociología y cultura. 2ed. México, D.F.: Grijalbo/CNCA; 1990. p. 163-173.
- Camaleón C. No somos tribus urbanas. 3era ed. México, D.F.: El Under Ediciones; 2011. p. 19-34.
- Delval J. El desarrollo humano. 13va reimp. México: Editorial Siglo XXI; 2009. p. 531-548.
- Giddens A. Sociología. 1ra ed. España: Editorial Alianza; 2006. p. 345-467.
- Silva J. Juventud y tribus urbanas: en busca de la identidad. Última Década CIDPA Viña del Mar 2002;17(9):117-130.
- Sigal S. Estructuras sociales y juventud latinoamericana. En: Montiel E. (comp); Juventud de la Crisis. México: Ceestem/ Nueva Imagen; 1985. p. 36-57.
- Langdon E, Braune F. Antropología, salud y enfermedad: una introducción al concepto de cultura aplicado a las ciencias de la salud. Rev Latino-Am Enfermagem 2010;18(3):9-14.
- Duque P. Cultura y salud: elementos para el estudio de la diversidad y las inequidades. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo*; 2007. p. 36-51.

11. Loayssa J, Echagüe I. La salud en la adolescencia y las tareas de los servicios de salud. *Anales Sis San Navarra* 2001;24(Suplemento 2):14-21.
12. Buhler C. La vida psíquica del adolescente. 1 ed. Editorial Espasa Calpe, Buenos Aires Argentina 1950;67-70.
13. Aberastury A, Knobel M. La adolescencia normal. 2 ed. México D.F.: Editorial Paidós; 1996. p. 47-49.
14. López O, Escudero J, Carmona L. Los determinantes sociales de la salud. Una perspectiva desde el taller Latinoamericano de determinantes sociales de la salud. *ALAMES Medicina Social* 2008;3(4):34-62.
15. López O, Blanco J. Desigualdad social e inequidades en salud. Desarrollo de conceptos y comprensión de relaciones. *Salud Problema Nueva Época* 2003;8(2):14-15.
16. Laurell A. Sobre la concepción biológica y social del proceso salud-enfermedad. En: Rodríguez MA, compilador. Lo biológico y lo social. Serie Desarrollo de Recursos Humanos n 101. Washington, D.C.: OPS/OMS; 1994. p. 1-19.
17. Laurell A. La salud-enfermedad como proceso social. *Revista Latinoamericana de Salud* 1981;2(1):7-25.
18. López O, Blanco J. Políticas de salud en México. La reestructuración neoliberal, en: Jarillo E. y Ginsberg E. (Coords.) *Temas y Desafíos en Salud Colectiva*. 1ed. Argentina, Buenos Aires: Lugar Editorial; 2007. p. 21-48.
19. Breilh J. La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano. *Salud Colectiva* 2010;6(1):12-18.
20. Breilh J. *Epidemiología Crítica. Ciencia emancipatoria e interculturalidad*. 2ed. Argentina, Buenos Aires: Lugar Editorial; 2003. p 34-55.
21. Almeida N. La ciencia tímida: ensayos de deconstrucción de la epidemiología. 1 ed. Argentina, Buenos Aires: Editorial Lugar; 2000. p. 31-42.
22. Ayres J. Conceptos y prácticas en salud pública: algunas reflexiones. *Rev Fac Nac Salud Pública* 2002;20(2):67-82.
23. Pérez F. Libertad Individual Frente a Determinación Social. *Revista de Filosofía* 1990;5(2):166.
24. Consultado el 16 de junio de 2013. <http://portal2.edomex.gob.mx/coespo/index.htm>
25. Consultado el 13 de junio de 2013. <http://qacontent.edomex.gob.mx/coespo/numeralia/index.htm?ssSourceNodeId=2743&ssSourceSiteId=coespo>
26. Quintero S. *Nezahualcóyotl y sus voces*. México, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México; 2009.
27. Martínez R. *Arde la calle, emo, punk, indi y otras subculturas en México*. 1era imp. México: Editorial Reservoir Books; 2010. p. 98-114.
28. Gallegos K. Al estilo de vida metalero: resistencia cultural urbana en Quito. *Rev Íconos Flacso-Ecuador* 2004;18:19-30.
29. Cano F. La <<vida loca>> pandillas juveniles en El Salvador. Barcelona, España: Anthropos Editorial; 2009. p. 1-42.
30. Vicario H, Romero R. Consumo de drogas en la adolescencia. *Pediatr Integral* 2005;IX(2):137-155.
31. Consultado el 12 de marzo de 2012. <http://www.jornada.unam.mx/2012/03/12/sociedad/042n1soc>
32. Consultado el 07 de septiembre de 2011. <http://www.jornada.unam.mx/2011/09/07/politica/011n2pol>
33. Musitu G, Estévez E, Jiménez T, et al. Familia y conducta delictiva y violenta en la adolescencia. En: Yubero S, Larrañaga E, Blanco A (Coords.). *Convivir con la violencia* Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha; 2007. p. 135-150.
34. Acosta M, Cárdenas M. El embarazo en adolescentes: factores socioculturales. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2012;50(4):371-374.
35. Fonseca C. *Derechos humanos, amor y sexualidad: en la diversidad sexual desde la perspectiva de género*. 1ed. México, D.F.: Editorial Porrúa; 2013. p. 47-59.



ARTÍCULO ORIGINAL

## Cinética de internalización del radiofármaco $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)}$ Lys<sup>3</sup>-BN en linfocitos humanos empleando el ensayo cometa

M. A. Luna-Gutiérrez<sup>a,b</sup>, J. Castillo-Cadena<sup>a,\*</sup> y G. Ferro-Flores<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Genética, Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup>Laboratorio de Investigación de Materiales Radioactivos, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

### PALABRAS CLAVE

Daño al DNA;  
Linfocitos;  
Radiofármaco; TAT-  
BN; Cáncer de mama;  
México.

### Resumen

**Introducción:** Los receptores del péptido liberador de la gastrina (GRP-r) se sobreexpresan en cáncer de mama y próstata. La bombesina (BN) se une específica y fuertemente a GRP-r, esto es el fundamento para marcar la BN con radiación gamma. El TAT (49-57) es un péptido que penetra fácilmente la membrana celular por lo que, conjugado a diferentes proteínas, actúa como un “caballo de Troya” al aumentar la internalización de fármacos a la célula. El radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)}$ -Lys<sup>3</sup>-BN fue sintetizado con la finalidad de utilizarse en una etapa temprana de la carcinogénesis, para el diagnóstico y terapia del cáncer de mama.

**Objetivo:** Determinar la internalización mediante el ensayo cometa del radiofármaco con y sin TAT, induciendo daño al DNA.

**Materiales y métodos:** Se emplearon linfocitos humanos, con los siguientes protocolos: a) TAT-BN, b)  $^{99m}\text{Tc}$ -Lys<sup>3</sup>-BN; c)  $^{99m}\text{Tc}$ -TAT (49-57)-Lys<sup>3</sup>-BN y d) grupo control. Se realizó el ensayo cometa y se evaluó la cinética de internalización a 0, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos en 3 repeticiones con cada uno, con actividades de 2.9, 6.6, 9.01 y 14.8 MBq. Se leyeron 100 células por tiempo y tratamiento, se determinó el *Tail* momento (TM). Se aplicó Kruskal-Wallis con  $p \leq 0.05$  para la comparación entre los tratamientos.

**Resultados:** El daño causado por el  $^{99m}\text{Tc}$ -TAT-BN es mayor y diferente significativamente a los 30 minutos, respecto al control, mientras que  $^{99m}\text{Tc}$ -BN y TAT-BN no los son.

**Conclusiones:** Esto demuestra que el TAT-BN favorece la internalización del radiofármaco.

### KEYWORDS

DNA damage;  
Lymphocytes;  
Radiopharmaceutical;  
TAT-BN; Breast  
cancer; Mexico.

### Internalization kinetics of the radiopharmaceutical $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)}$ Lys<sup>3</sup>-BN in human lymphocytes using the comet assay

#### Abstract

**Introduction:** Gastrin-releasing peptide receptors (GRP-r) are overexpressed in breast and prostate cancer cells. Bombesin (BN) binds specifically and strongly to GRP-r and this is the basis for BN labeling with gamma ray emitting radionuclides. TAT (49-57) is a peptide that readily penetrates the cell membrane so that, when it is conjugated to different proteins, it can act as a “Trojan

\* Autor para correspondencia: Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México. Paseo Tollocan s/n, C.P. 50100, Toluca, Méx., México. Teléfono y Fax: (722) 217 5109. Correo electrónico: jcastillo\_cadena@hotmail.com (J. Castillo-Cadena).



horse” facilitates drug internalization to the cell. The radiopharmaceutical  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)-Lys}^3\text{-BN}$  was designed for diagnosis and therapy at early stage of breast cancer.

**Objective:** To determine the role of TAT in the kinetics of radiopharmaceutical internalization measured by DNA damage induction by means of comet assay.

**Materials and methods:** Human lymphocytes were treated with the following a) TAT-BN, b)  $^{99m}\text{Tc-BN}$ , or c)  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)-Lys}^3\text{-BN}$ , also an untreated group was conformed. The internalization was evaluated at 0, 5, 10, 15, 30 and 60 minutes after exposure with 3 repetitions each, and for radiopharmaceuticals with 2.9, 6.6, 9.0 and 14.8 MBq activities. DNA damage was scored in 100 cells per time and treatment, as tail moment (TM). A Kruskal-Wallis variance analysis with  $p \leq 0.05$  was applied for comparison between treatments.

**Results:** The damage caused by  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)-Lys}^3\text{-BN}$  is significantly higher than that caused by  $^{99m}\text{Tc-BN}$  and TAT-BN.

**Conclusion:** This demonstrates that TAT favors the internalization of the radiopharmaceutical.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

## Introducción

En México, el cáncer de mama representa la segunda causa de muerte en mujeres de 30 a 60 años<sup>1</sup>, esto involucra un gran problema de salud pública. Por eso es importante contar con nuevas formas que nos permitan detectar el cáncer de mama en una etapa temprana. Una de las nuevas alternativas es por medio del uso de los radiofármacos de tercera generación, estos se emplean en medicina nuclear para obtener imágenes de blancos moleculares específicos y son únicos en su capacidad para detectar *in vivo* sitios bioquímicos, tales como receptores y enzimas<sup>2</sup>.

El radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57) Lys}^3\text{-BN}$  podría permitir para el diagnóstico la proyección de imagen clínica específica de tumores de pecho y próstata, debido a los receptores y a los componentes que contiene<sup>2</sup>. Los receptores del péptido liberador de la gastrina (GRP-r) se encuentran distribuidos en muchos órganos, pero se sobreexpresan en la membrana de las células malignas, especialmente en las de cáncer de mama y próstata<sup>3</sup>. Los GRP-r se unen específicamente a la bombesina (BN), este fuerte enlace es el fundamento para marcar la BN con radionúclidos emisores de radiación gamma para la obtención *in vivo* de imágenes de GRP-r por técnicas de medicina nuclear molecular<sup>4</sup>. Es importante señalar que después de la interacción receptor-ligando (GRP-r-BN) en la membrana celular, una parte del complejo es internalizado al citoplasma celular<sup>5-8</sup>. Por otro lado, se sabe que el dominio básico de la proteína TAT del HIV-1, es decir el TAT (49-57), es un péptido que penetra o atraviesa fácilmente la membrana celular por lo que, conjugado a diferentes fármacos, proteínas, péptidos y nanopartículas, actúa como un “caballo de Troya” al incrementar de forma significativa la internalización celular de los diferentes fármacos o biomoléculas<sup>9</sup>.

Por tanto, el [ $^{99m}\text{Tc}$ ]N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-TAT(49-57)-Lys<sup>3</sup>-BN podría incrementar de manera significativa la internalización del radiofármaco y con ello, el contraste de las lesiones cancerosas en las imágenes, mejorando la sensibilidad y especificidad de los estudios diagnósticos. Considerando que la internalización se incrementará, las emisiones *auger* del  $^{99m}\text{Tc}$ , podrían jugar un papel fundamental en la energía depositada dentro de la célula (dosis de radiación absorbida) con un posible efecto sinérgico en la terapia del cáncer<sup>10</sup>. El ensayo

cometa descrito por Singh et al., permite demostrar el daño al DNA de forma rápida y sin empleo de cultivos celulares. Consiste en células embebidas en un gel de agarosa grado electroforesis para brindarles soporte, posteriormente, se exponen a una corriente eléctrica que propicia la migración de los fragmentos del ADN dañado<sup>11</sup>. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la internalización del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57) Lys}^3\text{-BN}$ , empleando el ensayo cometa en linfocitos humanos.

## Materiales y métodos

Agarosa de bajo punto de fusión (GIBCO BRL), agarosa de punto de fusión normal (GIBCO BRL), eluato de Na  $^{99m}\text{TcO}_4$  obtenido de un generador  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  GETEC-ININ, Triton X-100 (Sigma), Trizma (Sigma), NaCl (Merck), KCl (Ferment), DMSO (Merk), HCl (Baker), EDTA (Sigma), TRIZMA (Sigma), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (J. T. Baker), NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (Sigma), NaOH (Merck), Et-Br (GIBCO-BRL), CH<sub>3</sub>-OH (J. T. Baker), K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (Reasol) CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH (J. T. Baker), CH<sub>3</sub>CN (Mallinckrodt), CH<sub>3</sub>COONH<sub>3</sub> (J. T. Baker), TFA (Sigma), SnCl<sub>2</sub> (Sigma), MEC (J. T. Baker)

## Obtención de la muestra

Se extrajeron de 2 a 3 mL de sangre periférica de 3 individuos clínicamente sanos, por punción venosa, en un tubo con 0.1 mL de heparina por cada mL de sangre.

Se realizaron 3 réplicas del ensayo cometa por actividad radiactiva. Se sometieron a los siguientes tratamientos: a) péptido TAT-BN; b)  $^{99m}\text{Tc-BN}$ ; c)  $^{99m}\text{Tc-TAT-BN}$  y d) sin tratamiento, el cual fue tomado como grupo control.

## Marcado de radiofármacos

Para el marcado de  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT(49-57)Lys}^3\text{-BN}$  o  $^{99m}\text{Tc-TAT-BN}$  en un vial, se colocó 1 mg de N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-TAT(49-57)-BN, este fue disuelto en 1 mL de solución salina. A 10  $\mu\text{L}$  de esta solución se le adicionaron 4  $\mu\text{L}$  de *buffer* de tartrato de sodio (50 mg/mL de tartrato de sodio en NH<sub>4</sub>OH/NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COOH 0.1 M, pH 9.5), 4  $\mu\text{L}$  de solución SnCl<sub>2</sub> (10 mg de SnCl<sub>2</sub> en 10  $\mu\text{L}$  HCl concentrado diluido en 10 mL de agua inyectable) y 25  $\mu\text{L}$  de pertecneiato de Sodio ( $^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$ ). Finalmente, se mezcló y se dejó incubar durante 15 minutos a temperatura

ambiente. Las actividades empleadas para el marcado son 2.9, 6.6, 9.01 y 14.8 MBq. La pureza radioquímica fue evaluada por HPLC fase reversa.

Por otro lado, el marcado del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN o  $^{99m}\text{Tc}$ -BN, se realizó colocando 1 mg de HYNIC-BN en 200  $\mu\text{L}$  de etanol al 10%, y 800  $\mu\text{L}$  de agua inyectable previamente nitrogenada. A 20  $\mu\text{L}$  de esta solución se le adicionaron 500  $\mu\text{L}$  de EDDA/TRICINA, 500  $\mu\text{L}$  de pertecneciato ( $^{99m}\text{TcO}_4\text{:Na}$ ) y 20  $\mu\text{L}$  de solución de  $\text{SnCl}_2$  (10 mg de  $\text{SnCl}_2$  en 10  $\mu\text{L}$  HCl concentrado diluido en 10 mL de agua inyectable), y se colocó en baño seco a 90°C durante 15 minutos. Las actividades empleadas para el marcado son 2.9, 6.6, 9.01 y 14.8 MBq. La pureza radioquímica fue evaluada por HPLC fase reversa.

### Ensayo cometa (Singh et al., 1988)

Preparación de laminillas: en un portaobjetos se colocaron 200  $\mu\text{L}$  de agarosa de punto de fusión normal (APFN) al 0.75%, con ayuda de la punta de la micropipeta se extiende formando una capa homogénea, 15  $\mu\text{L}$  de linfocitos (25,000 células) se añaden en un tubo de 1 mL con 100  $\mu\text{L}$  de agarosa de bajo punto de fusión (ABPF) al 0.75% disuelta en *buffer* de fosfatos. Se mezclan y se colocan en los portaobjetos embebidos previamente con el APFN. Se le coloca un cubreobjetos, se deja que solidifiquen a 4°C durante 5 minutos, se retira cuidadosamente el cubreobjetos por desplazamiento y se agregan 100  $\mu\text{L}$  de ABPF y el cubreobjetos. Se deja solidificar a 4°C durante 4 a 5 min y se retira el cubreobjetos. Los geles se sumergen en solución de lisis recién preparada (NaCl 2.5 M, EDTA 100 mM, Tris 10 mM, NaOH 0.25 M, Tritón 1 %, DMSO 10 %, pH 10) durante 24 horas protegidas de la luz.

Corrimiento electroforético: las laminillas se sacan de la solución de lisis y se colocan en la cámara de electroforesis de manera horizontal, cubriéndolas con el amortiguador de electroforesis a 4°C (10 N de NaOH, 200 mM de EDTA, pH 13) durante 40 minutos. Posteriormente, se exponen a una corriente eléctrica de 25 V a 300 mA durante 40 minutos, usando una fuente de poder (Sigma Techware PS250-1). Una vez transcurrido el tiempo, las laminillas se enjuagan con solución de neutralización (Tris 0.4 M, pH 7.5) 3 veces por 3 minutos y se colocan en metanol 5 minutos. Todo el procedimiento se hace en condiciones de luz tenue para evitar el daño adicional al DNA.

Las laminillas se tiñen con bromuro de etidio (20  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ) y se examinan al microscopio de fluorescencia equipado con un filtro de excitación de 515-516 nm y un filtro barrera de 590 nm. El daño se evaluó analizando 100 células (n=3) por laminilla en cada tiempo, con el software Comet Assay IV™ (Perceptive Instruments), y el daño se evaluó con el Tail Moment (TM).

## Resultados

### Marcado de radiofármacos

El análisis por HPLC fase reversa, mostró un tiempo de retención de 10.7 minutos, con una pureza radioquímica de 99.5% e impurezas en un tiempo de retención de 3.5 minutos de 0.5%. La determinación de la pureza radioquímica del marcado del péptido N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-TAT (49-57)-Lys<sup>3</sup>-BN fue similar a

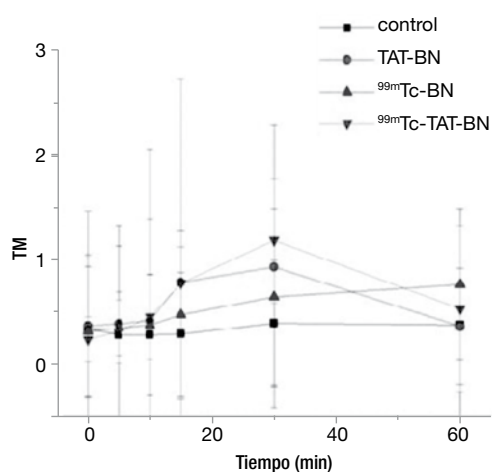
lo reportado por Santos et al.<sup>11</sup>, con una pureza radioquímica de 92%. Las actividades que se utilizaron para el radio-marcado fueron de 2.9 MBq, 6.6 MBq, 9.01 MBq y 14.8 MBq. Para el marcado EDDA/HYNIC-BN se realizó el protocolo reportado por Ferro et al.<sup>2</sup>, con una pureza radioquímica mayor a 90% utilizando las mismas actividades.

### Ensayo cometa

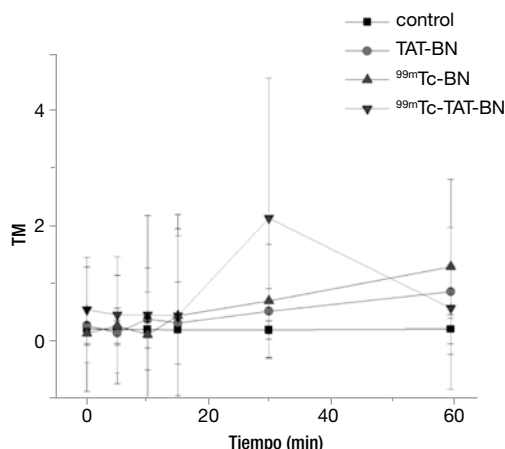
El efecto del daño al DNA por los diferentes tratamientos en los linfocitos con una actividad de radiación de 2.9 MBq se puede observar en la figura 1, en donde durante los primeros 15 minutos, el comportamiento de todos los tratamientos fue homogéneo, sin mostrar diferencia significativa entre los mismos, sin embargo es importante destacar el incremento de la respuesta por los 2 radiofármacos y el péptido a los 30 minutos. Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para demostrar diferencia significativa entre los tratamientos con el control, se encontró significancia con  $p \leq 0.05$  al minuto 30, pero cuando llegan al minuto 60, hay reparación del ADN (fig. 1).

Se pudo observar claramente que al emplearse una actividad de 6.6 MBq existió un aumento en el minuto 30 por parte del radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -TAT-BN, debido a que existe una mayor internalización al núcleo celular y por la emisión de electrones *auger* de baja energía. Para comprobarlo, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con una  $p \leq 0.05$ , la cual mostró que durante los primeros 15 minutos no existió diferencia significativa respecto al control por parte de los tratamientos, en cambio al llegar al minuto 30 todos los tratamientos tiene diferencias con respecto al testigo, pero en mayor cantidad con el radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$ -TAT-BN (fig. 2).

La cinética de daño al DNA con 9.01 MBq se representa en la figura 3, en donde existió efecto genotóxico por parte de los tratamientos a los que se expusieron, sin embargo, se puede apreciar que el radiofármaco complejo  $^{99m}\text{Tc}$ -TAT-BN produjo mayor daño a los pocos minutos de exponer a los linfocitos, y que existe un incremento gradual hasta alcanzar el minuto 30, posteriormente hay un decremento



**Figura 1** Cinética de daño al DNA por ensayo cometa a diferentes tiempos, con una actividad de 2.9 MBq evaluado por el Tail Moment.



**Figura 2** Cinética de internalización de inducción de daño al DNA por ensayo cometa, evaluado por *Tail Moment* con una actividad de 6.6 MBq.

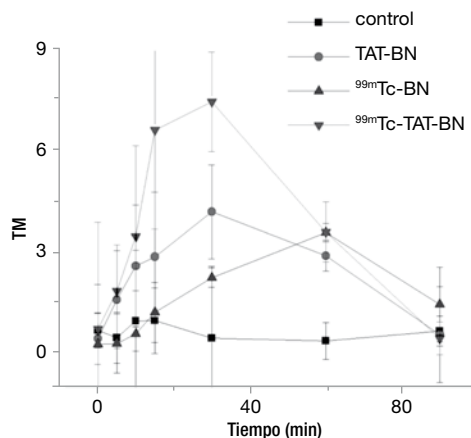
cuando llega a los 60 y 90 minutos. En este experimento con una actividad 9.01 MBq se incrementó el tiempo hasta los 90 minutos, para determinar si se mantenía el daño o existía un proceso de reparación del mismo. Los tratamientos del péptido TAT-BN y  $^{99m}\text{Tc-TAT-BN}$  mostraron diferencia significativa con respecto al control desde el minuto 5 hasta alcanzar el valor máximo de daño al DNA con esta actividad al minuto 30, sin embargo al minuto 60 hay una disminución del efecto genotóxico pero continúa siendo significativo hasta llegar el minuto 90, donde ya no lo es. Cabe destacar que el radiofármaco  $^{99m}\text{Tc-BN}$  durante los primeros 15 minutos produjo un daño no significativo con respecto al testigo, comenzó a incrementar su valor al minuto 30 y 60, donde alcanza su punto máximo y decae a los 90 minutos (fig. 3).

En la figura 4 podemos observar el comportamiento con una actividad de 14.8 MBq, el cual coincide con el descrito en la literatura con  $^{99m}\text{Tc-TAT-BN}$ , en donde existe un incremento en el daño por la internalización del TAT y por la emisión de los electrones *auger* por parte del  $^{99m}\text{Tc}$ . La prueba de Kruscall-Wallis mostró que en todos los tratamientos existe diferencia significativa respecto al control  $p \leq 0.05$ .

## Discusión

Existen diversas formas para la evaluación del daño al DNA, en esta investigación utilizamos el ensayo cometa que fue descrito por Singh et al.<sup>11</sup>, por ser una técnica que permite detectar de manera fácil y rápida el daño que puede existir en el DNA, a nivel de células individuales, evaluado por el TM.

Se han realizado muchos trabajos empleando esta técnica, sin embargo, son pocos los que realizan en los radiofármacos. Pedraza et al. (2001) evaluó el efecto genotóxico inducido por la incorporación de los radiofármacos de  $^{99m}\text{Tc}$  en la célula, determinado por esta técnica en linfocitos de ratón *in vitro* utilizando  $^{99m}\text{Tc-HMPAO}$  y  $^{99m}\text{Tc-gentisico}$  induciendo 98% y 94% de células con rompimiento de DNA nuclear, respectivamente, concluyeron que el daño fue producido por la acción de los electrones *auger* producto del decaimiento de  $^{99m}\text{Tc}$ , depositando toda la energía en la

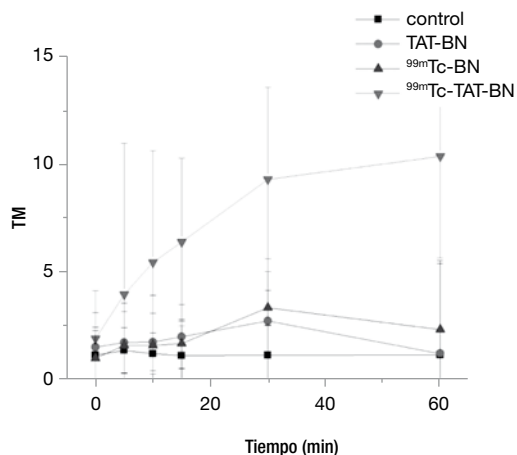


**Figura 3** Cinética de daño al DNA por diferentes tratamientos evaluados por *Tail Moment*, con una actividad de 9.01 MBq.

célula, donde  $^{99m}\text{Tc-HMPAO}$  se incorporó en el citoplasma, y  $^{99m}\text{Tc-gentisico}$ , se unió a la membrana celular, por lo tanto, los electrones *auger* pueden causar daño importante al DNA, cuando el radionúclido se incorpora en el radio de acción de algunos micrones del núcleo<sup>12</sup>.

El efecto genotóxico producido por el péptido TAT-BN es por la habilidad que tiene la proteína TAT de penetrar al núcleo celular, esto ha sido reportado por Green<sup>13</sup> y Frankel<sup>14</sup>, quienes observaron la habilidad de los 86 aminoácidos del virus de inmunodeficiencia humana tipo 1 (HIV-1) llamado TAT que penetraba a las células y activaba la transcripción. Subsecuentemente, encontraron que una región básica de la proteína en los residuos 49-57 era responsable de esta habilidad de penetrar a las células. Por otro lado, Futaki en el 2005, realizó una revisión de cómo actúa el TAT en la internalización celular, concluyó que el segmento de la proteína TAT en los residuos de 48-60 contiene 6 argininas y 2 lisinas, y éstas son responsables del carácter hidrofílico y naturaleza básica del péptido, y que conjugándose a proteínas de fusión se internalizarán eficientemente en las células y existirá una influencia en funciones de la célula, como ciclos celulares<sup>15</sup>.

Otra causa por la que el TAT podría fragmentar el DNA es porque, induce proliferación celular, esto fue descrito por Bettaccini en 2005<sup>16</sup>, quienes evaluaron el crecimiento de células epiteliales mamarias expuestas a diferentes dosis de TAT (0, 10, 50, 100 y 500 ng/mL), la actividad la midieron por análisis colorimétrico de XTT, monocapas y PCR. Con los 2 primeros, identificaron una respuesta significativa en la proliferación en dichas células, la PCR la utilizaron para detectar alteraciones del receptor, factor de crecimiento y expresión de la transcripción de citocina después de la exposición al TAT, con estos resultados llegaron a la conclusión de que el TAT tiene un efecto mitogénico sobre las células mamarias, que estimulan la expresión de genes de significancia patogénica en la infección VIH y realza la expresión de las citocinas, estos resultados podrían correlacionarse con el aumento de cometas producido por TAT-BN sin marcar con  $^{99m}\text{Tc}$ .



**Figura 4** Cinética de internalización con los 3 tratamientos con una actividad de 14.8 MBq con el Tail Moment.

En relación con <sup>99m</sup>Tc-BN sin TAT, Ferro et al.<sup>2</sup> realizó un ensayo de internalización de este radiofármaco utilizando células PC-3, las cuales dividieron en 2 grupos: bloqueadas y sin bloquear, y fueron expuestas a <sup>99m</sup>Tc-EDDA/HYNIC-BN en diferentes tiempos de incubación a saber: 2, 4, 6 y 24 horas, midieron la actividad internalizada, y obtuvieron el 8% de internalización a las 2 horas y 11.5% a las 4 horas en el grupo sin bloquear, determinaron que existió diferencia significativa en comparación con las bloqueadas. En nuestros resultados el comportamiento de este radiofármaco se internalizó a los 60 minutos medidos con la técnica de ensayo cometa, por lo tanto, el sistema y condiciones implicadas en el presente estudio ofrece una mejor estrategia para detectar la internalización celular por medio de la fragmentación al DNA.

Por otro lado, en esta investigación, con relación al <sup>99m</sup>Tc-TAT-BN el efecto que produjo a los 30 minutos con todas las actividades empleadas es debido a la internalización del TAT al núcleo celular y por la emisión de electrones *auger* producidos por <sup>99m</sup>Tc. Los resultados que obtuvimos en los experimentos con una actividad de 14.8 MBq, se puede observar que <sup>99m</sup>Tc-N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-TAT(49-57)-BN, <sup>99m</sup>Tc-EDDA/HYNIC-BN y el péptido TAT-BN internalizaron en el núcleo celular, esto también fue demostrado por Santos en el 2009, quien realizó la cinética de internalización de estos 2 radiofármacos en células de cáncer de mama MCF7, MDA y PC3; de cáncer de próstata, mostraron resultados importantes en la internalización en las 3 líneas celulares, las cuales se inhibieron significativamente al ser incubadas con la BN. Sin embargo, existió mayor penetración del radiofármaco que contenía el TAT, ya que se encontraba en mayor proporción en el citoplasma y el que tenía sólo BN se encontraba en la membrana mostrando gran diferencia<sup>10</sup>. También, podemos mencionar los resultados de Constantini et al.<sup>17</sup>, quien propuso el mecanismo por el cual atraviesa el TAT la membrana celular y transporta su carga dentro de la célula, hipotetizaron que existe una interacción inicial de la carga entre los grupos catiónicos de la guanidina y residuos de arginina con las proteínas y fosfolípidos de la célula de superficie que están cargados negativamente por los grupos fosfato y sulfato<sup>17</sup>.

En cuanto al efecto de los electrones *auger*, Faraggi et al.<sup>18</sup> probó que el <sup>111</sup>In emite 14.7 electrones *auger* por decaimiento con una energía de 6.75 KeV, y que la radiación de dosis absorbida en el núcleo estimando ser de 2 a 35 veces del doble o mayor del decaimiento en el núcleo, comparado con el decaimiento ocurrido dentro del citoplasma o en la célula de superficie, estas propiedades hacen que el <sup>111</sup>In y otros emisores de electrones *auger*, sean altamente citotóxicos y dañen al DNA cuando decaen cerca del núcleo de célula, teóricamente haciéndolas altamente selectivas para matar a las células cancerosas<sup>18</sup>. Buchegger et al., reportó que la doble hélice de DNA presenta un diámetro aproximado de 2 nanómetros, y que en un decaimiento típico de la radiación de los electrones *auger*, la energía más alta ocurre en rangos de 1 y 2 nanómetros. Esto significa, que la energía local calculada por un emisor de electrones *auger* incorporado al DNA afectará a la doble hélice con una energía de 1.6 MGy o más, esta energía de radiación es en gran parte suficiente para dañar a la doble hélice del DNA sobre las distancias de varios nucleótidos<sup>19</sup>.

En el presente estudio las cinética del inducción del daño al DNA por los diferentes tratamientos y actividades radiactivas, mostraron que existe una reparación del DNA producido por <sup>99m</sup>Tc-N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-TAT-BN y el péptido TAT-BN, tal como lo reportan Cossio (2004) empleando el ensayo cometa, quienes evaluaron el efecto de la temperatura sobre la reparación del daño genético inducida por radiación ultravioleta en células sanguíneas humanas, utilizando muestras de voluntarios clínicamente sanos y de pacientes que tenían xeroderma pigmentoso (XP), los resultados que obtuvieron en la exposición de los leucocitos a la fuente de luz UV, mostraron que no hubo diferencias entre los valores reportados antes de la irradiación en el tiempo 0, pero al alcanzar el minuto 30 se produjo un aumento significativo de la longitud total de migración de las células sanas hasta  $10.96 \pm 0.88$  y de los XP  $6.54 \pm 0.81$ . Las longitudes totales de las células sanas disminuyeron ( $7.34 \pm 0.97$ ) a los 60 minutos de exposición, mientras que en las XP se observó un ligero aumento. Proponen que la disminución de la longitud total del cometa está relacionado con las acción de las polimerasas y las ADN ligasas que actúan sintetizando y sellando la molécula, cuya actividad depende en gran medida de la disponibilidad de precursores de la síntesis de ADN presentes en la célula<sup>20</sup>.

Los resultados de esta investigación muestran que la fragmentación del DNA a diferentes actividades de radiación del radiofármaco puede llegar a ser una buena herramienta para el diagnóstico, ya que, si bien existe un efecto genotóxico en el linfocito, este tiene la habilidad de repararse con actividades bajas a los 60 minutos, produciendo el daño basal con una actividad de 14.8 MBq, lo que redundará en beneficio del paciente.

## Conclusiones

En conclusión, el daño al DNA producido por el radiofármaco <sup>99m</sup>Tc.TAT-BN en 30 y 60 minutos con las actividad de 2.9, 6.6, 9.01 y 14.8 MBq, es por la internalización del TAT al núcleo celular y por la emisión de electrones *auger* del decaimiento del <sup>99m</sup>Tc, dado por la cantidad de energía que se produce en un volumen pequeño.

## Financiamiento

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto 2806-2009 de la UAEM, y el proyecto CB-908 del ININ.

## Conflicto de intereses

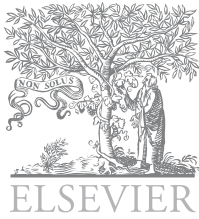
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos al Dr. Jorge Serment, Dr. Madrigal, Biol. David Becerra, M. Virginia Cruz, M. Leticia Santos, Q. Noé Cruz, Q. Blanca Ocampo, M. Enrique Morales, Q. Andrea, Biol. Diana Espinoza, Dra. Sandra García y al Sr. Ángel Reyes, por su apoyo en la realización de este trabajo.

## Bibliografía

1. Consultado en febrero 14 de 2008. <http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad>.
2. Ferro G, Arteaga C, Rodríguez J, et al. Preparation and evaluation of  $^{99m}\text{Tc-EDDA/HYNIC-[Lys3]-bombesin}$  for imaging gastrin-releasing peptide receptor-positive tumours. *Nucl Med Commun* 2006;27:371-376.
3. Gugger M, Reubi J. Gastrin-releasing peptide receptors in non-neoplastic and neoplastic human breast. *Am J Pathol* 1999;155:2067-2076.
4. Scopinaro F, De Vincentis G, Varvarigou AD, et al.  $^{99m}\text{Tc-bombesin}$  detects prostate cancer and invasion of pelvic lymph nodes. *Nucl Med Mol Imaging* 2003;30:1378-1382.
5. Reubi JC. Peptide receptors as molecular targets for cancer diagnosis and therapy. *Endocrine Reviews* 2003;24:389-427.
6. Lin KS, Luu A, Baidoo KE, et al. A new high affinity technetium- $^{99m}$ -bombesin analogue with low abdominal accumulation. *Bioconj Chem* 2005;16:43-50.
7. Nock B, Nikolopoulou A, Chiotellis E, et al. [ $^{99m}\text{Tc}$ ] Demobesin 1, a novel potent bombesin analogue for GRP receptor-targeted tumor imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003;30:247-250.
8. Nock B, Nikolopoulou A, Galanis A, et al. Potent Bombesin-like peptides for GRP-receptor targeting of the tumor with  $^{99m}\text{Tc}$  a preclinical study. *J Med Chem* 2005;48:100-104.
9. Dietz GP, Bähr M. Delivery of bioactive molecules into the cell: the Trojan horse approach. *Mol Cell Neurosci* 2004;27:85-131.
10. Santos C, Ferro G, Arteaga C, et al. Design, preparation, in vitro and in vivo evaluation of  $^{99m}\text{Tc-N}_2\text{S}_2\text{-TAT (49-57)-BN}$ . A target-specific hybrid radiopharmaceutical. *Int J Pharm* 2009;375:75-83.
11. Singh N, Mc Coy M, Tice E. Simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 1988;175:184-191.
12. Pedraza M, Ferro G, Mendiola MT, et al. Assessment of radiation-induced DNA damage caused by the incorporation of  $^{99m}\text{Tc-radiopharmaceuticals}$  in linfocitos murinos. *Mutat Res* 2000;465:139-144.
13. Green M, Loewenstein P. Autonomous functional domains of chemically synthesized human immunodeficiency virus of chemically synthesized human immunodeficiency virus TAT transactivator protein. *Cell* 1988;55:1179-1188.
14. Frankel A, Pabo C. Cellular uptake of the TAT protein from human immunodeficiency virus. *Cell* 1988;55:1189-1193.
15. Futaki S. Membrane permeable arginine-rich peptides and the translocation mechanisms. *Adv Drug Deliv Rev* 2005;57:547-558.
16. Bettaccini A, Baj A, Accolla R, et al. Proliferative activity of extracellular HIV-1 Tat protein in human epithelial cells, expression profile of the pathogenetically relevant genes. *BMC Microbiol* 2005;5:1-13.
17. Constantini D, Meiduo H, Reilly R. Peptide motifs for insertion of radiolabeled biomolecules into cell and routing to the nucleus cancer imaging or radiotherapeutic applications. *Cancer Biother Radiopharm* 2008;23:3-24.
18. Faraggi M, Gardin I, Labriolle C. The influence of tracer localization on electron dose rate derived to the cell nucleus. *Nucl Med* 1994;35:l.
19. Buchegger F, Perillo F, Dupertuis Y, et al. Auger radiation targeted into DNA: a therapy perspective. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006;33:1352-1363.
20. Cossio M, Gonzales Y, García J, et al. Uso del ensayo cometa para evaluar el efecto de la temperatura sobre la reparación del daño genético inducido por peróxido de hidrogeno y radiación ultravioleta en células sanguíneas humanas. *Acta Farm Bonaerense* 2004;23:277-284.



Revista de  
*Medicina e  
Investigación*

www.elsevier.es



## CARTA CIENTÍFICA

# Textiloma que se presenta como una masa abdominal: presentación de un caso y revisión bibliográfica

A. Silva-Carmona<sup>a</sup>, A. M. Ganado-Escobar<sup>a,\*</sup> y M. A. Mondragón-Chimal<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mex., México

<sup>b</sup> Servicio de Cirugía General, Centro Médico "Lic. Adolfo López Mateos", ISEM, Toluca, Mex., México

### PALABRAS CLAVE

Textiloma;  
Gossypiboma;  
Granuloma; México.

**Resumen** Textiloma o gossypiboma es el término acuñado para describir una masa compuesta por una matriz de algodón que es olvidado en una cavidad, posterior a una intervención quirúrgica. Se calcula una incidencia aproximada de 1 de cada 100 a 5,000 cirugías. Sin embargo, debido a los problemas médico-legales que puede ocasionar, es reportado en menor frecuencia. Los síntomas suelen ser poco específicos y el diagnóstico se basa en estudios de imagen. El tratamiento más adecuado es la intervención quirúrgica para su remoción.

El término "textiloma" se refiere a un cuerpo de tela dejado involuntariamente en el paciente durante la cirugía y a las reacciones secundarias que perpetúan su presencia en el cuerpo. La sospecha clínica es de suma importancia para el correcto diagnóstico de esta entidad.

Presentamos el caso de un masculino de 53 años de edad, con antecedente de colecistectomía abierta hace 9 años por cuadro agudo de colecistitis. Inicia su padecimiento con dolor abdominal en epigastrio tipo cólico, agravándose con dolor en hipocondrio e incapacidad para canalizar gases, además de intolerancia a la vía oral. Se encontró paciente orientado, mal estado de hidratación, peristalsis disminuida, dolor a la palpación en hipocondrio derecho con masa en el mismo. Laboratorio sin anormalidades, se le realizaron estudios de gabinete reportando una imagen sugestiva de un textiloma, se le realiza laparotomía exploratoria la cual reveló tumor con cápsula fibrosa adherido al colon e hígado. El reporte histopatológico fue compatible con cuerpo extraño. El paciente evolucionó satisfactoriamente.

### KEYWORDS

Textiloma;  
Gossypiboma;  
Granuloma; Mexico.

### Textiloma presented as an abdominal mass: case report and literature review

**Abstract** Textiloma or Gossypiboma is a term used to indicate a foreign body based in cotton that is forgotten in cavity following surgery. An incidence of 1 of 100 to 5,000 surgeries is estimated; however, due to medico-legal problems that can cause, is less frequently reported. The symptoms are not specific and the diagnosis is done through image studies. The most appropriate treatment is surgical intervention for removal.

Textiloma is the term referred to a mass composed by an array of cotton left unwittingly inside of the patient during surgery and the side effects induced by its presence. Clinical suspicion is critical for the correct diagnosis of this entity.

We report a case of a 53-year-old male with opened cholecystectomy 9 years ago as important background due to acute cholecystitis. He begins his ailment with epigastric abdominal pain colicky; getting worse with hypochondrium pain and unfitness to expell gases, he also presents intolerance by oral via. We found him oriented, poorly hydrated, decreased peristalsis, abdominal pain with palpation of the right upper abdominal quadrant, palpating a mass in the same quadrant. Normal laboratory exams. It was performed imaging studies suggesting textiloma. An exploratory laparotomy was perform finding a tumor with fibrous capsule attached to colon and liver. The histopathological report was compatible with foreign body. The patient recovered satisfactorily.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

## Introducción

El “textiloma” es un término usado para describir aquel material formado por una matriz de algodón que es dejada involuntariamente en alguna cavidad durante la cirugía, y las reacciones secundarias a su presencia en el cuerpo, este término tiene distintos sinónimos, los más conocidos son: gossypiboma, *corpus allienum*, oblitoma y gasa o textil retenido<sup>1</sup>.

La sintomatología es inespecífica y puede simular diversos padecimientos dependiendo de la región que se encuentre comprometida y el tiempo que transcurra desde el procedimiento quirúrgico. Existen 2 tipos de respuestas al cuerpo extraño, aguda y crónica; la primera es una reacción inflamatoria exudativa con la formación de absceso y fístula, la segunda es una reacción fibrótica aséptica con posibles complicaciones futuras. Se ha reportado que puede pasar desde algunos días del postoperatorio hasta varias décadas en ser diagnosticado<sup>1</sup>.

## Presentación del caso

Paciente masculino de 53 años de edad, que acude al Servicio de Urgencias por dolor abdominal tipo cólico en epigastrio de 15 días de evolución, sumándose 4 días previos a su ingreso, dolor tipo cólico en hipocondrio derecho. Un día previo a su ingreso refirió incapacidad para canalizar gases e intolerancia a la vía oral. Negó la presencia de fiebre. Refirió haber sido intervenido con cirugía abierta hace 9 años por colecistitis aguda litiásica. A la exploración física se encuentra paciente consciente, alerta, con mal estado de hidratación, a la exploración abdominal se encontró dolor a la palpación en hipocondrio derecho y una masa palpable sólida, fija e indolora de aproximadamente 20 x 15 cm. Se le solicitaron laboratorios y fueron reportados sin alteraciones (tabla 1). Se inició manejo conservador, se solicitó radiografía de abdomen en la que se encontró masa en hipocondrio derecho con una imagen que asemejaba un marcador radiopaco (fig. 1). Por lo que se sospechó el diagnóstico de textiloma, se procedió a realizar una tomografía axial computarizada (figs. 2 y 3) reportando masa con cápsula hiperdensa y densidades heterogéneas en su interior. Se intervino a través de una laparotomía exploratoria,

Tabla 1 Laboratorios

Leucocitos	6,300
Eritrocitos	5.19 x 10 <sup>3</sup>
Hemoglobina	15.6
Neutrófilos	63.3%
Plaquetas	163,000
Glucosa	117
Creatinina	1.1
Albúmina	3.9
Bilirrubina total	0.85
Bilirrubina directa	0.17
Bilirrubina indirecta	0.68
TGO	30
TGP	43
Fosfatasa alcalina	117
Amilasa	60
Lipasa	245

encontrándose una masa con cápsula densa situada entre el hígado y el ángulo cólico derecho, la masa fue retirada sin incidentes (figs. 4 y 5). Al disecar la cápsula de la pieza quirúrgica fue encontrada una compresa en su interior, posteriormente se mandó al laboratorio de patología el cual reportó: tejido fibroconectivo con inflamación crónica granulomatosa, con células gigantes tipo cuerpo extraño. El paciente tuvo una evolución postoperatoria satisfactoria y fue dado de alta.

## Discusión

El textiloma es un problema médico-legal ubicuo que puede ser prevenido. Se desconoce la incidencia exacta ya que es una entidad subreportada por las complicaciones médico-legales que puede llegar a ocasionar, no sólo representa



Figura 1 Radiografía simple de abdomen.

consecuencias serias en la salud del paciente, también para el profesional de salud y la institución a la que pertenecen<sup>2</sup>. Cualquier tipo de material utilizado durante la intervención quirúrgica puede ser olvidado; incluyendo esponjas, fórceps, piezas de instrumentos rotos, conjuntos de riego, tubos de goma, etc<sup>3</sup>. Sin embargo, las compresas y las gasas son el cuerpo extraño retenido más comúnmente encontrado y se estima que representan el 50% de las demandas por negligencia de cuerpos extraños, retenidos en alguna parte del cuerpo<sup>4</sup>.

Se estima que ocurre en cerca de 1 en 100-5,000 para todas las intervenciones quirúrgicas y en 1 en 1,000-1,500 de cirugías intraabdominales<sup>4,6</sup>. Existe diferencia entre sexos, se reporta que es más común en mujeres por la mayor frecuencia de procedimientos quirúrgicos gineco-obstétricos que les son realizados<sup>7,8</sup>. En México no hay estudios fidedignos acerca de la incidencia real de este problema.

Cualquier cavidad del cuerpo puede alojar un textiloma como las cámaras cardíacas, cavidad pélvica, mama, extremidades, sistema nervioso central, senos paranasales, etc<sup>1,4,8</sup>.

En una serie de casos realizada por Yildirim et al., se reportó el caso que ha tardado más tiempo en ser diagnosticado, con un intervalo de 40 años<sup>1</sup>.

El textiloma puede generar 2 tipos de reacciones en el organismo, aguda y crónica. La primera es una reacción inflamatoria que se presenta a los pocos días del postoperatorio, puede implicar contaminación bacteriana secundaria y seguir un curso séptico con la formación de abscesos que



Figura 2 Tomografía de abdomen, corte coronal, con masa hiperdensa en hipocondrio derecho.

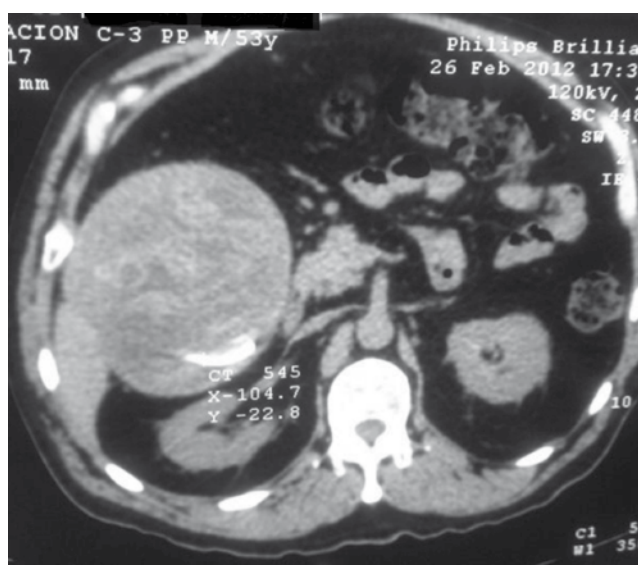


Figura 3 Tomografía de abdomen, corte transversal, que muestra cápsula hiperdensa con densidades heterogéneas en su interior.

pueden fistulizar a órganos adyacentes<sup>9-11</sup>. La reacción crónica, como el caso que nos atañe, suele ser de naturaleza aséptica y permanecer asintomático por mucho tiempo, encapsularse, formar adherencias y eventualmente un granuloma<sup>4</sup>. Se ha reportado en la literatura el hallazgo de neoplasias malignas como complicación crónica a la presencia de un textiloma, sin embargo el mecanismo por el cual se desarrolla aún es ignorado<sup>12,13</sup>.

La presentación clínica de un textiloma alojado en la cavidad abdominal es muy inespecífico, depende del tipo de reacción y del órgano comprometido, se ha presentado en forma de dolor abdominal, obstrucción intestinal, náusea, vómito, masa palpable, hemorragia gastrointestinal, distensión abdominal, sepsis intrabdominal etc<sup>1,4,14</sup>. Sin embargo, siempre es imprescindible tener presente el antecedente





Figura 4 Masa encapsulada retirada por laparotomía.

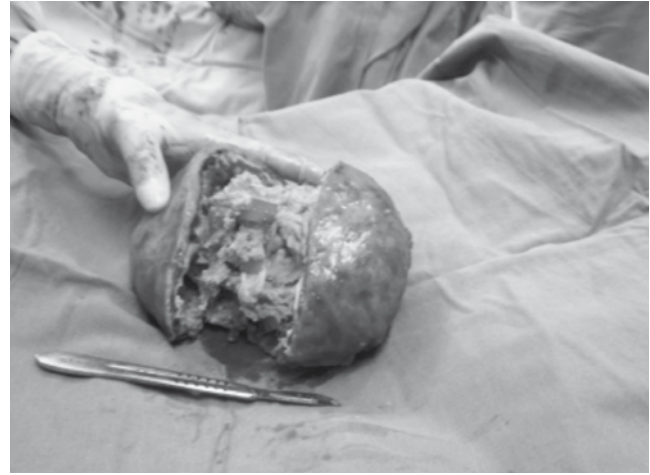


Figura 5 Compresa encontrada al disecar la pieza quirúrgica.

de una intervención quirúrgica previa para así dirigir adecuadamente los métodos diagnósticos.

Se han descrito una gama de hallazgos radiológicos relacionados con los textilomas, especialmente los localizados en el abdomen, usando diferentes técnicas de imagen. La radiografía simple es con frecuencia la técnica diagnóstica inicial, seguida de la tomografía, método de elección en la detección de textilomas y sus posibles complicaciones<sup>15</sup>. Con el advenimiento de los marcadores radioopacos en las gasas es cada vez más sencillo el diagnóstico radiográfico de esta entidad. El uso de radiografías transoperatorias o en el postoperatorio inmediato, pueden ser de gran utilidad en el caso de una cuenta incompleta al final de una cirugía<sup>16</sup>. En casos de sospecha, y de no ser visible en una proyección, es conveniente realizar otras proyecciones (laterales, oblicuas o tangenciales), aunque es imprescindible recordar que el marcador puede estar distorsionado por enroscarse, doblarse o incluso, desintegrarse<sup>17</sup> (fig. 6).

En algunos casos se puede encontrar un patrón radiológico en panal de abejas o en miga de pan que corresponde a la compresa infiltrada por secreciones y gas, luego de microperforaciones en la pared intestinal, también puede ser confundida con la imagen de materia fecal, pero su topografía fuera del marco cólico y su constancia descartan esta eventualidad<sup>18</sup>.

Por otra parte, en la tomografía se observan como masas de baja densidad que presentan una cápsula hiperdensa al administrar medio de contraste, así como densidades heterogéneas en su interior. Los diferentes patrones tomográficos pueden explicarse por el grado de desintegración de las fibras de algodón, pueden además verse calcificaciones de aspecto moteado y burbujas de gas si hay infección o comunicación con la luz intestinal. Cuando se presenta un patrón esponjiforme con burbujas de gas, se considera un signo específico de textiloma, aunque este signo puede no estar presente en los casos crónicos por la absorción del aire<sup>16,18,19</sup>. Otros métodos diagnósticos complementarios son el ultrasonido y la resonancia magnética<sup>20</sup>.

## Financiamiento

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

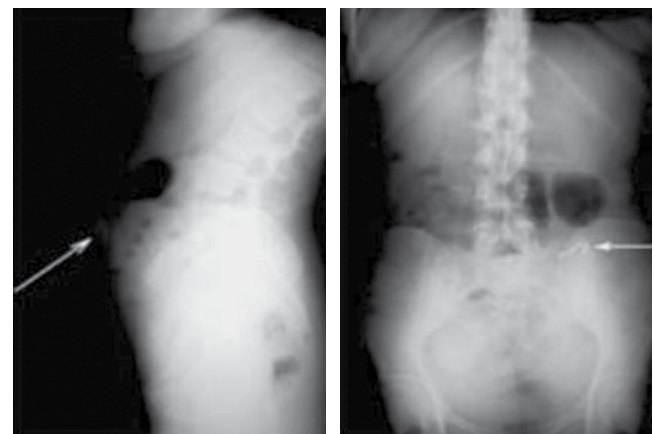


Figura 6 Marcador radioopaco en radiografía de abdomen.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Yildirim S, Tarim A, Nursal TZ, et al. Retained surgical sponge(gossypiboma) after intraabdominal or retroperitoneal surgery: 14 cases treated at a single center. *Langenbecks Arch Surg* 2006;391:390-395.
2. Dippolito A, Braslow BM, Lombardo G, et al. How David beat Goliath: history of physicians fighting frivolous lawsuits. *OPUS 12 Scientist* 2008;2(1):1-837.
3. Fair GL. Foreign bodies in abdomen causing obstruction. *Am J Surg* 1953;86:472-475.
4. Manzella A, Filho PB, Albuquerque E, et al. Imaging of gossypibomas: pictorial review. *Am J Roentgenol* 2009;193:S94-101.
5. William RG, Bragg RG, Nelson JA. Gossypiboma—the problem of the retained surgical sponge. *Radiology* 1978;129:323-326.
6. Zantvoord Y, van der Weiden RM, van Hooff MH. Transmural migration of retained surgical sponges: a systematic review. *Obstet Gynecol Surv* 2008;63:465-471.3(7):465-471.

7. Gawande A, Studdert DM, Orav E, Brennan T, Zinner M. Risk factors for retained instruments and sponges after surgery. *N Engl J Med* 2003;348:229-235.
8. Kiernan F, Joyce M, Byrnes CK, et al. Neary, Gossypiboma: a case report and review of the literature. *Ir J Med Sci* 2008;177:389-391.
9. Choi JW, Lee CH, Kim KA, et al. Transmural migration of surgical sponge evacuated by defecation: mimicking intraperitoneal gossypiboma. *Korean Radiol* 2006;7:212-214.
10. Kim CK, Park BK, Ha H. Gossypiboma in abdomen and pelvis: MRI findings in four patients. *AJR* 2007;189:814-817
11. Olnick HM, Weens HS, Rogers JV Jr. Radiological diagnosis of retained surgical sponges. *J Am Med Assoc* 1955;159(16):1525-1527.
12. Kaplan M, Ibrahim H. A new complication of retained surgical gauze: development of malignant fibrous histiocytoma - report of a case with a literature review. *World Journal of Surgical Oncology* 2012;10:139.
13. Okada F. Beyond foreign-body-induced carcinogenesis: impact of reactive oxygen species derived from inflammatory cells in tumorigenic conversion and tumor progression. *Int J Cancer* 2007;121:2364-2372.
14. Gencosmanoglu R, Inceoglu R. An unusual cause of small bowel obstruction: gossypiboma case report. *BMC Surg* 2003;3:6.
15. Ruiz RC, Orlando G, González GD, et al. En: *El Olvido: Textiloma*. *An Med (Mex)* 2007;52(1):37-41.
16. Akhaddar A, Boulahroud O, Naama O, et al. Paraspinal Textiloma After Posterior Lumbar Surgery: A Wolf in Sheep's Clothing. *World Neurosurgery* 2012;77:375-380.
17. Williams RG, Bragg DG, Nelson JA. Gossypiboma: the problem of the retained surgical sponge. *Radiology* 1978;129:323-326.
18. Deborshi S, Arvind P, Ashutosh T, et al. Unconsidered cause of bowel obstruction - gossypiboma. *Can J Surg* 2008;51(2):34-35.
19. Robinson K, Levin E. Erosion of retained surgical sponges into the intestine. *Am J Roentgenol* 1966;339.
20. Vega Chavaje GR, Heredia Jarero NM, Camacho Roncal P, et al. Extracción de un cuerpo extraño por cirugía laparoscópica. Reporte de un caso y revisión en la literatura. *Rev Mex Cir Endos* 2002;3:175-181.



Revista de  
**Medicina e  
Investigación**

www.elsevier.es



## CARTA CIENTÍFICA

# Manifestaciones cutáneas del dengue. Reporte de caso y revisión de la literatura

M. Reyna-Medina<sup>a,\*</sup>, L. Romero-Albarrán<sup>b</sup> y A. Gante-Cornejo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital General de Tejupilco, Instituto de Salud del Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Tejupilco, Méx., México

<sup>b</sup> Servicio de Medicina Interna, Hospital General de Tejupilco, Instituto de Salud del Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Tejupilco, Méx., México

<sup>c</sup> Servicio de Cuidados Intermedios, Hospital General de Tejupilco, Instituto de Salud del Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Tejupilco, Méx., México

### PALABRAS CLAVE

Dengue;  
Manifestaciones  
cutáneas; Exantema  
cutáneo morbiliforme;  
Máculas; México.

**Resumen** El dengue es una enfermedad transmitida por un vector denominado mosquito *Aedes aegypti* (MAe), que generalmente está infectado por el virus del serotipo 2. Predomina en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. El cuadro clínico inicia de 3 a 7 días después de la picadura y sus manifestaciones cutáneas (MC) representan una frecuencia que va del 20% hasta el 65%, la cual varía de acuerdo a cada país.

En México los casos han incrementado. Sus lesiones más comunes son: la mácula (M), exantema cutáneo morbiliforme (ECM), lesiones purpúricas (LP), petequias (P), entre otras. El objetivo de este estudio es señalar el panorama que representan las MC del dengue. Se presenta el caso clínico de una mujer joven, en quien se destacan estas manifestaciones, las cuales formaron parte de la tríada del dengue, sin datos de alarma. Las MC del dengue son escasamente referidas en su descripción, por lo que abordamos este tema con el fin de detallar las lesiones encontradas y dar pie a la observación de más casos. No son patognomónicas y generalmente no reflejan la gravedad de la infección.

El ECM y las M forman parte de las MC más comunes. Tienen un carácter generalmente benigno. Los frentes de las tormentas actuales pueden impactar en el incremento de nuevos casos.

### KEYWORDS

Dengue; Skin  
manifestations;  
Cutaneous rash;  
Macules; Mexico.

### Cutaneous manifestations of dengue. Case report and review of the literature

**Abstract** Dengue fever is a disease transmitted by a Mosquito called *Aedes aegypti* (Ae) vector which is usually infected by virus serotype 2. Predominate in tropical and subtropical regions around the world. The clinical picture is presented from 3 to 7 days after the bite. Skin manifestations (SM) represent the going rate of 20% to 60% and vary according to each country. Dengue in Mexico is prevalent. Its most common injuries are: macula (M), morbiliform rash (MR), purpura (LP), petechiae (P), among others. The objective of this study is to point out

\* Autor para correspondencia: Benito Juárez N° 14-C, Ahuatepec, Cuernavaca, Mor., México. Teléfono: (01 777) 242 0761. Correo electrónico: doctormedina777@hotmail.com (M. Reyna-Medina).

the picture depicting skin lesions. We present a case of a young women in whom SM include as part of dengue triad without alarm data.

The SM of dengue are barely referred to in the description, so we address this issue in order to detail the injuries found and give rise to the observation of new cases. Are not pathognomic and generally do not reflect the severity of the infection.

The MR with M are parts of the SM. They have a generally benign character. The fronts of the current storms can impact the increase in new cases.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

## Introducción

El dengue es un arbovirosis transmitido por el mosquito *Aedes aegypti* (MAe) infectado, que se presenta de forma epidémica o endémica en áreas tropicales y subtropicales. Sus manifestaciones cutáneas (MC) más frecuentemente reportadas son las lesiones eritemato-papulo-purpúricas, las cuales se presentan a partir del segundo a quinto día de la infección<sup>1-4</sup>.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que la incidencia del dengue ha incrementado extraordinariamente en todo el mundo. En el año 2010, se reportaron de 50 a 100 millones de casos; de éstos, 1.6 correspondieron al continente Americano. En México la frecuencia de dengue ha incrementado. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), reportaron en el año 2008 un total de 31,154 casos de dengue, predominando el dengue clásico (DC); las defunciones se presentaron en 25 casos.

En este mismo año, el Estado con mayor número de casos confirmado fue Morelos, seguido del Estado de Guerrero y Veracruz. El Estado de México no tuvo representación significativa<sup>4-13</sup>. La mortalidad por dengue es baja, Ron-Guerrero la señaló con 1.32% global; Rodríguez-Domínguez refirió que el dengue hemorrágico (DH) se presentó en el 40%. Las MC no representaron relación con trombocitopenia, gravedad o mortalidad<sup>13-16</sup>.

Las lesiones de la piel inicialmente son mácula (M), exantema cutáneo morbiliforme (ECM), que posteriormente pueden acompañarse o no de lesiones purpúricas (LP) y petequias (P). En otros casos se presenta la M con edema generalizado que corresponde a una erupción intensa de coloración rojo, con piel engrosada y edematosa, generalizada, acompañada de prurito, disestesias y culmina con gran exfoliación. No son patognomónicas y no reflejan el pronóstico. Frecuentemente se confunden con otras alteraciones o son subdiagnosticadas. Tienen un carácter centrípeto y su aparición es más tardía. Otro tipo de lesión son las hemorragias y equimosis de la piel, comúnmente acompañadas de sangrado de mucosas; cuyo carácter reflejan mayor gravedad del cuadro y se relacionan al DH en su grado I y II<sup>2,3,13,17-19</sup>. Las guías establecidas por la OMS en el 2009 para la definición del dengue, incluyen al ECM como parte del diagnóstico, y su relación con fiebre y cefalea se denomina la tríada del dengue<sup>2,6,8,9,12,14,19</sup>. Un estudio en India demostró que el ECM y LP acompañaron al 65% del DC. Otros autores han descrito la presencia de lesiones maculopapulares, equimosis y P del 20% al 50% de sus casos. En

nuestro país, Ramírez-Zepeda reportó ECM relacionado al 20% de los casos de dengue. Casos aislados fueron descritos por otros autores. Sin embargo, los reportes de este tipo de lesiones fueron escasamente abordados en las publicaciones revisadas<sup>15,18,20,21,23-26,27,29,33-36</sup>.

El objetivo de esta revisión es señalar el panorama que representan las MC en el dengue para valorar su pronóstico. Por esta razón se presenta el siguiente caso clínico en el que se describen las lesiones dermatológicas clásicas encontradas en una paciente, y a su vez se realiza una revisión del tema. Estas observaciones abren la posibilidad de posteriores publicaciones.

## Presentación del caso

Paciente femenina de 21 años de edad, con antecedente de su primer embarazo hace 2 años, complicado con púrpura medicamentosa y convulsiones en el primero y tercer trimestres, respectivamente. Su embarazo fue de término, pero cursó con parto distócico que precisó de hemotransfusión. Once días antes de su ingreso inició con cuadro gripal y fiebre, posteriormente se agregan escalofríos, cefalea, dolor retroocular y artralgias. Seis días antes ingresó a un hospital de zona por incremento de la sintomatología y debilidad generalizada. Ahí se corroboró fiebre y trombocitopenia. Un día antes de su ingreso presentó ECM en tronco, miembros inferiores y superiores, puntilleo hemorrágico conjuntival y prueba de torniquete positiva. Las plaquetas continuaron bajando. Por lo que se decide su traslado a nuestra Unidad. A su ingreso sus signos vitales fueron: frecuencia cardiaca de 96 latidos por minuto, frecuencia respiratoria de 21 por minuto, presión arterial de 110/70 mmHg, temperatura de 38.9°C. Aquí, la paciente manifestó incremento de la sintomatología previa y se agregaron disestesias dolorosas de ambas piernas y muslos. Se corrobora fiebre, taquicardia, taquipnea, sin alteración de la presión arterial. Neurológicamente sólo se identificó debilidad generalizada. Su estado de hidratación fue normal, no hubo adenomegalias en cuello. En el tórax se identificó taquipnea sin estertores. Los ruidos cardiacos con ritmo normal y frecuencia alta. En el abdomen no se identificaron alteraciones.

En la exploración de la piel se observó ECM generalizado, simétrico y bien delimitado. En el tronco se identificó en abdomen, espalda, cintura y región glútea, salpicado de múltiples M blanquecinas, redondas, confluentes de piel respetada y de diámetro variable, que en promedio midieron 1 cm, dando el aspecto de "islas blancas en un mar

rojo” (figs. 1 y 2). A nivel de miembros superiores, el ECM se observó más intenso en su región anterior y posterior de brazos y tercio distal de antebrazos; en donde se identificó el límite del exantema y piel sana, simulando una especie de “marca de nivel de agua”. En el dorso de ambas manos el exantema representó una tonalidad más rojiza acompañada de intenso edema que le confirió un aspecto de “piel más encendida” intensificada en la zona de venopunción (fig. 3). Se respetaron las palmas de las manos. Se corroboró el signo del torniquete y P en zonas de presión dorsal. A nivel de miembros inferiores, el ECM también mostró un carácter particularmente eritematoso intenso en la región anterior y posterior de ambas piernas, tercio distal de muslos, principalmente en rodillas; que a su vez se relacionó con LP puntiformes diseminadas (fig. 4). En la región dorsal de ambos pies el eritema fue menos intenso y se identificó un agrupamiento de LP y P<sup>1-3,34</sup>. Se respetó la región plantar. A la palpación, la paciente experimentó disestesias dolorosas y sensación de entumecimiento. La cara y tórax anterior fueron respetados. Entre los exámenes de laboratorio sobresalió que el recuento plaquetario fue disminuyendo progresivamente hasta llegar a 30,000. La radiografía de tórax no mostró alteraciones. El ultrasonido de hígado fue reportado como normal. Se descartó embarazo. La prueba inmunológica reportó DC. Se concluyó que la paciente fue portadora de la tríada del dengue, sin datos de alarma. Se inició manejo con hidratación, analgésicos y esteroides. Seis días después de su ingreso remitieron las MC. Se egresó por mejoría.

**Discusión**

La frecuencia elevada de dengue en el continente americano permite un mayor conocimiento de las enfermedades cutáneas. Cortéz-Franco ha reportado frecuencias significativas que van del 18% al 56% de la tríada del dengue. Sin embargo, los reportes de las MC en nuestro país son escasamente señaladas, por ser poco abordadas en las historias clínicas o estas lesiones son relegadas a un segundo plano

por no guardar relación con el pronóstico o ser fácilmente confundidas con otras patologías relacionadas a la piel; por lo que creemos que la frecuencia en su presentación es mayor. En un estudio realizado en México por Ramírez-Zepeda, refiere que la frecuencia observada es de cerca del 20%. Este dato guarda similitud con otros reportados en América del Sur e India, pero no hay mayor abordaje en la semiología de las lesiones en la piel.

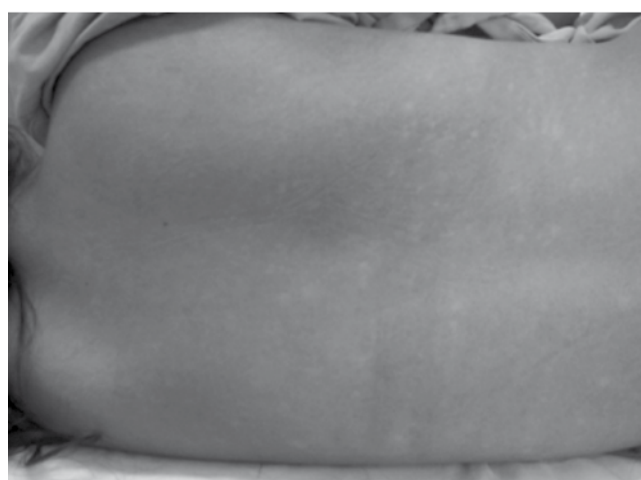
Por ello, nosotros abordamos este interesante tema en el que exponemos que la piel es uno de los órganos blanco que frecuentemente acompañan al dengue. En este caso se observa un cuadro clínico florido de MC caracterizado por ECM, M, LP y P. Esta combinación de lesiones confiere a la piel características particulares encontradas en el tronco, que dan el aspecto de islas blancas en un mar rojo. Su presentación llama la atención tanto del paciente como del médico por la aparente gravedad; sin embargo, la mayoría de los autores convergen en que no hay relación con datos de alarma y tampoco reflejan el pronóstico del enfermo. En este caso particular, la paciente evolucionó favorablemente y las lesiones que se han descrito remitieron en su totalidad.

Aparentemente la paciente vive en una zona donde los casos de dengue son frecuentes y donde los factores medioambientales locales brindan al MAe condiciones favorables para su hábitat, ubicado a una distancia no mayor de 200 m; si tomamos en cuenta que este es el promedio de su alcance de vuelo. El virus del serotipo 2 es el que más frecuentemente infecta a los vectores, por lo que es muy probable que este virus sea involucrado en la infección de la paciente. De acuerdo a la cronología, la picadura o picaduras del vector pudieron haber ocurrido 18 días antes del ingreso a esta Unidad; si tomamos en cuenta que 7 días son el promedio de incubación del virus una vez ingresado al torrente sanguíneo. Las MC se aparecieron 15 días después de la picadura. De acuerdo al reporte de Caballero, las MC del dengue se presentan de forma temprana, pero en el caso que nos ocupa, estas manifestaciones son más tardías.

Al tiempo en que se realizan esta entrega, en nuestra región hay una intensa devastación por los 2 frentes de



Fuente: Archivo Clínico del Hospital General de Tejupilco, ISEM. **Figura 1** Aspecto de islas blancas en un mar rojo.



Fuente: Archivo Clínico del Hospital General de Tejupilco, ISEM. **Figura 2** Exantema cutáneo morbiliforme.



Fuente: Archivo Clínico del Hospital General de Tejupilco, ISEM.  
**Figura 3** Exantema con tonalidad rojiza intensa y edema de piel.

huracán y tormenta, 'Ingrid' y 'Manuel', respectivamente. Por lo que es muy probable que la enorme cantidad de agua poco factible de controlar por la naturaleza propia de estas manifestaciones meteorológicas, condicione un notable incremento de los casos de dengue en la Zona Sur del Estado de México, Guerrero y Michoacán.

Actualmente, se conoce que hay otras regiones del país bajo estas condiciones, por lo que es factible la presencia de casos nuevos, de magnitudes sin precedentes. Estas observaciones abren la necesidad de incrementar la vigilancia epidemiológica, prevención y detección de casos de dengue con su tríada y sus datos de alarma.

## Conclusiones

Las MC del dengue en México son poco reportadas. El ECM es de las lesiones más comunes, sin embargo tienen un carácter predominantemente benigno y no reflejan el pronóstico, ni la gravedad del caso. El impacto de la contingencia actual puede reflejarse en el incremento de los casos de dengue en el sur del Estado de México y sus estados vecinos.

## Financiamiento

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

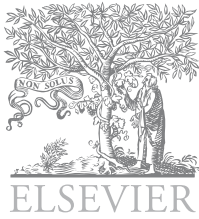
1. Caballero AA, Olmedo OA, Oddone VR. Manifestaciones cutáneas del dengue. *Piel* 2009;24(10):520-523.
2. Cortés-Franco F. Manifestaciones cutáneas del dengue. *Dermatol Perú* 2009;19(2):86-93.
3. Moscol E, Celia M, García JP, et al. Manifestaciones cutáneas del dengue. Reporte de 92 casos en el Hospital III Sullana Minsa. *Dermatol Perú* 2002;12(1):1680-1686.
4. Hurtado-Díaz, Riojas-Rodríguez H, Rothenberg SJ, et al. Short communication: Impact of climate variability on the incidence of dengue in México. *Tropical Med Internat Health* 2007;12(11):1327-1337.



Fuente: Archivo Clínico del Hospital General de Tejupilco, ISEM.  
**Figura 4** Exantema de predominio en rodillas acompañado de lesiones purpúricas.

5. San Martín JL, Brathwaite O, Zambrano B, et al. The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. *The Am Trop Med Hyg* 2010;82(1):128-135.
6. Vargas CM, Plengue FO, Ognio SL, et al. Dengue clásico y hemorrágico. Una enfermedad reemergente y emergente en el Perú. *Rev Med Hered* 2005;16(2):120-140.
7. Ron-Guerrero CS, Ron-Magaña AL. Dengue fatal. Reporte de cuatro casos en Nayarit, México. *Med Int Mex* 2011;27(4):385-389.
8. Ron-Guerrero CS, López-Flores F, Ron-Magaña AL. Manifestaciones clínicas y de laboratorio relacionadas con la recuperación de las plaquetas en el dengue hemorrágico. *Med Univers* 2010;12(46):11-17.
9. Rodríguez-Domínguez J. Las enfermedades transmitidas por vector en México. *Rev Fac Med* 2009;45(3):1-3.
10. Consultado el 22 de septiembre de 2013. [www.cenotec.salud.gob.mx/interior/gpc.html](http://www.cenotec.salud.gob.mx/interior/gpc.html)
11. Consultado el 20 de septiembre de 2013. [http://www.dgepi.salud.gob.mx/dengue\\_pano/2008PANORAMAS/PANORAMAS%20DENGUE\\_SEMANA%2008.pdf](http://www.dgepi.salud.gob.mx/dengue_pano/2008PANORAMAS/PANORAMAS%20DENGUE_SEMANA%2008.pdf)
12. Tuiskunen-Bäch A, Lundkvist A. Dengue viruses-an overview. *Infect Ecol and Epidem* 2013;3:1-21.
13. Murray NE, Quam MB, Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Clinical Epidem* 2013;5(1):299-309.
14. Prasad D, Kumar C, Jain A, et al. Accuracy and applicability of the revised WHO classification (2009) of dengue in children seen at a healthcare facility in Northern India. *Infection* 2013;41(4):775-782.
15. Mahboob A, Iqbal Z, Javed R, et al. Dermatological manifestations of dengue fever. *J Ayuv Med Coll Abbot* 2012;24(1):52-54.
16. Ahmed S, Mohammad WW, Hamid F, et al. The 2011 dengue haemorrhagic fever outbreak in Lahore and account of clinical parameters and pattern of haemorrhagic complications. *J Coll Phys Surg Pak* 2013;23(7):463-467.
17. Kumar V, Ghosh B, Raina UK, et al. Bilateral periorbital ecchymosis in case with dengue fever. *Ind J Ophthl* 2009;57(3):242-243.
18. Thomas EA, John M, Bhatia A. Cutaneous manifestations of dengue viral infection in Punjab (North India). *Internat J Derm* 2007;46(7):715-719.
19. Hostick O, Farrar J, Lum L, et al. Reviewing the development, evidence base, and application of the revised dengue classification. *Pathogens and Global Health* 2012;106(2):94-101.

20. Ramírez-Zepeda MG, Velázco-Mondragón HE, Ramos C, et al. caracterización clínica y epidemiológica de los casos de dengue: Experiencia del Hospital General de Culiacán, Sinaloa, México. *Rev Panam Salud Pub/Pan Am J Public Health* 2009;25(1):16-23.
21. Jhamb R, Kumar A, Ranga GS, et al. Unusual manifestations in dengue outbreak 2009, Delhi, India. *J Commun dis* 2010;42(4):255-261.
22. Kalayanarooj S. Dengue classification: Current WHO vs the newly suggested classification for better clinical application? *J Med Assoc Thai* 2011;94(3):s74-84.
23. Karunatilaka DH, De Silva JR, Ranatunga PK, et al. Case report. Idiopathic purpura fulminans in dengue hemorrhagic fever. *Ind J Med Sci* 2007;61(8):471-473.
24. Thomas EA, John M, Kanihs B. Mucocutaenous manifestations of dengue fever. *Ind J Dermatol* 2010;55(1):79-85
25. Saleem K, Shanikh I. Skin lesions in hospitalized cases of dengue fever. *J Coll Physic Surg Pak* 2008;18(10):608-611.
26. Chuang VW, Wong TY, Leung YH, et al. Review of dengue fever cases in Hong Kong during 1998 to 2005. *Hong Kong Med J* 2008;14:170-177.
27. Del Giudeice P, Schuffernecker I, Zeller H, et al. Sking manifestations of West Nile virus infection. *Dermatology* 2005;211:340-350.
28. González D, Castro OE, Louri G, et al. Classical dengue hemorrhagic fever resulting from two dengue infection sapced 20 years or more apart: Havana, Dengue 3 epidemic, 2001-2002. *Internat J Infec D* 2005;9(5):280-285.
29. KahSieong C, JungSan C, Ko C, et al. Skin manifestations of dengue. *J Microb Immunol Infec* 2009;42(6):471-478.
30. Teixeira MG, Barreto ML. diagnosis and management of dengue. *BMJ* 2009;339:1189-1193.
31. Pincus LB, Grossman ME, Fox LP. The exanthema of dengue fever: Clinical features of two US tourists traveling abroad. *J Am Acad Derm* 2008;58(2):308-316.
32. Consultado el 20 de septiembre de 2013. <http://wholibdoc.who.int/publications/2009/9789995479213spa.pdf>
33. Escalante-Jibaja E, Escalante-Jibaja E. Exantemas virales. *Dermatol Perú* 2008;18(2):78-93.
34. Consultado el 20 de septiembre de 2013. [http://www.imbio-med.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id\\_articulo=47123&id\\_seccion=2998&id\\_ejemplar=4772&id\\_revisita=178](http://www.imbio-med.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_articulo=47123&id_seccion=2998&id_ejemplar=4772&id_revisita=178)
35. Lesezinky MC, Mendoza G, Diéz M. Caso inusual de dengue. *Rev Sol Bol Ped* 2012;51(1):15-18.
36. Consultado el 24 de septiembre de 2013. <http://www.lja.mx/2013/07/encuentran-casos.de-gastroenteritis-complicaciones-de-piel-e-infeccion-de-vias-respiratorias-a-causa-de-las-lluvias/>



Revista de  
*Medicina e  
Investigación*

www.elsevier.es



## ARTÍCULO DE REVISIÓN

# La placenta como órgano endocrino compartido y su acción en el embarazo normoevolutivo

Y. M. Rodríguez-Cortés<sup>a,\*</sup> y H. Mendieta-Zerón<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (UCMC), Estancia de Investigación en el Centro de Investigación en Ciencias Médicas (CICMED), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> Asociación Científica Latina (ASCILA), Ciprés Grupo Médico (CGM), Bogotá, Colombia

### PALABRAS CLAVE

Embarazo normal;  
Función endocrina;  
Hormonas; Placenta;  
Colombia.

**Resumen** La placenta humana cumple desde funciones de transporte de nutrientes, respiración, y eliminación de desechos, hasta la función endocrina que alberga los efectos más importantes para la evolución y manutención de un embarazo normal, siendo una falla en dichas funciones, el desencadenante de patologías como la preeclampsia y el retraso en el crecimiento intrauterino (RCIU). Se destacan por su importancia hormonas como la gonadotropina coriónica humana (hCG), el lactógeno placentario humano (hPL), las hormonas tiroideas y las esteroideas, destacándose en estas últimas los mecanismos que se conjugan para su producción. Cabe destacar que en cuanto a las funciones endocrinas, si bien la placenta produce algunas hormonas por sí sola, no es órgano completamente independiente e involucra varios ejes hipotalámicos maternos para poder funcionar de una manera correcta, producir lo que se necesita, y contribuir a que la gestación llegue a un feliz término.

### KEYWORDS

Endocrine functions;  
Hormones; Normal  
pregnancy; Placenta;  
Colombia.

### Placenta like endocrine share organ and it action in normoevolutive pregnancy

**Abstract** Human placenta has several functions as nutrients transport, respiration, waste disposal, as well as endocrine functions that produce the most important effects on the evolution and maintenance of a normal pregnancy; being a failure in those functions, the trigger of pathologies like pre-eclampsia and Intrauterine Growth Retardation (IUGR). The most important placental hormones are the human chorionic gonadotropin (hCG), human placental lactogen (hPL), thyroid steroid hormones, the last two known for the complex mechanisms that are mandatory for their formation.

Although the human placenta produces some hormones alone, is not a complete independent organ, requiring many maternal hypothalamic axes for a correct function, contributing in that way to a happy gestation ending.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia: Calle 5c N° 31b - 41, Bogotá, Colombia. Teléfono: (57) 310 5672521. Correo electrónico: jmariarodriguez@unicolmayor.edu.co (Y. M. Rodríguez-Cortés).



## Introducción

La placenta es el órgano más especializado implicado en el embarazo, que gracias a su compleja estructura y con la ayuda del líquido amniótico ayuda al crecimiento y desarrollo del feto en formación, siendo los cambios presentados en ella factores de alto impacto en el desarrollo intrauterino fetal<sup>1</sup>. Teniendo en cuenta su relevancia en el embarazo, la placenta ha sido estudiada como parte de la etiología de condiciones gestacionales severas como la preeclampsia y el retraso en el crecimiento intrauterino (RCIU), en los cuales se ha encontrado la relación de los procesos placentarios con su desarrollo<sup>2</sup>. Además, este órgano se caracteriza por una invasión trofoblástica, la cual le confiere características especiales como sus capacidades endocrinas. En particular, el tejido endocrino de la placenta es el sincitiotrofoblasto, el cual se encarga de cubrir las vellosidades coriónicas<sup>3</sup>.

## Formación de la estructura placentaria

La placenta se forma durante las 3 primeras semanas de gestación, abarcando los procesos de preimplantación, implantación y decidualización, que preparan al organismo para realizar la diferenciación de membrana embrionaria y comenzar con la formación de las membranas placentarias.

Lo primero que se necesita es un endometrio receptivo. El proceso se empieza a dar del día 20 a 24 del ciclo menstrual y se conoce como ventana de implantación<sup>4</sup>. Luego sigue la preimplantación, llamada así debido a que el óvulo empieza a viajar a través de la trompa de Falopio hasta el útero, y la estructura endometrial sigue libre<sup>5</sup>.

En la fecundación se da la unión óvulo-espermatozoide y se compone de 3 etapas: 1) segmentación, 2) blastulación, donde se diferencia la mórula hasta formar una estructura cavitaria llamada blastocito, cuya cavidad se denomina blastocele, y está rodeado de un estrato celular (trofoblasto); y 3) gastrulación, donde hay anfmixis (unión de pronúcleo de óvulo y de espermatozoide), y comienzan los procesos para la formación de las 3 membranas embrionarias<sup>5</sup>.

En la implantación, el huevo se introduce en la mucosa uterina. Para ello el estroma endometrial (tejido conectivo compuesto por células y matriz extracelular), que se encuentra encargado de la remodelación constante del órgano a través del ciclo menstrual, empieza a sufrir los efectos de un proceso denominado decidualización, que es inducido por el efecto de la progesterona (comienza 6 a 7 días después de su aparición), y abarca cambios morfológicos, bioquímicos y génicos en las células estromales en respuesta a la acción hormonal<sup>6</sup>.

Además, hay un aumento de las células del sistema inmune, con un predominio en los leucocitos deciduales, cuya población está compuesta de *Natural Killer* uterinos (uNK) en un 70%, las cuales, en un ciclo menstrual normal ayudan a la diferenciación y renovación del endometrio. En la decidualización también regulan la invasión trofoblástica y la angiogénesis, desapareciendo gradualmente después de la semana 20 de gestación, y estando ausentes en totalidad de la decida a término<sup>4</sup>.

También hay macrófagos, con una población que ocupa el 20%, y cuya presencia está regulada por estrógenos y

progesterona, ya que expresan receptores para estas hormonas; y linfocitos T que ocupan el 10% de la población leucocitaria total<sup>4</sup>.

En la reacción decidual hay edematización, que determina abundantes pliegues hacia la luz uterina gracias a la liberación de histamina por medio de señales hormonales que a su vez se acompañan de un enriquecimiento de material nutritivo y de una mayor facilidad para la dislaceración celular, facilitando la penetración del huevo<sup>5</sup>.

La diferenciación trofoblástica inicia cuando el trofoblasto (capa celular primaria), se diferencia rápidamente en 2 capas, el sincitiotrofoblasto y el citotrofoblasto. El sincitiotrofoblasto multinucleado desarrolla lagunas de las que proyectan algunas vellosidades del citotrofoblasto, luego el sincitiotrofoblasto se comprime progresivamente hasta convertirse en una capa que cubre la vellosidad y se separa la capa del citotrofoblasto (que se vuelve discontinua) de las lagunas, que se fusionan para formar el espacio intervelloso. A la par, las enzimas trofoblásticas ayudan a que se empiecen a generar ramificaciones vasculares para que llegue sangre materna, y las células fetales mesenquimales invaden las vellosidades generando redes vasculares que conectan a las venas y arterias umbilicales. Por tanto, a pesar de estar estrechamente comunicadas, las circulaciones materna y fetal están separadas en áreas especializadas de transferencia. Las células del citotrofoblasto además invaden a las arterias espirales haciendo que la sangre que entra al espacio intervelloso, tenga una presión arterial menor que la normal<sup>7</sup>.

El sincitiotrofoblasto ayuda al intercambio de iones y nutrientes, además de la síntesis de hormonas esteroideas y otros péptidos necesarios para el crecimiento fetal. Entre las hormonas destacadas se encuentran la progesterona y la gonadotropina coriónica (hGC) fetal, las cuales son esenciales para mantener la gestación. El sincitiotrofoblasto nucleado se regenera por una rotación continua en la cual hay proliferación de citotrofoblasto mononuclear subyacente, seguido de una fusión de ambos. Esto se da durante todo el embarazo, permite un desarrollo fetal adecuado y previene un RCIU<sup>8</sup>. Cuando este proceso sufre alguna alteración, se presentan patologías como la preeclampsia.

El citotrofoblasto ya organizado como corión participa en la organización de la placenta emitiendo proliferaciones celulares que invaden los espacios y recubren la superficie lacunar<sup>5</sup>. De esta manera, culmina el proceso de formación placentaria y continúa el proceso de adaptación fisiológica para la normoevolución de la gestación.

## Funciones de la placenta

La placenta cumple funciones de transporte y metabolismo, así como protectoras y endocrinas; siendo además la proveedora principal de oxígeno, agua, carbohidratos, aminoácidos, lípidos, vitaminas, minerales y nutrientes necesarios para que el feto se desarrolle de una manera adecuada<sup>1</sup>.

## Obtención de nutrientes a través de la placenta

La placenta es el mayor proveedor de nutrientes para el feto. Para el paso de glucosa se han distinguido 6 transportadores en

el trofoblasto, GLUT-1, GLUT-2, GLUT-3, GLUT-4, GLUT-5, y GLUT-7. El principal es la isoforma del GLUT-1, que facilita el intercambio entre la membrana maternal del sincitiotrofoblasto y la fetal<sup>7</sup>. En cuanto a los aminoácidos, los mecanismos de transferencia son muy variados, pero todos incluyen transporte activo e involucran canales dependientes de Na y Ca<sup>2+</sup>, con glicoproteínas asociadas a transportadores específicos<sup>3</sup>.

Se conoce el transportador neutral de aminoácidos Na dependiente (SNAT, por sus siglas en inglés), y sus 3 isoformas, SNAT 1, 2 y 4. La deficiencia de este transportador ha sido identificada en situaciones patológicas como el RCIU, y se ha observado que el transporte de aminoácidos está alterado en embarazos de mujeres obesas, donde se ve disminuido, a la par que se ve relacionado con la resistencia a leptina<sup>9</sup>.

Para los ácidos grasos, sustancias fundamentales en la formación de membranas lipídicas, mielina entre otras, que ayudan a un correcto desarrollo fetal, se han identificado varias proteínas por parte de la madre para facilitar el traspaso: la proteína ligante de ácidos grasos de la membrana plasmática (FABPpm), la traslocasa de ácidos grasos (FAT), la proteína transportadora de ácidos grasos (FATP), y la familia de proteínas ligantes de ácidos grasos citoplasmáticos<sup>10</sup>.

Para los nucleósidos en la placenta de los mamíferos se han identificado 2 tipos de transportadores, equilibrados y concentrados, de los cuales en la humana se destacan 2 tipos por parte de los equilibrados: el hENT1 y el hENT2<sup>10</sup>.

En cuanto a minerales importantes como el calcio y el hierro, se sabe que en cuanto al primero, el feto acumula aproximadamente de 25 a 30 g durante el embarazo para poder mineralizar el esqueleto, y la mayor demanda se sitúa en el tercer trimestre<sup>7</sup>. El calcio además ayuda al crecimiento celular y al desarrollo neurológico, y es transportado a través de la placenta por canales específicos para este fin; y el hierro es transportado con la ayuda del receptor transferrina-diférrica, el cual se encuentra en las microvellosidades del sincitiotrofoblasto<sup>7</sup>.

## Función endocrina de la placenta

Los cambios endocrinológicos son esenciales para el inicio y el mantenimiento de la gestación, además del correcto crecimiento y desarrollo fetal, hasta el momento del alumbramiento y comienzo del puerperio, culminando con la lactancia.

Los productos placentarios tienen blancos intrauterinos y extrauterinos y se ha demostrado que a pesar de no ser un órgano dependiente de los sistemas maternos, puede estar regulado por los ejes hipotálamo pituitario adrenal y el eje hipotalámico pituitario gonadal, teniendo cada célula placentaria una función endocrinológica diferente que varía no sólo de célula a célula sino en los estados de la gestación<sup>11</sup>.

Mientras el citotrofoblasto veloso se encarga de la producción de factores reguladores, el sincitiotrofoblasto produce péptidos comunes y hormonas tiroideas y se observa que en los inicios del embarazo, factores como el factor de crecimiento epidérmico (EGF), se incrementan, mientras que en estadios más avanzados aumentan sustancias como el lactógeno placentario humano (hPL)<sup>11</sup>.

Los ejes superiores también producen sustancias que afectan el desarrollo placentario. El hipotálamo produce la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), la pituitaria, hCG, hPL,  $\beta$ -endorfina, oxitocina, y hormona del crecimiento (GH); y los ovarios producen progesterona, activinas e inhibinas; gracias a las señales de la placenta, quien participa además en vías importantes para la producción de hormonas esteroideas, ya que sus enzimas esteroideogénicas no son suficientes para producir por sí sola la cantidad necesaria de dichas hormonas<sup>11</sup>.

A continuación, se describe la acción de las hormonas más importantes para la función placentaria. Algunas son producidas por el sincitiotrofoblasto veloso, y otras de origen hipotalámico o producto de vías estimuladas por la placenta, también ayudan a la función placentaria (tabla 1).

**Tabla 1** Hormonas que intervienen en la función placentaria

Hormona	Producida por	Función
Gonadotropina Coriónica Humana (hCG)	Sincitiotrofoblasto veloso	Promover la angiogénesis, diferenciación trofoblástica, envío de señales para favorecer la implantación. Inducción de factores secundarios que permiten el estado gestacional
Lactógeno placentario	Sincitiotrofoblasto veloso	Ayuda al crecimiento fetal al influir en el metabolismo materno
Prolactina	Hipotálamo y endometrio	Diferenciación celular, regulación del crecimiento trofoblástico, angiogénesis y regulación inmune
Relaxina	Sincitiotrofoblasto	Relajación del cuello gravídico para facilitar su dilatación y relajación uterina
Activina e inhibina	Sincitiotrofoblasto	Regulación de la hormona foliculo estimulante (FSH)
Hormona del crecimiento placentario	Sincitiotrofoblasto	Estimula el paso de nutrientes a través de la placenta

## Hormonas producidas por la placenta o que influyen en su correcto funcionamiento

### • Gonadotropina coriónica

La hCG, es producida por el sincitiotrofoblasto veloso, es una hormona placentaria heterodimérica perteneciente a la familia glicoproteica entre las que se incluyen la hormona luteinizante (LH), la hormona folículo estimulante (FSH), y la hormona estimulante de la tiroides o tirotrópina (TSH)<sup>12</sup>.

Compuesta por 2 cadenas unidas de forma no covalente, una subunidad alfa común para todas las proteínas de la familia, y una subunidad beta que difiere entre hormonas<sup>12</sup>; tiene 4 variedades, constituidas por moléculas independientes que son producidas por células distintas. La hCG se encuentra en su forma canónica, que es producida por las células de trofoblasto veloso, y cuyas funciones incluyen:

1. Promover la producción de progesterona en el cuerpo lúteo previniendo la luteólisis. La hormona cuenta con una vida media de 37 horas y sólo promueve la producción de progesterona 3-4 semanas después de la implantación. Tiene un pico a la décima semana, y sigue produciéndose casi un mes después<sup>12,13</sup>.
2. Promover la angiogénesis en la vasculatura uterina<sup>13</sup>.
3. Permitir que las células del citotrofoblasto se fusionen, con la subsiguiente diferenciación del sincitiotrofoblasto. La hCG es una de las moléculas de producción más temprana, secretada por el embrión y el blastocito la produce antes de la implantación continuando el proceso del sincitiotrofoblasto<sup>13</sup>.
4. Actuar sobre el sistema inmune materno. La hCG es un modulador inmune que regula la acción proinflamatoria. Induce al bloqueo de los macrófagos maternos impidiendo la invasión de las células placentarias y estimula a la producción de interleuquina 10 (IL-10), que funciona como regulador de los uNK, quienes se ven inducidos a la par por la producción de hCG, reduciendo la respuesta citotóxica que se pueda presentar en patologías como la preeclampsia<sup>13,14</sup>. Más aún, induce a la producción de otros reguladores inmunes como lo es la enzima indoleamina 2-3 dioxigenasa (IDO), que también disminuye la respuesta proinflamatoria<sup>14</sup>.
5. Estimular el crecimiento uterino para que sea paralelo al crecimiento fetal promoviendo a su vez aparentemente el crecimiento de órganos fetales mediante el receptor hCG/LH expresado en el miometrio y en órganos fetales como el riñón, pulmón, intestino, bazo, e hígado<sup>13</sup>.
6. Suprimir las contracciones miométricas durante el curso de la gestación induciendo a la proliferación miométrica y reduce su contractibilidad, regulando las uniones comunicantes que permiten el transporte de calcio<sup>12,13</sup>.
7. Enviar señales al endometrio para permitir la implantación mediante una acción paracrina modula el medio ambiente uterino y lo prepara para la implantación<sup>12</sup>.
8. Otras funciones: causa el crecimiento y la diferenciación del cordón umbilical; y actúa sobre receptores cerebrales causando hiperémesis gravídica<sup>13</sup>.

La hCG tiene acciones autocrinas y paracrinas. La autocrina envuelve el desarrollo del sincitiotrofoblasto, y la paracrina destaca acciones en la que el factor estimulante de colonias de macrófagos (M-CSF) disminuye, mientras que la citoquina especializada para la implantación del embrión (LIF), el factor de crecimiento proangiogénico (VEGF); y el regulador de la remodelación tisular (MMP-A), aumentan. Además de los efectos inmunes de la acción paracrina, ésta se extiende a tener un endometrio receptivo, y un blastocito funcional que permitan una implantación normal<sup>13</sup>.

Por otro lado, la hCG glicosilada que tiene una acción autocrina y es producida por las células del citotrofoblasto, promoviendo su crecimiento e invasión, pero estando implicada también en invasión de las células del coriocarcinoma. La sub-unidad beta libre, y la hCG pituitaria son las otras formas de la hCG<sup>14</sup>.

La sub-unidad beta libre es una variante monomérica glicosilada producida en malignidades tempranas no trofoblásticas, bloqueando la apoptosis en las células cancerosas promoviendo el desarrollo oncológico; mientras que la hCG pituitaria es producida siempre durante el ciclo menstrual, teniendo una acción similar a la de la HL<sup>14</sup>.

### • Lactógeno placentario

El hPL, es una hormona peptídica codificada por 5 genes estructurales relacionados ubicados en el brazo largo del cromosoma 17 (q22-q24)<sup>15</sup>. Con una homología del 85% con la hormona de crecimiento humana, es considerada la hormona de crecimiento fetal, al influir en el metabolismo materno haciendo que se genere un cambio con respecto al uso de carbohidratos como fuente principal, cambiándolos por los ácidos grasos; su pico se da al término de la gestación y la cantidad sintetizada igual a la masa placentaria<sup>16</sup>.

### • Prolactina

La prolactina es secretada por el endometrio decidualizado y persiste hasta el término de la gestación con un pico entre las 20 a 25 semanas, para que ahí en adelante los niveles sean bajos<sup>17</sup>. Se encuentran 2 tipos de prolactina, la pituitaria y la endometrial, las cuales tienen una secuencia de aminoácidos idéntica, pero cuyas funciones biológicas varían radicalmente.

La prolactina hipotalámica, producida por la glándula pituitaria, es inhibida por el hipotálamo, con un primer órgano blanco no endocrino, lo que hace que no tenga un *feed back* convencional, y actúa en la mayoría de las células del cuerpo con más de 85 funciones conocidas. Tiene efectos sobre el endometrio, cerebro, seno, piel, linfocito y adipocito. La prolactina se ve aumentada en la fase del proestro, el embarazo y el estrés<sup>18,19</sup>.

La prolactina es una de las hormonas más sintetizadas durante la decidualización. En un útero no gestante la síntesis de prolactina es detectada en la fase secretora, lo que coincide en la gestante con los primeros signos histológicos de decidualización<sup>18</sup>. La prolactina es controlada por la progesterona, la cual se ha evidenciado, si baja sus niveles reduce a la par los de prolactina a los 2 o 3 días, y cumple funciones en el embarazo de diferenciación celular, regulación del crecimiento trofoblástico, angiogénesis, y regulación inmune, relacionando su función endometrial con la activación

de la vía kinasa Janus 2/ transductor de señal y activador de la transcripción tipo 3 (*JAK2/STAT3*), y teniendo como receptores hormonales miembros de la familia de las citoquinas clase I<sup>17</sup>.

#### • Relaxina

Es una hormona peptídica que se expresa en el cuerpo amarillo gravídico de la decidua y el trofoblasto<sup>20</sup>. La relaxina tiene efectos deciduales, de angiogénesis y de acción inmunológica; ya que aumenta la secreción de polimorfo nucleares, CD56+ (uNK), y CD68+ (macrófagos), en el endometrio, sin tener efectos sobre los linfocitos T CD3<sup>21</sup>. Además se ha visto involucrada en el metabolismo de la glucosa, y se ha observado que es agonista del receptor glucocorticoide humano<sup>22</sup>.

El efecto más importante de esta hormona a nivel macro en el embarazo es la relajación del cuello gravídico para facilitar su dilatación, además de ser la responsable de la relajación uterina que incluye el miometrio, lo que contribuye a mantener en reposo al útero durante la gestación<sup>20</sup>. También tiene acciones antifibróticas, y regulación de la oxitocina pituitaria<sup>22</sup>.

En cuanto a sus niveles, la hormona se encuentra por debajo del nivel detectable durante los primeros días del embarazo, empezando a subir desde el séptimo día, hasta el día 16 cuando alcanza la meseta; lo que podría coincidir con su colaboración en la decidualización. Además, las 48 horas previas al nacimiento han mostrado picos agudos de la hormona, que durante el parto disminuyen, a pesar de la relaxina decidual presente sobre la que tienen acción las prostaglandinas<sup>21,23</sup>.

#### • Activina e inhibina

Son proteínas dimericas pertenecientes a la familia del factor de crecimiento transformante beta (*TGF-β*), destacándose por su función biológica en el embarazo la inhibina A y la activina-A, siendo esta última producida por la placenta y membranas fetales, y cuyo receptor es un miembro de la familia serina-treonina quinasa<sup>24,25</sup>.

La importancia de esta última hormona radica en su asociación con la modulación de la secreción de FSH. En el ciclo menstrual, los niveles de activina aumentan en la fase lútea folicular (fig. 1). A la activina se le atribuyen acciones autocrinas y paracrinas<sup>26</sup>.

La secreción de inhibina y activina-A cambia en diferentes enfermedades gestacionales por lo que han cobrado relevancia clínica para el diagnóstico, prevención, pronóstico y seguimiento de diferentes patologías gestacionales, relacionándose como marcadores de la viabilidad trofoblástica, de tumores trofoblásticos, hipoxia fetal y la pre-eclampsia<sup>27</sup>.

#### • Hormona del crecimiento placentario

La hormona del crecimiento placentario (PGH) es secretada por el sincitiotrofoblasto, y se encuentra en la circulación materna desde la semana sexta de gestación, e influencia al paso de nutrientes a través de la placenta. La hormona ejerce su efecto por mecanismos autocrinos y paracrinos regulados a través del factor de crecimiento de la insulina I (*IGF-1*), existiendo una correlación positiva entre el peso al nacer y el valor de PGH en embarazos de mujeres sanas, mientras que en embarazos de mujeres diabéticas suelen disminuir dichos niveles; hay que recordar que es en el tercer trimestre donde se empiezan a presentar los problemas de resistencia a la insulina en el embarazo<sup>28</sup>.

### Regulación de la producción de las hormonas esteroideas por la placenta humana

La placenta no puede sintetizar colesterol y toma este recurso de las lipoproteínas de baja densidad maternas<sup>29</sup>. Durante la gestación, los niveles de estrógenos aumentan, acelerando la síntesis de proteína, además, la producción de dehidroepiandrosterona (DHEA) en las glándulas adrenales aumenta drásticamente, y su sulfato (DHEAs), es el precursor principal de las hormonas esteroideas<sup>30</sup>.

La progesterona, el prostágeno más importante, induce cambios morfológicos y moleculares en el endometrio

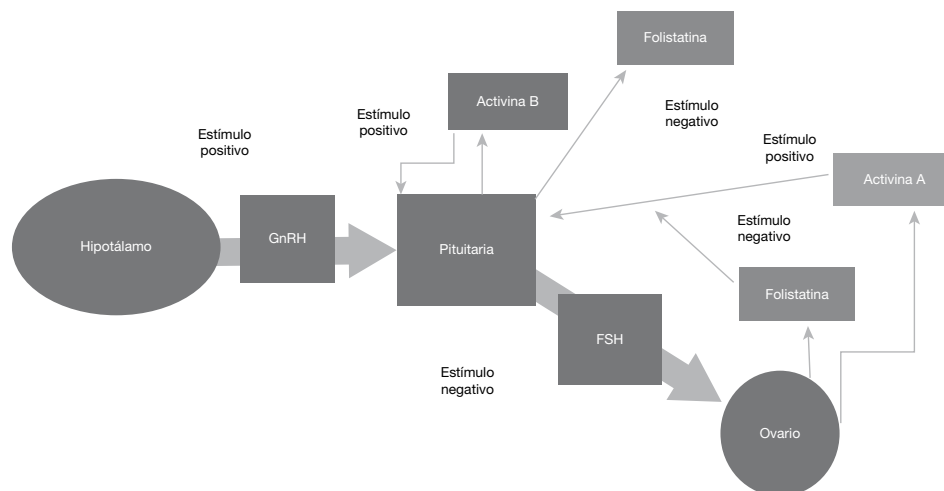


Figura 1 Acciones autocrinas y paracrinas de las activinas y folistatina en el eje pituitario-ovario.

necesarios para la implantación embriogénica, ayudando también a la quietud miometrial y a la modulación del sistema inmune materno para que haya tolerancia de la madre hacia el feto; mientras que los estrógenos tienen efectos neovasculares, preparan al seno para la lactancia, y regulan de manera positiva los receptores LDL y las enzimas esteroideogénicas para la producción de progesterona<sup>29</sup>. La vía de síntesis de esteroides se resume en la figura 2.

• Hormonas tiroideas

Las hormonas tiroideas juegan un papel importante en el embarazo, ya que pertenecen al grupo de hormonas que estimula el crecimiento fetal<sup>31</sup>. El feto recibe antes de la semana 16 la T4 materna, se ha comprobado que la placenta si deja pasar selectivamente hormonas tiroideas; desmintiendo la teoría de que no pasaban dichas hormonas. La transferencia materno-fetal de hormonas tiroideas es regulada por transportadores presentes en la membrana celular del trofoblasto, y sus niveles intraplacentarios son regulados por deiodinasas D3 y D2<sup>32,33</sup>.

Cabe anotar que la glándula tiroidea es la primera en desarrollarse (aproximadamente a la 5-6 semanas de gestación), pero su función comienza hasta la semana 14 o 16, con producción significativa a la semana 20. En cuanto a las hormonas tiroideas maternas, hay un aumento de T4 libres, en el primer trimestre el aumento de dicha hormona hace que disminuya FSH y que a su vez esa T4 eleve los niveles de hCG<sup>33</sup>.

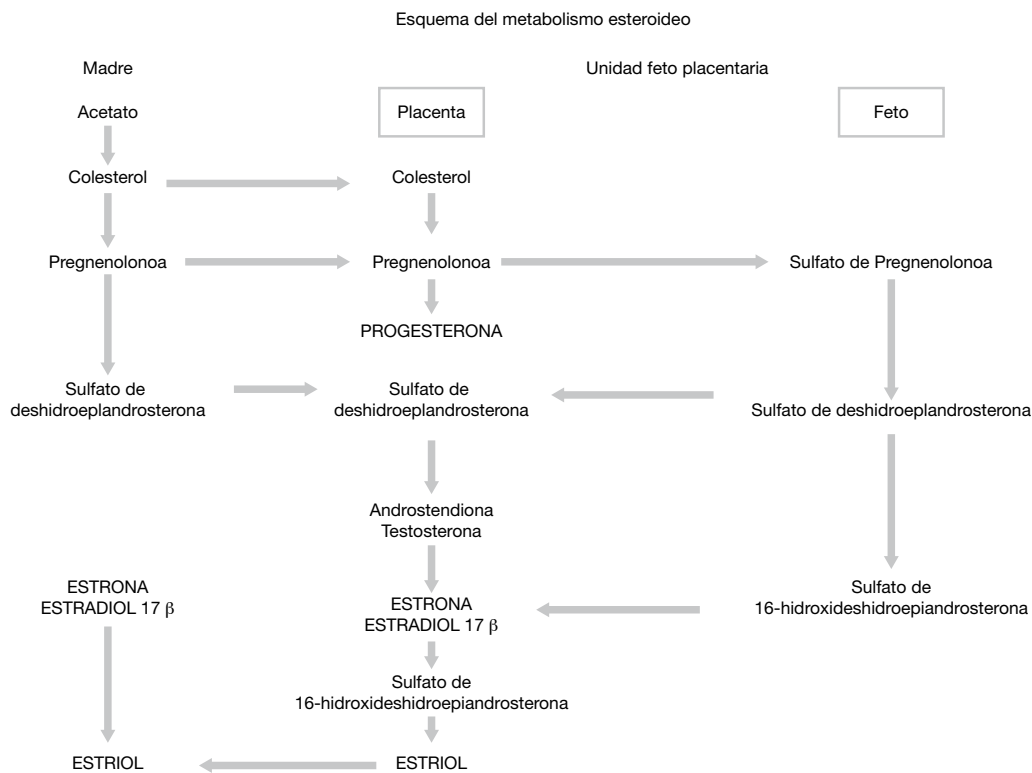
Discusión

La placenta es un órgano endocrino bastante complejo, que a pesar catalogarse como “incompleto” debido a que no sintetiza colesterol para la síntesis de hormonas tiroideas, suple muchas funciones durante la gestación, y su papel es esencial para el desarrollo normal del embarazo. Algunos mecanismos endocrinológicos se ven relacionados con patologías placentarias y es allí donde empieza un efecto bola de nieve que termina en complicaciones gestacionales y perinatales.

Además, la placenta no trabaja sola, no se vale sólo de las hormonas que ella produce, sino que su acción también se ve influenciada por mecanismos endocrinológicos independientes, o vías inmunes<sup>34</sup>.

Citando un ejemplo de una hormona independiente, la adiponectina ha sido estudiada en el ámbito placentario por reducir la resistencia a la insulina en el embarazo, que muchas veces es asociada a procesos placentarios, observándose múltiples receptores de dicha hormona en los trofoblastos; como lo son dipoR1 y dipoR2, comprobándose además que la adiponectina no inhibe el desarrollo trofoblástico como se pensaba en un principio, razones que sugieren que si tiene un papel importante en el medio ambiente placentario<sup>35</sup>.

Patologías como el RCIU y la preeclampsia han sido relacionadas constantemente con los mecanismos endocrinológicos concernientes a la placenta, debido a que su etiología es el resultado de una interacción compleja de procesos, entre los que se podrían incluir los mencionados.



Adaptada de Fuentes A, et al.<sup>32</sup>

Figura 2 Resumen de la síntesis de las hormonas esteroideas.

En cuanto al RCIU, cabe anotar que es el crecimiento fetal y la talla al nacer las que determinan la morbilidad y la mortalidad perinatal. El RCIU disminuye la supervivencia al nacer y genera un riesgo de que esos neonatos presenten enfermedades degenerativas cuando sean adultos<sup>36</sup>.

Mientras que en la preeclampsia, otra de las patologías gestacionales más complejas se ven implicados mecanismos como el de la renina-angiotensina-aldosterona, el cual si bien está claro su papel en una gestación normal, y en la preeclampsia no está definido su mecanismo totalmente, y varias hipótesis lo relacionan con la fisiopatología preeclámpica<sup>37</sup>.

Todos los mecanismos mencionados en la presente revisión y las funciones hormonales, son en conjunto los responsables para que haya un buen desarrollo fetal. Se debe ver a la placenta como un órgano trascendental a nivel metabólico fetal y materno que influye en todo aspecto en la evolución gestacional, siendo el punto blanco de estudio para investigar patologías gestacionales que sean de trascendencia poblacional.

## Financiamiento

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Gude NM, Roberts CT, Kalionis B, et al. Growth and function of the normal human placenta. *Thromb Res* 2004;114(5-6):397-407.
- Abramowicz JS, Sheiner E. In utero imaging of the placenta: importance for diseases of pregnancy. *Placenta* 2007;28 Suppl A:S14-22.
- Evain-Brion D, Malassine A. Human placenta as an endocrine organ. *Growth Horm IGF Res* 2003;13 Suppl A:S34-S37.
- Purizaca-Benites M. La placenta y al barrera placentaria. *Rev Per Ginecol Obstet* 2008;54(8):270-278.
- Palomero G, Vásquez MT, Vega JA, et al. Lecciones de Embriología. Oviedo: Universidad de Oviedo Servicio de Publicaciones; 2000.
- Simon C, Horcajadas J, García Velasco J, et al. El Endometrio Humano: Desde la investigación a la clínica. España: Editorial Médica Panamericana; 2009.
- Donnelly L, Campling G. Functions of the placenta. *Anaesth Intensive Care* 2010;12(3):111-115.
- Pidoux G, Gerbaud P, Cocquebert M, et al. Review: Human trophoblast fusion and differentiation: lessons from trisomy 21 placenta. *Placenta* 2012;33(Suppl):S81-86.
- Farley DM, Choi J, Dudley DJ, et al. Placental amino acid transport and placental leptin resistance in pregnancies complicated by maternal obesity. *Placenta* 2010;31(8):718-724.
- Knipp GT, Audus KL, Soares MJ. Nutrient transport across the placenta. *Adv Drug Deliv Rev* 1999;38(1):41-58.
- Sullivan MH. Endocrine cell lines from the placenta. *Mol Cell Endocrinol* 2004;30;228(1-2):103-119.
- Tsampalas M, Grídelet V, Berndt S, et al. Human chorionic gonadotropin: a hormone with immunological and angiogenic properties. *J Reprod Immunol* 2010;85(1):93-98.
- Cole LA. Biological functions of hCG and hCG-related molecules. *Reprod Biol Endocrinol* 2010;8:102.
- Norris W, Nevers T, Sharma S, et al. Review: hCG, Preeclampsia and Regulatory T cells. *Placenta* 2011;32(Suppl 2):S182-185.
- Richardson BD, Langland RA, Bachurski CJ, et al. Activator protein-2 regulates human placental lactogen gene expression. *Mol Cell Endocrinol* 2000;160(1-2):183-192.
- Avery G, Fletcher M, Mc Donald M. Neonatología: fisiopatología y manejo del recién nacido. 5 ed. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2001.
- Jabbour HN, Critchley HO. Potential roles of decidual prolactin in early pregnancy. *Reproduction* 2001;121(2):197-205.
- Grattan DR, Kokay IC. Prolactin: a pleiotropic neuroendocrine hormone. *J Neuroendocrinol* 2008;20(6):752-763.
- Featherstone K, White MR, Davis JR. The prolactin gene: a paradigm of tissue-specific gene regulation with complex temporal transcription dynamics. *J Neuroendocrinol* 2012;24(7):977-990.
- Botella J. El Ovario: Fisiología y Patología. España: Ediciones Díaz de Santos; 1995.
- Goldsmith LT, Weiss G. Relaxin in human pregnancy. *Ann N Y Acad Sci* 2009;1160:130-135.
- Dschiertzig T, Bartsch C, Greinwald M, et al. The pregnancy hormone relaxin binds to and activates the human glucocorticoid receptor. *Ann N Y Acad Sci* 2005;1041:256-271.
- Geddes BJ, Summerlee AJ. The emerging concept of relaxin as a centrally acting peptide hormone with hemodynamic actions. *J Neuroendocrinol* 1995;7(6):411-417.
- Debieve F, Pampfer S, Thomas K. Inhibin and activin production and subunit expression in human placental cells cultured in vitro. *Mol Hum Reprod* 2000;6(8):743-749.
- Schneider-Kolsky ME, Manuelpillai U, Waldron K, et al. The distribution of activin and activin receptors in gestational tissues across human pregnancy and during labour. *Placenta* 2002;23(4):294-302.
- Muttukrishna S, Tannetta D, Groome N, et al. Activin and follistatin in female reproduction. *Mol Cell Endocrinol* 2004;15;225(1-2):45-56.
- Florio P, Luisi S, Ciarmela P, et al. Inhibins and activins in pregnancy. *Mol Cell Endocrinol* 2004;15;225(1-2):93-100.
- Higgins MF, Russell NE, Crossey PA, et al. Maternal and Fetal Placental Growth Hormone and IGF Axis in Type 1 Diabetic Pregnancy. *PLoS One* 2012;7(2):e29164.
- Escobar JC, Patel SS, Beshay VE, et al. The human placenta expresses CYP17 and generates androgens de novo. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96(5):1385-1392.
- Kanova N, Bicikova M. Hyperandrogenic states in pregnancy. *Physiol Res* 2011;60(2):243-252.
- Fowden AL, Forhead AJ. Endocrine regulation of feto-placental growth. *Horm Res* 2009;72(5):257-265.
- Fuentes A, Catíneiras M, Queraltó J. Bioquímica clínica y patología molecular, Volumen II. 2 ed. España: Editorial Reverte; 1998.
- Patel J, Landers K, Li H, et al. Delivery of maternal thyroid hormones to the fetus. *Trends Endocrinol Metab* 2011;22(5):164-170.
- Hsiao EY, Patterson PH. Activation of the maternal immune system induces endocrine changes in the placenta via IL-6. *Brain Behav Immun* 2011;25(4):604-615.
- McDonald EA, Wolfe MW. Adiponectin attenuation of endocrine function within human term trophoblast cells. *Endocrinology* 2009;150(9):4358-4365.
- Fowden AL, Sferruzzi-Perri AN, Coan PM, et al. Placental efficiency and adaptation: endocrine regulation. *J Physiol* 2009;587(Pt 14):3459-3472.
- Anton L, Merrill DC, Neves LA, et al. The uterine placental bed Renin-Angiotensin system in normal and preeclamptic pregnancy. *Endocrinology* 2009;150(9):4316-4325.



Revista de  
**Medicina e  
Investigación**

www.elsevier.es



## ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación hospitalaria

L. Sandoval-Flores\*

Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

### PALABRAS CLAVE

Contaminación;  
Aerosoles; Estática;  
México.

**Resumen** La electricidad estática o estática es un fenómeno físico-químico que se presenta en las partículas y superficies de un sistema dinámico, como lo es el ambiente hospitalario. Mediante el intercambio de cargas, los contaminantes pueden ser atrapados y distribuidos por todas las áreas, pudiendo ser la causa de alteración del estado de salud del personal y de los pacientes, alterando la respuesta del tratamiento o causando enfermedades hospitalarias, como es el caso de las infecciones nosocomiales (IN).

### KEYWORDS

Pollution; Aerosols;  
Static; Mexico.

### Physical, chemical, and biological aspects of hospital pollution

**Abstract** Static or static electricity is a physicochemical phenomenon that occurs in the particles and surfaces of a dynamic system such as the hospital environment. Contaminants can be caught and distributed to all areas through the exchange of charges. This could be the cause of alteration of the health of staff and patients. It could also alter the response of a particular treatment or even cause hospital acquired infections such as nosocomial infections.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

## Introducción

La contaminación hospitalaria es compleja en función de la diversidad de actividades, el tamaño de su comunidad, la pluralidad de personal involucrado, la infinidad de materiales químicos que maneja en forma de: medicamentos;

materiales para prevención, curación, atención y tratamiento; productos de limpieza; desinfectantes; materiales para diagnóstico clínico y de laboratorio, entre otros. Se suma la condición multifactorial que permite que la contaminación represente un riesgo para la condición de la salud humana intrahospitalaria.

\* Autor para correspondencia: Paseo Colón esq. Paseo Toluca s/n, Colonia Residencial Colón, C.P. 50120, Toluca, Méx., México. Correo electrónico: lilisf@hotmail.com (L. Sandoval-Flores).

## Antecedentes

En latín *hospital* “hospitalis” es un adjetivo que quiere decir amable y caritativo con los huéspedes.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), el hospital es parte integrante de una organización médica y social cuya misión consiste en proporcionar a la población una asistencia médico-sanitaria completa, tanto curativa como preventiva, y cuyos servicios externos irradian hasta el ámbito familiar.

El hospital, también es un centro de formación de personal médico-sanitario y de investigación biosocial, según Alippi (1991). El trabajador y el paciente deben permanecer en condiciones óptimas garantizadas por el diseño y mantenimiento adecuado de las instalaciones del hospital, que a su vez tendrá que estar dentro de una Organización, de acuerdo a Urdaneta (2004)<sup>1</sup>.

El *ingreso a un hospital*, de personas con problemas de salud, a veces entre la vida y la muerte, conlleva al mismo tiempo la entrada de familiares preocupados, en la mayoría de los casos estresados y sufriendo junto con su paciente el proceso de una enfermedad, situación que desencadena una serie de efectos indeseables y contraproducentes para los objetivos del lugar, garantizar un ambiente adecuado para proteger la salud y la vida de los pacientes incluyendo todo el personal involucrado.

**Justificación:** Una *infección nosocomial* (IN) se puede definir como una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de esa infección (OMS, 2003)<sup>2</sup>. Como se observa, el problema sólo identifica y considera a los agentes microbianos.

A pesar del progreso alcanzado en la atención hospitalaria, las IN se mantienen como un problema de magnitud considerable tanto en países desarrollados como en aquellos carentes de recursos. La ocurrencia y desarrollo clínico de las IN se ven influenciadas por *muchos factores*, como la vulnerabilidad de los pacientes, los factores ambientales, los agentes microbianos y su resistencia a los antibióticos. Estos factores de riesgo de IN son bastante conocidos y pueden ser identificados si existen mecanismos eficientes en las instituciones de salud, “por lo que la gran parte de las IN podrían ser prevenidas y controladas”. Cabe hacer énfasis que nuevamente, en esta premisa sólo se consideran las infecciones nosocomiales en el contexto de enfermedades adquiridas en el hospital<sup>3</sup>.

## ¿Conocemos lo suficiente para controlar la contaminación en el ambiente hospitalario?

La *contaminación* es bastante fácil de definir. Básicamente, es la introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural, causando inestabilidad, desorden y también daños en el ecosistema.

El *tipo de contaminante* puede variar, incluyendo sustancias químicas, partículas, microorganismos, energía, sonido, calor o luz y otros, como estrés, factores psicológicos, sociales o socio-organizativos. Generalmente, el origen de la contaminación está en la mano del hombre.

Una definición de *ambiente* es lo que rodea a las personas o cosas (atmósfera) y *medio ambiente*, el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos), que integran la delgada capa de la

Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos. El ambiente del hospital es entonces todo lo que quede dentro del espacio: elementos abióticos y bióticos, y del poder del hospital como institución particular.

En las últimas décadas se ha demostrado en los hospitales el rol que juega el aire sólo en la transmisión de microorganismos, a pesar de que en las enfermedades ocupacionales (LFT) se identifican contaminantes químicos que son sustancias orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas que durante las diferentes actividades se generan y pueden incorporarse al ambiente o aire en diferentes presentaciones como partículas químicas de polvos, humos, gases, vapor, niebla, olores o aerosoles; además de otros contaminantes físicos como las radiaciones ionizantes y no ionizantes, con efectos probables de lesionar la salud y bienestar de las personas; se suma la influencia de otros factores ambientales como la temperatura, luz solar, presión positiva y negativa y la humedad relativa, que afectan no sólo a la salud, sino también a la respuesta metabólica de los organismos.

Las enfermedades ocupacionales ocurren por el contacto de 8 horas de trabajo con los contaminantes que se generan en un ambiente, se considera que aplica en un hospital para quienes desempeñan un trabajo, al personal médico, de enfermería, de intendencia, mantenimiento, administrativo y autoridades; de igual manera a quienes incurren por un tiempo o por frecuencia recurrente o esporádica a servicios de alguna atención como de visita y en mayor consideración quienes permanecen por tiempo continuo (hospitalizados) por varios días, incluso semanas o más, con problemas de salud en quienes los contaminantes pueden hacer sinergia en el problema y complicar, dificultar o alargar el tratamiento.

De lo anterior, se infiere la dificultad de monitorear y analizar completa y sistemáticamente la contaminación total en un ambiente como el hospitalario.

En la lista de enfermedades ocupacionales de la OIT 2010, la clasificación destaca 72 enfermedades causadas por agentes químicos, 20 por agentes físicos, 12 por agentes biológicos, 2 por trastornos mentales y del comportamiento<sup>4</sup>.

En México, la tabla de enfermedades de trabajo de la Ley Federal del Trabajo de 1970, Art. 513 reformado en 2012, configura en 11 apartados 161 enfermedades ocupacionales: 22 enfermedades provocadas por microorganismos (infecciosas), 122 por agentes químicos (en sus diferentes formas), 5 por agentes físicos y 6 de otro origen como enfermedades endógenas<sup>5,6</sup>.

**Objetivo:** *Identificar aspectos físicos, químicos y microbiológicos en la contaminación ambiental en el hospital.*

A pesar de su rol de promotores de la salud, los hospitales y otras instituciones de la salud utilizan un número sorprendente de productos químicos muy tóxicos en sus establecimientos, incluyendo medicamentos, solución para diagnósticos, antígenos para pruebas, limpiadores, desinfectantes, plaguicidas, antibióticos y fragancias químicas, entre otros<sup>7</sup>. Estos compuestos orgánicos e inorgánicos volátiles contribuyen a una mala calidad del aire interior, y están asociados a una gran cantidad de problemas de salud.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su siglas en inglés) estima que la contaminación del aire interior (en 0.0283 m<sup>3</sup> puede contener 1,000,000 de partículas  $\geq 0.5 \mu\text{m}$ ), es uno de los 5 principales riesgos para



la salud pública, causando potencialmente irritación de ojos, nariz, garganta, dolor de cabeza, pérdida de coordinación, náusea, cáncer y daño en el hígado, los riñones y en el sistema nervioso central. En los trabajadores de la salud, se ha identificado también un preocupante aumento en el número de problemas respiratorios, en consecuencia, se tendrá en consideración que todo lo que se encuentre “limpio y seco” no implica ausencia de contaminación biótica o abiótica, que puedan provocar problemas o complicaciones del estado de salud en las personas y en los pacientes<sup>7-9</sup>.

### ¿Cuáles son los aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación?

La norma Federal Standard 209E, la Británica BS 5295 y la ISO 14644-1, definen un cuarto limpio como una habitación cuya concentración de partículas en el aire es controlada para límites específicos, elaborada y utilizada de manera que se minimice la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto, y donde la temperatura, humedad, patrones de flujo de aire, movimiento del aire y presión son controlados.

Las partículas pueden ser insolubles, se acumulan en las vías respiratorias, y solubles, en función de su toxicidad puede causar envenenamiento sistémico; se presentan en forma de: nieblas, polvos y humos, niebla ácida, gases, fibras y cenizas. Los contaminantes se presentan entonces como moléculas: gases o vapor, y aerosoles: partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire.

Las partículas con un diámetro superior a 100 micras caen con rapidez en un cuarto de 2.5 m de altura; las de 50 micrones podrían tomar 60 segundos, no quedan suspendidas en el aire como riesgo respiratorio y no se pueden inhalar; mientras que una partícula de un micrón, podría tomar 15 horas para que se asiente. Las partículas de menor tamaño quedan suspendidas por días o semanas. Las partículas tamaño  $\leq 50 \mu\text{m}$  son inhalables, las de  $10\text{-}50 \mu\text{m}$  se retienen en nariz y garganta y las  $\leq 5 \mu\text{m}$  se denominan “respirables”, puesto que pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares.

Las partículas o material particulado se pueden generar, entre otros, al frotar un elemento contra otro, como el polvo que se produce cuando se corta un pedazo de madera, al fragmentar un medicamento como las tabletas o preparar una suspensión medicamentosa.

Los seres humanos despedimos miles de partículas inertes y también viables con la muda continua de piel muerta. Los motores eléctricos generan partículas cuando sus dispositivos frotan contra los componentes giratorios. Los plásticos liberan partículas inertes cuando se exponen a la luz UV.

La fuente de contaminación química, puede ser externa por la polución de aire en general, de la tierra cuando el aire las levanta o de tormentas de polvo. El origen interno se da del aire; de los equipos y aparatos; de los procesos químicos en la limpieza, preparación de soluciones, dosis de medicamentos para tratamientos; en los procesos físicos como la ventilación o calefacción; en los procesos biológicos como la atención de heridas infectadas, manejo de muestras infectadas, de la vacunación, y de residuos peligrosos químicos y residuos peligrosos biológico infecciosos; igual de importante la fuente de contaminación del personal de la salud como pacientes y familiares. Siendo esta

contaminación ambiental compleja, la condicional de las actividades de cuidado, prevención y atención de la salud.

Una persona en un cuarto limpio, aún después de un baño de aire puede desprender entre 1,000,000 y 10,000,000 de partículas/minuto, y el número se incrementa cuando la persona está en movimiento<sup>8-10</sup>.

Cabe preguntarse ¿Cómo esta contaminación de partículas abióticas y bióticas *puede diseminarse y ser una causa potencial de afectación a la salud?* Analizaremos la importancia que representan las cargas electrostáticas en este proceso.

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de cargas eléctricas en un objeto (fig. 1). La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan uno contra el otro, como lana contra plástico o las suelas de zapatos contra la alfombra o el suelo, así como las partículas sólidas, líquidas, gases o microorganismos donde el proceso de frotamiento causa que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie del otro material, que ofrece niveles energéticos más favorables.

Es indiscutible, apreciar en superficies, la generación de electricidad estática con carga estática que causa atracción de partículas sólidas con los consiguientes problemas de acumulación de suciedad (polvo) o contaminantes en estas superficies, tanto en oficinas como en consultorios, área de hospitalización o quirófanos<sup>9-11</sup>.

### ¿Cuáles son los fundamentos físicos y químicos de la electricidad estática en la contaminación hospitalaria?

El término “electricidad” define, en general, un fenómeno físico-químico asociado al movimiento de electrones a través de un determinado material. Básicamente, es posible distinguir 3 tipos:

*Electricidad por corriente alterna:* la que utilizamos suministrada por las compañías eléctricas.

*Electricidad por corriente continua:* generada por las pilas, las baterías, los acumuladores, etc.

*Electricidad estática* (fig. 1): es un tipo de energía que resulta de un exceso de carga eléctrica que acumulan determinados materiales, normalmente por rozamiento.



Figura 1 Electricidad estática.

En química, los principios de la teoría atómica moderna afirman que toda la materia está conformada de átomos (fig. 2) y éstos, constituidos básicamente por 3 tipos de partículas: *los protones* (con carga eléctrica positiva), *los electrones* (con carga eléctrica negativa) y *los neutrones* (sin carga eléctrica). Con esta estructura, los átomos tienden al equilibrio y adoptan una distribución espacial de forma que los protones se sitúan junto con los neutrones en el núcleo atómico, mientras que los electrones se mueven vertiginosamente sin una posición fija alrededor de ellos.

Sin embargo, la energía calorífica producida y la velocidad de desplazamiento por la fricción que se imparte a los átomos superficiales es que entonces liberan electrones, así, esta estructura ideal sufre pequeñas modificaciones.

Aunque evidentemente, la diferencia en el comportamiento de los materiales respecto del desplazamiento de las cargas en su seno, depende del tipo de átomos que forman su estructura atómica. Pero, ¿cómo un material en principio eléctricamente neutro se puede cargar de electricidad estática? Para explicarlo de manera sencilla, es preciso tener en cuenta que existen 3 formas básicas de producir cargas estáticas en los materiales.

Así, la electricidad estática se genera *por contacto*, un material neutro adquiere una determinada carga eléctrica al ponerse físicamente en contacto con otro material previamente electrizado, ambos quedan cargados con el mismo signo; *por fricción*, (fig. 3), proceso mecánico de frote entre 2 materiales diferentes con intercambio electrónico entre ambos, provocado por su diferente capacidad para retener a los electrones superficiales, uno queda cargado negativamente con más electrones y el otro positivamente con menos; o *por inducción* donde no es necesario el contacto, un cuerpo previamente cargado eléctricamente puede inducir en objetos cercanos una separación selectiva de cargas, alterando su neutralidad eléctrica original y provocando una redistribución de sus cargas.

Sin embargo, si un material se carga de electricidad estática y no puede disiparla por encontrarse aislado, puede acumular gran cantidad de carga electrostática en su superficie y puede liberarse en forma de violentas descargas eléctricas puntuales cuando se ponen en contacto con otro material buen conductor de la electricidad. Un ejemplo es

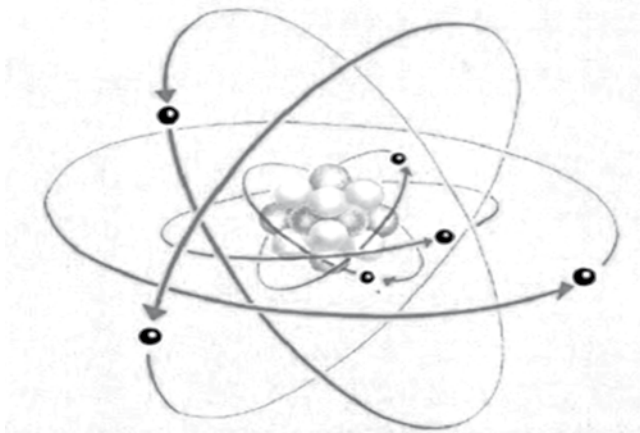


Figura 2 Estructura atómica.

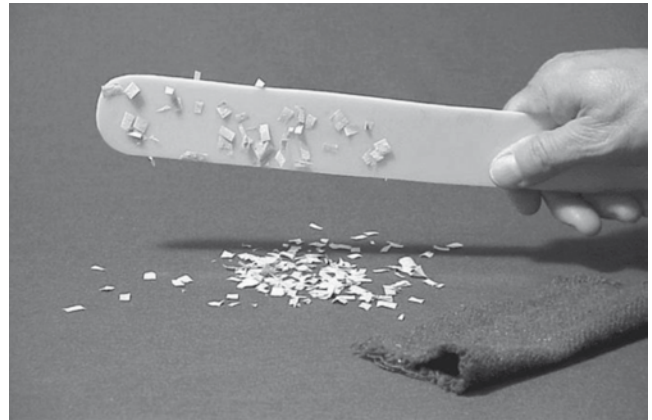


Figura 3 Estática por fricción.

la descarga de una chispa entre 2 personas cargadas eléctricamente al saludarse.

Por el análisis realizado sobre la generación, acumulación y descarga violenta de cargas electrostáticas, es posible sospechar que existen multitud de situaciones ocupacionales en las que puede estar presente este fenómeno. Una relación no exhaustiva de esas situaciones es la siguiente:

*Desplazamiento de personas por instalaciones con suelos aislantes o dieléctricos* excelentes acumuladores de electricidad estática al tener una gran retención intrínseca a desplazar en su seno las cargas generadas por contacto, fricción o inducción, su comportamiento depende de su estructura química, suelos sintéticos (moquetas, parqué, corcho, plaquetas acrílicas, entre otros).

*Desplazamiento por instalaciones con suelos aislantes de equipos de trabajo o vehículos de logística con ruedas* que los aíslan del suelo (carritos, bancos, estanterías metálicas, escaleras portátiles, andamios con ruedas, camillas, sillas de ruedas, incubadoras, mesas, portavenoclisis, entre otros más), que pueden generar cantidades no despreciables de carga estática.

*Contacto o fricción entre materiales aislantes que forman parte de las estructuras de maquinaria, equipos de trabajo y recipientes de almacenamiento.* Numerosas piezas y elementos estructurales de determinadas máquinas y equipos de trabajo que por su función específica se encuentran en continuo movimiento, como instrumentos electromecánicos (hornos de turbina, en odontología, aparatos eléctricos en algunos tipos de cirugía, equipo en laboratorios, lavanderías, cocina, o bien maquinaria y equipos de extracción o ventilación del aire que no disponen desde su diseño, de conexiones equipotenciales de sus partes metálicas y tomas de tierra adecuada.

*Contacto o fricción de materias primas y/o productos en estado líquido* como el fluido del agua.

*Contacto o fricción de materias primas y/o productos en estado sólido* en atención a pacientes o de limpieza (fig. 4).

Por otro lado, el material biológico, polen, células muertas y microorganismos, entre otros, también están constituidos por estructuras, estas por partículas y estas últimas por átomos; lo mismo implica para materiales naturales o sintéticos con los que se confeccionan las telas para las prendas de vestir; en consecuencia tienen el mismo comportamiento en relación a las cargas electrostáticas (figs. 5 y 6).

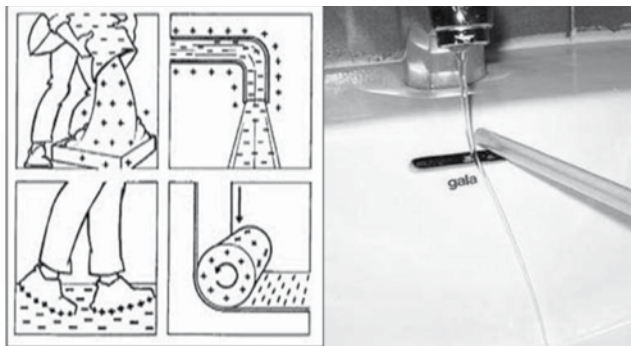


Figura 4 Generación de estática.

En el aire ambiental, los contaminantes químicos naturales y antropogénicos en partículas o aerosoles no son idénticos física y químicamente, más bien están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. La variedad y génesis primaria derivan de los materiales existentes o involucrados en el ambiente.

Si bien es cierto que numerosos *estudios ambientales* han encontrado una asociación significativa entre la exposición a partículas con ciertos indicadores de efectos nocivos a la salud, como son mortalidad y morbilidad, es un hecho que no se ha podido establecer qué propiedad o propiedades de las partículas son responsables de su toxicidad, entre ellas pueden ser su tamaño (o diámetro aerodinámico), número, forma, composición y reactividad. La toxicidad también puede asociarse con la mezcla de contaminantes que se encuentran en la atmósfera, ya que las partículas se presentan con otros contaminantes, como el ozono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y tóxicos, tales como benceno, butadieno, o hidrocarburos (HEI 2002 citada por Rojas, SEMARNAT). Como puede analizarse, esta referencia aplica bien en el ambiente hospitalario.

Según se ha citado, las características comunes de las partículas son 8: tamaño, distribución de tamaños, forma,

densidad, adhesividad, corrosividad, reactividad y toxicidad. La más importante es la distribución de tamaños que depende de la velocidad del movimiento del aire (controlado o por corrientes de aire influenciado por la presión exterior; el correr que provoca mayor movimiento, por ende, mayor velocidad del aire que el caminar; motores, máquinas y equipo, entre otros) de modo que a bajas velocidades se provoca resuspensión de las partículas de mayor diámetro (no inhalables), y al incrementar la velocidad se emiten las partículas de menor diámetro (respirables).

Como en la atmósfera, en el ambiente hospitalario las partículas contaminantes pueden causar:

Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual conlleva:

- Deterioro de los sistemas respiratorio y cardiovascular.
- Alteración de los sistemas de defensa del organismo contra materiales extraños.
- Daños al tejido pulmonar.
- Carcinogénesis.
- Mortalidad prematura.

Los pacientes ancianos y niños son las personas más sensibles, su organismo disfuncional no responde a estas agresiones, más bien, en el caso, pueden complicar la respuesta a tratamientos y a su recuperación.

Como partículas químicas y dependiendo de su composición (además de otros factores como humedad, luz, pH y temperatura) en una superficie pueden ser adsorbidas (se pegan por cargas electrostáticas), absorbidas (entrar en el material, como en piel, mucosas, entre otros) o llevar a cabo alguna reacción química (óxido-reducción, reacción ácido-base con mecanismos de síntesis o combinación, descomposición y de sustitución simple o doble).

El tamaño de partícula es importante porque determina en gran medida el comportamiento de las partículas en el aire y las leyes físicas que lo gobiernan. *Diámetro equivalente* es el diámetro de una esfera que tiene el mismo valor de la propiedad física-específica que la partícula irregular

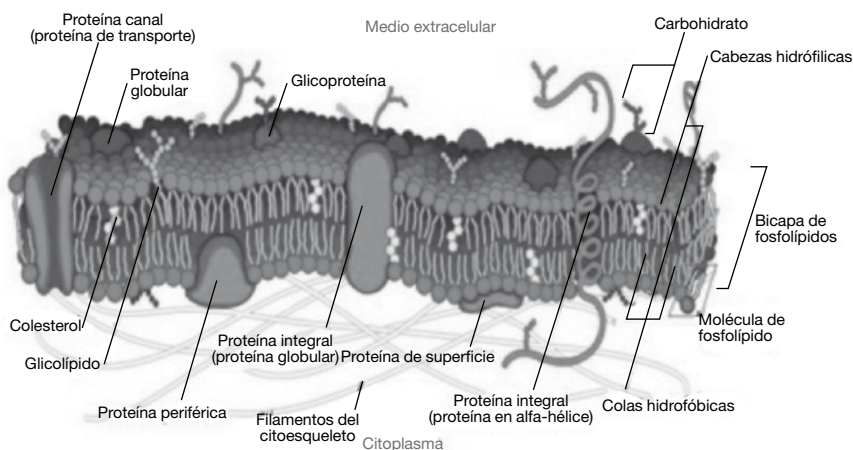


Figura 5 Componentes químicos de la membrana celular.



Figura 6 Prendas generadoras de estática.

que se está midiendo, parámetro más utilizado. El *diámetro aerodinámico (equivalente)* resulta útil para describir el comportamiento, por sedimentación y fuerzas de inercia, de las partículas que penetran en el tracto respiratorio y caracterizar su tamaño, independientemente de su forma y composición. El diámetro aerodinámico es el más adecuado para definir el tamaño de partícula que tiene la misma velocidad de sedimentación que una esfera de  $1 \text{ g/cm}^3$ , debido a la fuerza gravitatoria en el aire en calma, que la que tiene la partícula bajo las condiciones existentes de temperatura, presión y humedad relativa.

Todas las partículas químicas abióticas y las bióticas están en el aire con un comportamiento dinámico *de difusión*: proceso de propagación *por fuerzas balísticas*: partículas expulsadas de una herramienta o un proceso; *por corrientes*: movimientos laminares (suaves) o turbulentos (bruscos); *por variación térmica (termoforesis)*: las diferencias de temperatura provocan corrientes, en particular corrientes convectivas (verticales), desde una región caliente hacia una región más fría; *por movimiento Browniano*: movimiento aleatorio de las moléculas que chocan con partículas pequeñas y alteran su trayectoria

Como consecuencia de la sedimentación de las grandes partículas por la fuerza de la gravedad y el movimiento Browniano y aglutinación de las partículas pequeñas. Estas últimas tienen poca tendencia a unirse, sin embargo, cuando hay partículas mayores, estas tienden a actuar como núcleos de atracción de las pequeñas.

Muchas fuerzas actúan sobre una partícula y la retiran de su estado libre (difuso), las principales son: *adherencia electrostática*, si se fricciona un globo contra el pelo se genera una capa de electricidad estática en el globo. Eso genera adherencia electrostática. En forma similar, las partículas pueden cargar electricidad estática, la cual las hará atraer hacia superficies que tengan cargas opuestas; *aglomeración*: ocurre cuando las partículas se ligan unas a otras con firmeza; *acreción*: crecimiento de materia particulada a medida que se adhieren unas a otras. La adherencia electrostática u otras fuerzas "adhesivas" contribuyen a la acreción particulada; *fricción*: las partículas se pueden adherir a una superficie áspera en la cual el movimiento o la fricción no sea lo suficientemente fuerte como para desplazarla. Cuando las partículas se cargan con el mismo signo, tienden

a repelerse, la aglutinación se hace por tanto más difícil, y consecuentemente su sedimentación. Por el contrario, si se cargan con distinto signo, el fenómeno que ocurre es el contrario, favoreciéndose así la concentración y sedimentación de las partículas. Cabe señalar que con el paso del tiempo, el polvo fino tiende a rodearse de una capa de aire absorbido, originando una presión parcial superior a la atmosférica que disminuye con la distancia. Por esta razón las partículas de polvo después de un tiempo no tienden a aglutinarse.

Cuando se entienden estos principios de adherencia, los mecanismos principales del transporte de contaminantes químicos abióticos (partículas o aerosoles) y bióticos (microorganismos), son de adherencia electrostática y roce o fricción.

Finalmente, en el caso del globo o de la barra en la figura 3, si los sustituimos por el pelo o prendas de vestir de seda, nylon, rayón o lycra, algodón como blusas, vestidos, pantalones y corbatas; suelas de zapatos; superficies de muebles, pisos, y equipo entre otros, con una carga electrostática y por el otro lado con los pequeños fragmentos de papel en ambos casos representamos a los contaminantes químicos, moléculas, partículas y microorganismos con diferente cargas electrostáticamente por los movimientos en el aire, como en la figura 3, los contaminantes se "pegan" a las superficies, se transportan y un nuevo movimiento del medio de transporte o del aire modificará las cargas y desprendimiento e inmediatamente se repite el mismo mecanismo, los contaminantes con una carga reaccionarán frente a cargas opuestas; con este ejercicio, se distingue este mecanismo como un factor importante en el proceso de contaminación y enfermedades nosocomiales, como lo son las infecciones intrahospitalarias<sup>9-6</sup>.

### ¿Cómo controlar el factor de la estática en la contaminación?

El control del ambiente es complejo y costoso tanto en su diseño como en la construcción y su mantenimiento, sin embargo el conocimiento y las medidas de prevención amortiguan las adversidades, se mencionan sólo algunas condiciones y acciones como medidas de prevención:

- Elección desde el diseño de materiales en instalaciones y equipos.
- Humedad relativa del aire, mínimo del 50%.
- Suelos conductores antiestáticos como losetas.
- Tratamiento a superficies con detergente, pintura, lubricantes y otras sustancias polares que favorezcan una película conductora.
- Ropa de trabajo antiestática (con hilos de carbón).
- Equipo de protección personal antiestático.
- Uso de gorro redondo (cofia) el pelo suelto, largo y abundante es gran potencial de transportar contaminantes.
- Zapatos de goma o suela sintética aislante.
- Implementos de oficina y de limpieza antiestáticos.
- Clasificar las áreas por tipo de contaminantes identificados.
- Cambio de bata y cofia, cubrir zapatos al acceso de un área diferente.
- Capacitación de personal para no generar aerosoles.

- Capacitación y conocimiento en la prevención y protección frente a la electricidad estática.
- Si se tiene el equipo y método adecuado, monitorear y hacer estudios e investigación al respecto<sup>9-13,15</sup>.

## Conclusión

La contaminación hospitalaria es compleja, un aspecto a considerar es el papel de la estática, fenómeno físico-químico intrínseco por la naturaleza química de las partículas, materiales y de los microorganismos. El sistema dinámico del hospital favorece la generación de contaminantes y superficies con cargas contrarias, así su adherencia, transporte y distribución pudiendo ser causa de alteraciones del estado de salud, metabólicas, de respuesta al tratamiento o contribuir e incluso causar otras enfermedades.

Hace falta hacer investigación del impacto de contaminantes químicos en el estado de salud de los pacientes y del personal en general.

El mecanismo de la estática visualiza una explicación de la persistencia de las IN.

## Financiamiento

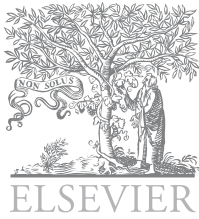
No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Consultado el 10 de septiembre de 2013. <http://nacionysalud.com/node/1354>.
2. Consultado el 10 de septiembre de 2013. [http://www.who.int/csr/resources/publications/ES\\_WHO\\_CDS\\_CSR\\_EPH\\_2002\\_12.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf)
3. Consultado el 19 de septiembre de 2013. <http://maiquiflores.over-blog.es/article-el-hospital-concepto-y-funcionamiento-historico-48688676.html>
4. Consultado el 05 de septiembre de 2013. [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_125164.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_125164.pdf)
5. Consultado el 25 de octubre de 2013. <http://info4.juridicas.unam.mx/juslab/leylab/123/520.htm>
6. Consultado el 25 de octubre de 2013. <http://trabajoseguro.stps.gob.mx/trabajoseguro/boletines%20anteriores/2008/bol021/vinculos/Actualizaci%C3%B3n%20de%20la%20Tabla%20de%20Enfermedades%20de%20Trabajo.pdf>
7. Consultado el 18 de septiembre de 2013. <http://www.ecophy.co.uk/pdf/Health%20Hazzards.pdf>
8. Consultado el 30 de Octubre de 2013. <http://www.treballo.com/documentos/3M.Informe.Mecanismos.Filtracion.Particulas.pdf>
9. Consultado el 17 de octubre de 2013. <http://www.cps.unizar.es/~proter/Articulos/Curso%20higiene.pdf>
10. Fundación MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. España: MAPFRE S.A; 1991.
11. Daimiel MC. Electricidad estática: ¿un simple susto o un peligro real? [versión electrónica] Gestión Práctica de Riesgos Laborales 2006;32:18.
12. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/422/particulas.html>
13. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www.iesmat.com/iesmat/upload/file/PMS/Guiabasica.pdf>
14. Consultada el 25 de octubre de 2013. [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../CR\\_003\\_A06.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../CR_003_A06.pdf)
15. Castaño SJC, Orozco HCA. Metodología para el diseño de cuartos limpios. [versión electrónica]. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Scientia et Technica Año XIV 2008; 38.
16. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/nosocomiales.pdf>.



Revista de  
*Medicina e  
Investigación*

www.elsevier.es



## MEMORIAS

# Memorias del III Congreso de la Federación Mexicana de Organizaciones de Física Médica

## *Abstracts of the III Congress of the Mexican Federation of Medical Physics Organisations*

M. en C. Eleni Mitsoura

*Presidente del Comité Científico*

### **CM01: Metrología de radiaciones ionizantes: base esencial para la “calidad” de vida y la salud**

M. Embid-Segura\*

*Centro de Investigaciones Energéticas, Medio Ambientales y Tecnológicas, España*

\* Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: miguel.embid@ciemmat.es*

A lo largo de la historia de la humanidad ya sean por actividades comerciales, cultivo de tierras, caza, etc., hemos tenido la imperiosa necesidad de medir todo aquello cuanto nos rodea. En cualquier cultura alrededor del mundo hay calendarios con los que medir los periodos de siembra y caza; existen diferentes medidas de longitud, desde las más simples como el pie, codo, brazo hasta las más complejas como la medida del metro actual, cuyo patrón es el borde rectilíneo equivalente a 1650763.73 longitudes de onda de la transición electrónica de los niveles 2p<sub>10</sub> y 5d<sub>5</sub> del kriptón 86. En general hemos podido asociar a las magnitudes

cotidianas (longitud, tiempo, masa, etc.) a un objeto tangible como unidad de referencia. En el caso de las radiaciones ionizantes que desde siempre han existido alrededor nuestro pero que fueron descubiertas recientemente (finales del siglo XIX y principios del S.XX), es muy difícil asociarlas a algo que nuestra mente pueda relacionarlas por similitud. El problema radica precisamente en eso, en que las radiaciones ionizantes son invisibles y sólo veamos sus consecuencias, de ahí su peligro en su uso diario.

Para medir las radiaciones ionizantes necesitamos de equipos grandes y complejos que no se compran por su precio y dificultad de uso por el público en general; necesitando además de una interpretación de los resultados obtenidos por el equipo. De aquí radica la importancia de la metrología, dado que si hacemos buen uso del equipo y de la interpretación de los valores obtenidos, podemos salvar vidas. Por ejemplo, en los últimos años ha habido diferentes accidentes por todo el mundo con equipos de radioterapia que no estaban bien calibrados y sobreexponían al paciente a mayor radiación de la que necesitaba. Incluso hoy en día se piden varias radiografías para un mismo paciente sin tener en cuenta la dosis acumulada en un periodo corto de tiempo

o la edad y características del paciente. No es lo mismo, realizar una tomografía computarizada a un niño que a una persona de 60 años, debido a que las células del niño están en continuo crecimiento y una radiación innecesaria puede dar lugar a cánceres secundarios.

Por todo ello, en cualquier servicio hospitalario, laboratorio, etc. en los que se trabaje con radiaciones ionizantes es fundamental tener en cuenta varios puntos:

- Formación continua.
- Sistema de gestión de calidad bien aplicado y auditado.
- Conocimiento de la dosis (terapia, diagnóstico) que se le aplica al paciente y sus consecuencias.
- Calibración, verificación y mantenimiento sistemático de todos los equipos de radiaciones ionizantes, y,
- Tener un servicio metrológico nacional. Esto es un punto estratégico nacional que no debe depender de terceros países.

Dada la complejidad que rodea al tema de las radiaciones ionizantes y con el fin de saber y conocer en profundidad todo aquello relacionado con este tema, he creado una herramienta de trabajo (RADIATIVO) y que presento en este congreso, para dispositivos telefónicos como el iPhone®, iPod touch® y tableta electrónicas de tipo iPad®. En esta herramienta se pueden ver los límites admisibles y recomendados, conocer la radiactividad que nos rodea, aprender de los errores, conversión de unidades, conocimiento de partículas, etc.

## CM02: Dosimetría de referencia para campos pequeños en radioterapia

J. L. Guerda-Massillon\*

*Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México*

\* Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: massillon@fisica.unam.mx*

La dosimetría es el estudio de energía depositada (dosis absorbida) en la materia debido a interacciones de partículas cargadas como iones o electrones producidos por fotones con energía suficiente para modificar su estructura. La energía depositada es una consecuencia de interacciones coulombianas electrón-electrón, las cuales ionizan el medio mediante dispersiones elásticas o inelásticas, creando electrones secundarios a lo largo de su traza. Hipotéticamente, la dosis absorbida depositada a lo largo de esta traza es igual al producto de la fluencia de electrones generados y la transferencia lineal de energía (LET o poder de frenado máximo restringido promediado sobre el espectro de energía de los electrones), la cual cuantifica la densidad de ionización producida a lo largo de la traza. Sin embargo, desde un punto de vista de la investigación básica, en campos de radiación con alta densidad de ionización, los procesos físicos de interacción de la radiación con la materia no son bien entendidos por falta de información sobre los procesos de interacción de electrones de bajas energías. Y el concepto básico de la física de los campos pequeños de radiación está fuertemente ligado con el problema de dosimetría de alta

densidad de ionización causado por la variación de la fluencia de electrones en la dirección lateral y el corto alcance de los electrones generados en el campo. En esta plática, se presentará una visión general de lo que se está haciendo en relación con la dosimetría de referencia para estos campos y un análisis del porqué va a ser difícil para el comité internacional AAPM/OIEA proponer un código de práctica para campos de radioterapia menores que 4 cm de diámetro. Finalmente, se mostrará lo que se está haciendo en la UNAM en el tema con un enfoque desde la investigación de dosimetría básica y algunos resultados obtenidos en los últimos años.

## Agradecimientos

Se agradece a los proyectos PAPIIT-UNAM IN105813 y Conacyt 127409.

## CM03: Un nuevo concepto en Oncología Radioterápica: la enfermedad oligometastásica

F. Guedea\*

*Instituto Catalán de Oncología (ICO-DiR), Universidad de Barcelona (UB), Barcelona, España*

\* Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: guedea@iconcologia.net*

En los últimos años, los avances en tecnología han generado una mejora en tratamientos de radioterapia cada vez más potentes y sofisticados. Una de las novedades más interesantes es la aparición de la radioterapia extracraneal estereotáctica (SBRT), que fue desarrollado originalmente para el tratamiento curativo del cáncer de pulmón de células no pequeñas (NSCLC), periféricos de pequeño volumen y médicamente inoperable. Aunque la SBRT se limita inicialmente a tumores pulmonares, en los últimos años el número de indicaciones se ha ampliado para incluir otras localizaciones (por ejemplo, la próstata, el hígado, las glándulas suprarrenales) y los volúmenes de los tumores más grandes. En pacientes con cáncer de pulmón inoperable, los primeros informes sugieren que el control local puede ser comparable a la cirugía. Nuestra institución está llevando a cabo un ensayo de fase II para los pacientes con estadio I NSCLC inoperable tratados por SBRT (3x 18 Gy). Hasta la fecha, hemos tratado 81 pacientes y los resultados de los primeros en los primeros 38 pacientes son muy alentadores: a los 24 meses, el control local y la supervivencia global es del 96% y 79%, respectivamente. Estos son excelentes resultados de este perfil de paciente, y confirman los hallazgos reportados en otras instituciones. Sin embargo, dado que la SBRT es todavía una tecnología emergente, se necesita más evidencia antes de que pueda ser incorporada en la práctica estándar. La enfermedad oligometastásica es también otra nueva indicación con resultados preliminares, pero muy interesantes. Afortunadamente, numerosos ensayos clínicos, incluyendo el nuestro, están actualmente en curso. La preocupación más importante que rodea esta técnica de alta dosis es el potencial de toxicidad excesivo. El riesgo es pequeño pero debe ser tenido en cuenta en todos los casos, en particular en el cáncer de pulmón, dado el movimiento

continuo del pulmón y la ubicación sensible en estrecha proximidad a órganos vitales. Dada la falta de seguimiento a largo plazo y las series relativamente pequeñas estudiadas hasta la fecha, la SBRT sólo debe utilizarse en el contexto de ensayos clínicos hasta que se haya recogido más evidencia de su seguridad y eficacia. En todo caso, la SBRT parece a punto de convertirse en uno de los desarrollos más importantes en la larga historia de la lucha contra el cáncer.

#### CM04: Imagen molecular: radiofármacos monoméricos y multiméricos con reconocimiento por blancos moleculares específicos

G. Ferro-Flores\*

*Gerencia de Aplicaciones Nucleares en la Salud, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: guillermina.ferro@inin.gob.mx

**Imagen molecular:** Las técnicas de imagen molecular detectan y registran, directa o indirectamente, la distribución espacio-temporal de procesos moleculares o celulares para aplicaciones diagnósticas o terapéuticas. Los criterios de diseño aplicados en el desarrollo de radiofármacos de blancos moleculares específicos están dictados en gran medida por la expresión de proteínas blanco en los tejidos malignos, así como por la presencia intra o extracelular de dichas proteínas (receptores). Los receptores de péptidos reguladores están sobreexpresados en numerosas células de cáncer humano. Los radiopéptidos con reconocimiento por receptores (R) de péptidos asociados con el cáncer tales como los R de somatostatina, los R del péptido liberador de gastrina y las integrinas, se han utilizado con éxito en diversos estudios clínicos diagnósticos y terapéuticos. Las nanopartículas (NPs) pueden ser fluorescentes (ejemplo, NPs de oro, puntos cuánticos o nanotubos de carbono) o pueden tener propiedades magnéticas (ejemplo, NPs de óxido de hierro). Estas propiedades ópticas o magnéticas pueden ser explotadas para su uso en la terapia térmica y en la obtención de imágenes moleculares. Las NPs radiomarcadas funcionalizadas con péptidos (radiofármacos multiméricos) han demostrado tener propiedades adecuadas para el diagnóstico y la terapia de procesos malignos debido a su multivalencia.

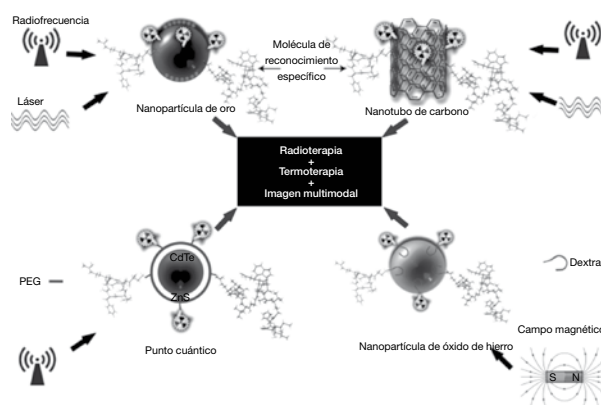
**NPs para imagen y terapia dirigida:** Al mismo tiempo que el interés en las terapias de blancos moleculares para cáncer aumenta, los radionúclidos destacan no sólo por su capacidad para ser detectados por gammagrafía externa, sino también por su capacidad terapéutica. La primera ventaja de las NPs radiomarcadas es el incremento de la afinidad, es decir, decenas de péptidos o cualquier molécula con actividad biológica se pueden conjugar a la superficie de un solo punto cuántico (QD), una sola nanopartícula metálica o un nanotubo de carbono de una pared simple (SWNT) para mejorar las imágenes de tumores con sobreexpresión de receptores específicos. En general, las diferentes técnicas de imagen son complementarias y no competitivas. Por

consiguiente, la segunda ventaja de las NPs radiomarcadas es la factibilidad de prepararlas con doble marcado (ejemplo, fluorescente y radiactivo), lo que permite la validación cruzada entre las imágenes nucleares y de fluorescencia óptica o incluso de imágenes trimodales nucleares-resonancia magnética-fluorescencia. El tercer beneficio está relacionado con sus propiedades termoablativas y radioterapéuticas. Las NPs de oro y los SWNT provocan destrucción celular térmica irreversible cuando se irradian con un láser. Las NPs de óxido de hierro liberan calor cuando se exponen a un campo magnético alterno externo, generando necrosis del microambiente en tejidos de cáncer. Las NPs de oro y los SWNT también absorben energía no ionizante cuando se exponen a un campo de radiofrecuencia (RF) con la consecuente liberación de calor para destruir células malignas. La RF también induce citotoxicidad térmica en células de cáncer tratadas con QDs. El aumento de la respuesta terapéutica requiere la aplicación de terapias combinadas. Por lo tanto, las NPs de oro, SWNT, QDs o las NPs de óxido de hierro radiomarcadas con emisores de partículas beta, pueden funcionar simultáneamente como agentes de imagen, sistemas de radioterapia y sistemas de termoterapia (fig. 1).

#### Agradecimientos

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-SEP-CB-2010-01-150942).

**Figura 1** Nanopartículas radiomarcadas multifuncionales como agentes útiles para la terapia dirigida y diagnóstico médico, debido a su combinación única de propiedades radiactivas, ópticas y termoablativas.



#### CM06: La dosimetría de estado sólido aplicada en física médica

J. Azorín-Nieto\*

*Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México D.F., México*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: azorin@xanum.uam.mx



Los detectores de estado sólido han sido utilizados con éxito en física médica, tanto en radiodiagnóstico y radioterapia como en medicina nuclear para llevar a cabo el control de calidad de los procesos y la dosimetría de los pacientes (*in vivo* o en fantoma) y del personal ocupacionalmente expuesto, debido a que tienen una alta sensibilidad en un pequeño volumen, la mayoría de ellos no requieren conexión eléctrica y tienen características dosimétricas de interés, tales como: una buena precisión y reproducibilidad, así como una respuesta independiente de la energía de la radiación, algunos de ellos. Por esta razón, la selección de un detector apropiado para su uso en física médica debe tener en cuenta el coeficiente másico de absorción de energía con respecto al agua para fuentes de fotones y el poder de frenamiento másico relativo al agua para los emisores beta y los haces de electrones en el intervalo de energía de interés en física médica, así como el número atómico efectivo de los materiales que las constituyen. En esta plática se analizan las características de los dosímetros de estado sólido más adecuados para su uso en física médica, tales como MOSFETs, detectores de EPR, películas radiocrómicas, centelleadores plásticos y dosímetros de termoluminiscencia, destacando las ventajas y desventajas de cada uno.

### CM08: Resta de imágenes mamográficas con medio de contraste: ¿hacia una mamografía funcional?

M. E. Brandan<sup>a,\*</sup>, J. P. Cruz-Bastida<sup>a</sup>, I. Rosado-Méndez<sup>a</sup>, H. Pérez-Ponce<sup>a</sup>, Y. Villaseñor<sup>b</sup>, H. A. Galván<sup>b</sup>, L. Benítez-Briebesca<sup>c</sup>, P. García<sup>c</sup> y F. E. Trujillo-Zamudio<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Cancerología, México D.F., México

<sup>c</sup>Hospital de Oncología, Centro Médico Nacional SXXI, México D.F., México

<sup>d</sup>Hospital Regional de Alta Especialidad, Oaxaca, Oax., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: brandan@fisica.unam.mx

**Introducción:** La resta de imágenes mamográficas con medio de contraste (MC) es una técnica orientada a eliminar el fondo anatómico gracias a la sustracción de 2 imágenes. El resultado es el aumento de la visibilidad del MC, presente en la lesión debido a angiogénesis. Existen 2 maneras de aplicar la técnica: resta con energía-dual (DE) y resta temporal de energía única (SET). En la primera se adquieren 2 imágenes del mismo objeto con espectros diferentes de rayos X y se restan usando un factor de peso. Los espectros de baja (LE) y alta (HE) energía deben ser diferentes, y se aprovecha el borde fotoeléctrico del yodo a 33.2 keV. La modalidad SET requiere de un solo espectro y hace un seguimiento de la captación del MC por la lesión. Nuestro grupo ha propuesto una combinación, llamada resta temporal de energía-dual (DET), que ha sido validada por datos de un maniquí homogéneo.

Recientemente hemos presentado un formalismo para resta temporal de energía-dual que se basa en un factor de peso obtenido pixel-a-pixel de las imágenes máscaras (previas a la administración del MC) de LE y HE. Esta resta se

llama DETm (temporal de energía-dual con matriz). El DETm ha mostrado lograr acuerdo cuantitativo entre SET y DET en estudios de maniquí y un clínico piloto.

Los objetivos de este trabajo son realizar restas DETm de imágenes clínicas y compararlas con el SET tradicional. Biopsias de las pacientes se analizarán con anticuerpos específicos para formación de nuevos vasos sanguíneos y linfáticos, y se analizará la posible correlación entre indicadores de imagen y de biopsia.

**Métodos:** Diecinueve pacientes BIRADS 4-5 se incluyeron en un estudio clínico aprobado por los Comités de Investigación y de Ética del Instituto Nacional de Cancerología (INCan) en México D.F.

Las imágenes máscara se adquirieron con espectros LE y HE de un Senographe DS. Se inyectó mecánicamente medio de contraste basado en yodo y las imágenes MC a alta energía se adquirieron entre uno y 5 minutos después de la inyección del MC. Todas las imágenes se adquirieron bajo una misma compresión. Se obtuvieron biopsias después de las imágenes y se aplicaron biomarcadores para angiogénesis sanguínea y linfática. La densidad de microvasos se evaluó en campos de microscopio.

Para DET, la máscara LE se restó de las imágenes MC pesadas por una matriz obtenida de las máscaras. Para SET, la máscara HE se restó de la serie HE.

La captación de yodo en la serie de imágenes restadas se cuantificó y se evaluó el contraste (diferencia normalizada de señales entre la lesión y el tejido glandular normal) en regiones de interés definidas por el radiólogo. El contraste se transformó en grosor másico de yodo usando una función (lineal) de calibración obtenida usando muestras con una concentración conocida de yodo. Curvas de contraste-tiempo indican el cambio temporal del contraste.

**Resultados:** Once lesiones fueron malignas y 8, benignas. El formalismo de resta redujo sustancialmente el ruido anatómico en las imágenes resultantes, comparado con técnicas alternativas. Las densidades de microvasos sanguíneos y linfáticos mostraron una buena correlación, y se observaron mayores densidades en lesiones malignas que benignas. Las imágenes restadas mostraron aspectos que podrían ayudar al diagnóstico, en particular como indicadores de agresividad tumoral. Limitaciones previamente señaladas en la modalidad DE desaparecen al usar el formalismo matricial. Ambas modalidades temporales parecen ser equivalentes; sin embargo, el movimiento de la paciente (y la dosis) harían preferir SET. Las imágenes fueron calibradas y la captación de yodo no se correlacionó ni con la patología ni con la densidad de microvasos. Las curvas de contraste-tiempo se parecen a las de resonancia magnética de contraste enfatizado, pero aún se requiere más análisis para evaluar su posible valor como indicadores de diagnóstico.

### Agradecimientos

Agradecemos al Departamento de Rayos X del INCan y a los proyectos DGAPA IN-105813 y Conacyt Salud 2009-01-112374.

### CM09: Protección radiológica del paciente en tomografía pediátrica

J. García-A.\*

*Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: [juan.garcia@inin.gob.mx](mailto:juan.garcia@inin.gob.mx)

Según el último informe de UNCEAR 2008, la exposición médica ha crecido hasta representar el 0.6 mSv per cápita. Si bien este uso médico de las radiaciones posee un relevante impacto social también se debe considerar que cada vez con más frecuencia se están presentando en los pacientes radiaciones que antes no se daban. En el caso de la tomografía pediátrica, “*el niño no es un adulto pequeño*” es un aforismo aplicable al diagnóstico por imágenes pediátrico. El especialista pediátrico debe seleccionar el protocolo adecuado para obtener imágenes diagnósticas con el menor riesgo por el uso de radiaciones.

Esto justifica con creces las estrategias que deban llevarse a cabo para alcanzar el mayor nivel posible de protección radiológica de los pacientes, sin comprometer la capacidad diagnóstica ni terapéutica.

Aunque el radiodiagnóstico representa una contribución importante a la medicina clínica, también constituye una exposición importante de los pacientes a la radiación. Por eso, los exámenes con rayos X deben realizarse empleando todos los medios posibles para obtener el objetivo diagnóstico con el mínimo de exposición al paciente. Especial atención debe darse a la radiología pediátrica pues el riesgo es mayor en niños que en adultos, debido a la gran actividad mitótica y mayor sensibilidad a la radiación en especial de algunos órganos como tiroides, gónadas, mamas y médula ósea. A ello se suma la mayor esperanza de vida y posibilidad de estudios radiológicos futuros. Se estima que la exposición a la radiación en los primeros 10 años de vida produce un detrimento radiológico 3 veces más grande que el de individuos con edad entre 30 y 40 años y 5 veces más grande que el de personas con 50 años de edad.

La justificación es la primera fase de la protección radiológica, especialmente en los pacientes pediátricos. Nunca se puede justificar la exposición de un paciente con fines diagnósticos sin una indicación clínica *válida*, por buena que sea la calidad de la imagen. La justificación exige que una persona con formación y experiencia en radiología y radioprotección asuma toda la responsabilidad clínica del examen. Los estudios realizados en diversos países han demostrado que muchos de los estudios de radiología y en especial tomografías se realizan después de una justificación no válida.

Por otra parte, para obtener una imagen de buena calidad y con dosis reducida al paciente, se recomienda que los exámenes pediátricos se realicen con el equipo y factores técnicos dedicados específicamente a la radiografía pediátrica, con filtración adicional, tiempos de exposición muy cortos y sin rejillas antidifusoras. Cuando éstas son necesarias, se recomienda el uso de rejillas hechas con materiales de baja atenuación, tales como las de fibra de carbono, como material entre láminas, u otros materiales no metálicos, una relación de rejilla de 8, y 40 láminas/cm (rejilla móvil). Son esenciales los dispositivos para la inmovilización del paciente pediátrico para mantener la posición correcta del campo de radiación. La posición incorrecta es la causa más frecuente de calidad inadecuada de la imagen en radiología pediátrica y de las repeticiones de exámenes radiográficos.

Los sistemas de inmovilización deben ser fáciles de usar y su empleo no debe ser traumático para el paciente.

El énfasis está entonces en la justificación de los procedimientos médicos y en la optimización de la protección radiológica. En los procedimientos diagnósticos e intervencionistas, la justificación de los mismos (con un objetivo definido y a un paciente específico), y el manejo de la dosis al paciente, acorde al objetivo médico, son mecanismos apropiados para evitar una exposición a la radiación innecesaria o improductiva.

## CM10: Neutrones en torno a LINACs de uso médico

H. R. Vega-Carrillo\*

*Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., México*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: [fermineutron@yahoo.com](mailto:fermineutron@yahoo.com)

*Introducción:* A nivel mundial, cada año, el cáncer mata más personas que la tuberculosis, el paludismo y el sida juntos<sup>1</sup>. No obstante, hay diferentes alternativas para el tratamiento del cáncer, la radioterapia con aceleradores lineales (LINACs) es la técnica más usada<sup>2</sup>. Cuando el LINAC opera con voltajes superiores a los 8 MV, el haz de tratamiento es acompañado por neutrones que se generan en reacciones (n) o (e, e' n)<sup>3</sup>. La presencia de estos neutrones, constituye un tema importante de la protección radiológica para el paciente y el personal de la instalación. Durante varios años hemos caracterizado los campos de neutrones en torno a LINACs en el país y el extranjero; lo que nos ha permitido desarrollar nuestra propia tecnología. El objetivo de este trabajo es mostrar algunos de estos resultados y los procedimientos desarrollados.

*Materiales y métodos:* Para determinar los espectros de los neutrones dentro de los LINACs hemos usado el espectrómetro de esferas Bonner con detector pasivo formado por pares de dosímetros termoluminiscentes TLD600 y TLD700<sup>4</sup>, cuya matriz de respuesta la hemos calculado<sup>5</sup>. Para la reconstrucción del espectro hemos desarrollado 2 códigos, uno de estos usa la tecnología de la inteligencia artificial mediante redes neuronales artificiales<sup>6,7</sup>; mientras que el otro usa el algoritmo SPUNIT donde el inconveniente de contar con un espectro inicial hemos incluido un catálogo de espectros<sup>8,9</sup>. Con la información de los espectros calculamos la  $H^*(10)$ , así como la  $E$  y la  $H_{p,slab}(10)$  para diferentes proyecciones de exposición. Uno de los inconvenientes de usar un espectrómetro pasivo es que por cada esfera hay que disparar el LINAC, lo que implica ocupar un tiempo importante, para evitar esto hemos desarrollado un procedimiento que necesita de un solo disparo del acelerador, a este método le hemos denominado el método Planetario<sup>10</sup>. En muchas instalaciones no se cuenta con un monitor de área para neutrones, probablemente se debe a que la presencia de neutrones no se considera un problema importante y al costo de inversión y operación que implica, para esto hemos diseñado un monitor pasivo que puede usar, pares de TLDs, detectores de activación o detectores de trazas del tipo CR39.

Los cálculos los hemos realizado mediante métodos Monte Carlo con los códigos MCNP5 y MCNPX.

**Resultados:** Con la tecnología desarrollada hemos caracterizado el campo de neutrones en torno a un ciclotrón para PET, varios LINACs, fuentes isotópicas de neutrones y un reactor nuclear de investigación.

**Conclusiones:** Hemos desarrollado la tecnología necesaria para caracterizar el campo de neutrones dentro de las salas de radioterapia con LINAC y determinar la  $H^*(10)$ ,  $E$  y la  $H_{p,slab}(10)$ . También hemos desarrollado un monitor pasivo de área para neutrones que puede usar 3 tipos diferentes de detectores de neutrones.

## Bibliografía

1. IAEA. Fighting cancer in developing countries. International Atomic Energy Agency Bulletin 2010;52-1:1-5.
2. Barquero R, Edwards TM, Iñiguez MP, et al. Monte Carlo simulation estimates doses to critical organs of a patient undergoing 18.MV x-ray LINAC-based radiotherapy. *Med Phys* 2005;32:3759-3589.
3. NCRP. Neutron contamination from medical electron accelerators. National Council on Radiation Protection and Measurements report 79, Bethesda, MD. NCRP (1984).
4. Vega-Carrillo HR. TLD pairs as thermal neutron detector, in neutron multisphere spectrometry. *Radiat Meas* 2002;35:251-254.
5. Vega-Carrillo hr, Wehring BW, Veinot KG, et al. Response Matrix for a Multisphere spectrometry using a  $^6\text{LiF}$  thermoluminescent dosimeter. *Radiat Prot Dosim* 1999;81:133-140.
6. Vega-Carrillo HR. Neutron spectrometry using Artificial Neural Networks. *Radiat Meas* 2006;41:425-431.
7. Ortiz-Rodríguez JM, Martínez-Blanco MR, Gallego E, et al. IAEA Procc Series STI/PUB/1460. p. 1-9.
8. Vega-Carrillo HR, Iñiguez MP. Catalogue to select the initial guess spectrum during unfolding. *Nucl Instrum Methods Phys Res A* 2002;476:270-272.
9. Vega-Carrillo HR, Ortiz-Rodríguez JM, Martínez-Blanco MR. NSDUAZ unfolding package for neutron spectrometry and dosimetry with Bonner spheres. *Appl Radiat Isot* 2012;71:87-91.
10. Benites-Rengifo JL, Vega-Carrillo HR, Velazquez-Fernandez J. Photoneutron spectrum measured with Bonner sphere spectrometer in Planetary method mode. *Appl Radiat Isot* in press, (2013).

## CM11: Matrices de riesgo en radioterapia. Experiencia de hospitales en Latinoamérica

C. Duménigo<sup>a,\*</sup>, R. López<sup>b</sup>, A. Paz<sup>b</sup>, M. Manríquez<sup>c</sup>, S. Santos<sup>c</sup>, A. Marques<sup>c</sup>, F. Pérez<sup>a</sup>, R. Pérez<sup>c</sup>, M. Pallaroso<sup>c</sup>, R. Contreiras<sup>c</sup>, A. Maldonado<sup>c</sup>, E. Hernández<sup>c</sup>, M. Hinojosa<sup>c</sup>, M. Palafox<sup>c</sup>, R. Waldo<sup>c</sup>, G. Hernández<sup>c</sup>, L. Matamoros<sup>c</sup>, S. Neira<sup>c</sup>, P. Pacheco<sup>c</sup>, L. Cortés<sup>c</sup>, M. Godin<sup>c</sup>, J. Aponte<sup>c</sup>, F. Fragos<sup>c</sup>, A. González<sup>c</sup>, G. Reséndiz<sup>c</sup>, E. Medel<sup>c</sup>, L. Coronado<sup>c</sup>, M. Rodríguez<sup>c</sup>, J. Lárraga<sup>c</sup>, J. Rocha<sup>c</sup>, A. Aldana<sup>c</sup>, J. Roa<sup>c</sup>, A. Verdín<sup>c</sup>, J. Moreno<sup>c</sup>, J. Rodríguez<sup>c</sup>, F. Rodríguez<sup>c</sup> y R. Genis<sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Cuba

<sup>b</sup> Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, México D.F., México

<sup>c</sup> Físicos Médicos de Hospitales de Latinoamérica

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: cruz@orasen.co.cu

**Introducción:** Los accidentes en la práctica de radioterapia han causando daños particularmente severos a los pacientes. Es importante aplicar metodologías que permitan anticiparnos a potenciales accidentes para poder evitarlos. El presente trabajo muestra la experiencia de hospitales de Latinoamérica que han aplicado la metodología de “matrices de riesgo” y la herramienta informática SEVRRRA para evaluar sus riesgos.

**Materiales y métodos:** El método de matrices de riesgo consiste en subdividir las variables independiente de la ecuación de riesgo ( $R=f*p*C$ ) en niveles cualitativos (ejemplo alto, medio, bajo y muy bajo) y haciendo todas las combinaciones lógicas posibles se puede obtener una matriz de 64 combinaciones que permite estimar el riesgo resultante<sup>1</sup>. La herramienta informática SEVRRRA<sup>2</sup> fue utilizada para facilitar la aplicación de la metodología. Esta permite, a los hospitales, analizar un listado general de sucesos iniciadores, considerar las defensas existentes y obtener la evaluación del riesgo de todas las secuencias accidentales.

**Resultados:** Como resultado del trabajo 27 hospitales pudieron conocer las secuencias de accidentes de mayor riesgo, en sus condiciones específicas de trabajo. A continuación se muestra, a manera de ejemplo, las 6 secuencias evaluadas como “riesgo alto” en todos los centros que analizaron los tratamientos con LINAC.

- Introducir al TPS datos erróneos para calcular las unidades monitor.
- Error al denominar volúmenes, etapas, fracciones y campos al editar hoja de tratamiento en LINAC.
- Colocar erróneamente al paciente en la mesa de tratamiento para la sesión inicial del tratamiento.
- Error en el marcado definitivo del paciente.
- Omitir marcas de referencia de la TAC de simulación o hacerlo erróneamente.
- No implementar modificaciones del tratamiento como resultado de evaluación semanal del paciente.

Para los 4 hospitales que analizaron BTHDR, en la figura 1 se muestran 2 barreras que pudieran contribuir a la reducción del riesgo en la mayoría de las secuencias accidentales evaluadas con “riesgo alto”.

**Conclusiones:** La metodología de matrices de riesgo y la herramienta SEVRRRA han demostrado su utilidad para usuarios y reguladores. Los hospitales pueden identificar sus propios problemas y los reguladores pueden utilizar estos resultados para perfeccionar sus procedimientos de inspección y evaluación. Se demostró que disponer de resultados de varios hospitales manejados por la herramienta SEVRRRA permite a los usuarios conocer la experiencia de otros hospitales análogos en la reducción de riesgos inaceptables.

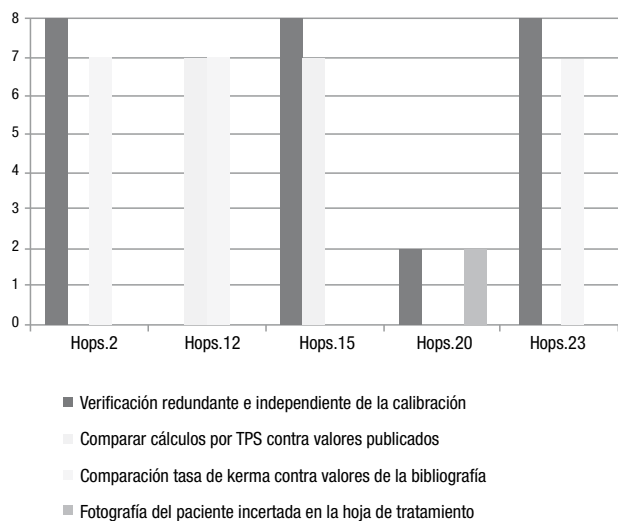
## Agradecimientos

Al Proyecto TSA3 del OIEA (protección radiológica del paciente) y al Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.

## Bibliografía

1. IAEA. Aplicación del Método de Análisis de Matriz de Riesgo a la Radioterapia, TECDOC-1685/S, Viena, 2013.
2. PAZ A., et al, "Main results of the risk assessments to some Iberoamerican radiotherapy facilities using SEVRA software. Conferencia, Bonn, Alemania, 2012.

**Figura 1** Barreras para reducir el riesgo en BTHDR.



## CM12: Uso de las tecnologías de información y comunicación para el desarrollo profesional

E. Medina-Gironzini\*

*Instituto Peruano de Energía Nuclear, Perú*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: medina@ipen.gob.pe

**Introducción:** Las tecnologías de información y comunicación (TIC) han mejorado las relaciones entre los especialistas de diversas profesiones. En física médica y protección radiológica ha ocurrido lo mismo. Es un medio muy útil para intercambiar experiencias y resolver inquietudes técnicas en tiempos muy breves. Como antecedente, durante 10 años se difundieron actividades técnicas mediante el Boletín "Protección Radiológica" cuyos 65,000 ejemplares fueron distribuidos a especialistas de más de 40 países. Posteriormente se usó internet ([www.radioproteccion.org](http://www.radioproteccion.org)) con el mismo objetivo y más adelante, desde el 15 de marzo de 2002 se hizo efectiva la lista de interés "Radioprotección" que cuenta actualmente con más de 2600 suscriptores de 32 países. Hoy en día se usa Facebook, Twitter y LinkedIn y otras opciones para ver e intercambiar videos, presentaciones y fotos que ayudan al profesional a actualizarse, mejorar en su trabajo y profundizar sus conocimientos.

**Objetivo:** En este trabajo se muestra la importancia de las TIC para mejorar el trabajo en física médica y protección radiológica, mantenerse actualizado en estos temas e incrementar las relaciones profesionales.

**Metodología:** Mediante la lista "Radioproteccion" (<http://espanol.groups.yahoo.com/group/Radioproteccion/>) creada en grupos Yahoo, se distribuyen mensajes sobre diversos

temas técnicos, anuncios de eventos, noticias y una gran parte son inquietudes técnicas que son respondidas oportunamente por profesionales del campo de la física médica y protección radiológica. Pero también las redes sociales cumplen este objetivo, pero además permiten mejorar nuestras relaciones profesionales y personales. Por eso, se usa Facebook ([www.facebook.com/Radioproteccion](http://www.facebook.com/Radioproteccion)) que en unos 15 meses llegó a 5,000 miembros de diversos países. Aquí, además de difundir información sobre física médica y también se puede conocer las actividades de diversas organizaciones nacionales e internacionales. Las otras opciones son el Twitter (envío de mensajes cortos), LinkedIn (red profesional) y Skype (videollamadas) y las opciones para ver videos (Youtube), presentaciones (Slideshare) y fotos (Picasa) sobre la especialidad. Pero además se cuenta con la página creada en Facebook: [www.facebook.com/Proteccion.Radiologica.Oficial](http://www.facebook.com/Proteccion.Radiologica.Oficial) que tiene la ventaja de contar con un número ilimitado de suscriptores. Se brindan detalles sobre la experiencia que se tiene en América Latina en los últimos 11 años.

**Resultados:** Las TIC permiten el intercambio de información sobre diversos temas de física médica y protección radiológica. Los especialistas que trabajan en organismos reguladores, universidades, instalaciones radiactivas y nucleares, y en general en entidades nacionales e internacionales, tanto públicas como particulares hacen uso de las opciones que ofrecen las TIC ya que ayudan a solucionar problemas técnicos, incrementar la colaboración, actualizarse diversos temas y ampliar su círculo profesional entre colegas de diversos países.

**Conclusiones:** Las redes sociales están contribuyendo a mantenerse actualizado y a mejorar en el desarrollo profesional en el campo de la física médica y protección radiológica, ya que es un canal de permanente comunicación que está abierto para el intercambio de experiencias, documentos científicos, artículos, publicaciones, eventos, etc., y especialmente ayuda a resolver problemas técnicos.

## CM13: High Intensity Mode en Radiocirugía

V. Bourel\*

*Universidad Favaloro, Buenos Aires, Argentina*

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: vbourel@favaloro.edu.ar

La planicidad de los haces para tratamiento en radioterapia ha sido, desde los comienzos, una propiedad considerada imprescindible para obtener buenos resultados en la distribución de dosis en la planificación de tratamientos. Este principio se ha visto alterado en los recientes años con la aparición de aceleradores lineales sin filtro aplanador cuyos haces no son planos, sino que por el contrario muestran una importante inhomogeneidad con un máximo central. La falta del filtro aplanador permite que este tipo de haces puedan entregar una alta tasa de dosis (hasta 2,400 UM/min), razón por lo cual la técnica en la que se aplican se denomina *High Intensity Mode*. Estos haces también se conocen como FFF (por sus siglas en inglés, *Flattening Filter Free*).

Los haces FFF tienen perfiles diferentes de los muy conocidos haces planos y por lo tanto se debe utilizar diferentes

parámetros de caracterización que deben ser tenidos en cuenta en el comisionamiento y control de calidad.

La utilización de haces FFF en radiocirugía con técnicas VMAT, muestra como primer punto positivo la reducción de hasta 4 veces el tiempo de tratamiento, favoreciendo la utilización de técnicas sin marco estereotáxico y como consecuencia su utilización en pacientes pediátricos.

La corta experiencia con *High Intensity Mode* en radiocirugía utilizando colimadores multihojas (con hojas centrales de 3 mm o menos) y técnica VMAT muestra resultados, además de la ventaja ya mencionada del corto tiempo de tratamiento, que son dosimétricamente equivalentes a las mejores resultados obtenidos con haces planos y en algunos casos muestran resultados ligeramente superiores.

## Resúmenes de presentaciones orales

### Abstracts of oral presentations

#### 010: Modelos radiobiológicos TCP y NTCP, aplicados al tratamiento hipofraccionado en radioterapia

A. J. Astudillo-Velázquez<sup>a,\*</sup>, L. C. Paredes-Gutiérrez<sup>b</sup>, E. Mitsoura<sup>a</sup> y G. Reséndiz-González<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

<sup>c</sup>Departamento de Radioterapia, Hospital Médica Sur, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: ajav\_x@yahoo.com.mx

**Introducción:** A nivel nacional, los tratamientos para cáncer con radiaciones ionizantes se han visto dominados bajo los criterios de los médicos radiooncólogos y que estos se han basado en prueba y error por muchos años. Los modelos radiobiológicos, como el TCP, NTCP y variables dosimétricas, para su aplicación clínica en la radioterapia convencional con hipofraccionamiento tienen como propósito el predecir planes de tratamiento personalizados que presenten mayor probabilidad de control tumoral y menor probabilidad de reacciones tardías, las cuales se conviertan en herramientas de apoyo para la toma de decisiones en la planeación de tratamientos de pacientes para físicos médicos y radiooncólogos.

**Materiales y métodos:** Se contará con archivos de pacientes tratados con radioterapia y se analizarán los datos que estos proporcionen como el diagnóstico, las dosis totales, el número de sesiones y las dosis por sesión. Se realizarán los programas de los modelos TCP y NTCP en Matlab®. Se compilarán los programas TCP y NTCP haciendo variar las dosis con el fin de tener la curva que muestre el comportamiento de la probabilidad de control tumoral como función de la dosis administrada. En este caso el usuario tendrá la posibilidad de ingresar la dosis que el médico señaló y podrá hacer la comparación en toda la curva, cuál es la probabilidad de control tumoral que se espera con dicha dosis.

El usuario podrá variar la dosis para lograr obtener un mejor control tumoral y una menor probabilidad de daños al tejido normal. A partir de esto el médico radiooncólogo podrá discriminar, si la dosis que él determinó es la adecuada o podrá optar por seleccionar otra más adecuada.

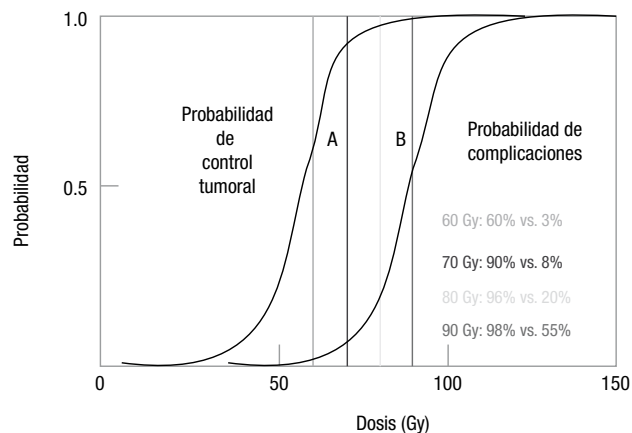
**Resultados:** Se obtuvieron programas de cálculo para predicciones rápidas y personalizadas de la probabilidad de control tumoral y la probabilidad de complicaciones a tejido normal, empleando modelos radiobiológicos y variables dosimétricas clínicas además de una metodología teórico-clínica, que permite realizar una mejor elección del tratamiento para el paciente como se muestra en la figura 1.

**Conclusiones:** Los programas de cálculo de modelos radiobiológicos permiten calcular la probabilidad de control tumoral y la probabilidad de complicación del tejido normal, y proporcionan una idea general para identificar si dicha dosis es la adecuada, permitiendo al médico tomar una mejor decisión en cuanto al tratamiento y también al número de sesiones en las cuales se administrará la dosis global.

## Agradecimientos

A los asesores del proyecto, Dra. Lydia Paredes, M. en C. Eleni Mitsoura y al M. en C. Gabriel Resendiz y a las instituciones, ININ, UAEM y el Hospital Médica Sur por el apoyo brindado para que este proyecto fuese una realidad y por el financiamiento otorgado, que sin ello este trabajo no sería posible.

**Figura 1** Probabilidad de control tumoral y la probabilidad de complicaciones a diferentes dosis.



#### 020: Análisis de la exactitud del posicionamiento del paciente en radioterapia estereotáctica del cuerpo con el sistema de verificación EXACTRAC

M. Á. Montes-Rodríguez<sup>a,\*</sup>, M. Hernández-Bojórquez<sup>b</sup>, A. A. Martínez-Gómez<sup>b</sup>, A. Contreras-Pérez<sup>b</sup>, I. M. Negrete-Hernández<sup>c</sup>, J. O. Hernández-Oviedo<sup>b</sup> y E. Mitsoura<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> The American British Cowdray Medical Center (CMABC), I.A.P, Centro de Cáncer ABC

<sup>c</sup> Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN, México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: angy 24538@yahoo.com

**Introducción:** La radioterapia esterotáctica del cuerpo involucra la entrega de alta dosis absorbida en pocas fracciones, por lo que es necesaria una inmovilización controlada y supervisada del paciente y del volumen del blanco en un espacio de 3 dimensiones. El propósito de este trabajo es analizar el desempeño del sistema de imagen para corrección y verificación de la posición del isocentro ExacTrac del CMABC.

**Materiales y métodos:** Se adquirieron tomografías de maniqués antropomórficos de tórax (Dynamic Thorax Phantom, CIRS®) y pelvis (ETX Verification Phantom, BrainLab®) con marcas de referencia, una externa (visible) y una interna para cada uno; estas marcas se delimitaron y se seleccionaron como blancos para asignarles un isocentro de tratamiento en el sistema de planeación iPlan RT Dose 4.5.1. Las imágenes fueron exportadas al sistema ExacTrac (ETX, BrainLab®, Germany). En la mesa del Acelerador Lineal Novalis Tx se preposicionaron los maniqués con las marcas de alineación. Cinco esferas infrarrojas fueron colocadas sobre ellos, permitiendo que el sistema ETX los posicionara automáticamente al isocentro seleccionado y, además sirvieron como guía de imagen para ajustes de movimientos de mesa durante todo el tratamiento (fig. 1). Con el sistema ETX se adquirieron 2 imágenes estereoscópicas de rayos X con energía de kV para verificar el posicionamiento, basándose en la anatomía interna de los maniqués. Se realizaron los ajustes en 6D (6° de libertad) de la posición del isocentro de acuerdo con la fusión de las radiografías construidas digitalmente (DDR's) que fueron generadas desde la planeación del tratamiento. Se registraron datos de correcciones del isocentro. También se verificó el tratamiento interfractionado con el sistema ETX a 4 pacientes con lesiones en pelvis y columna, que fueron tratados con SBRT registrando sus errores residuales en 6D.

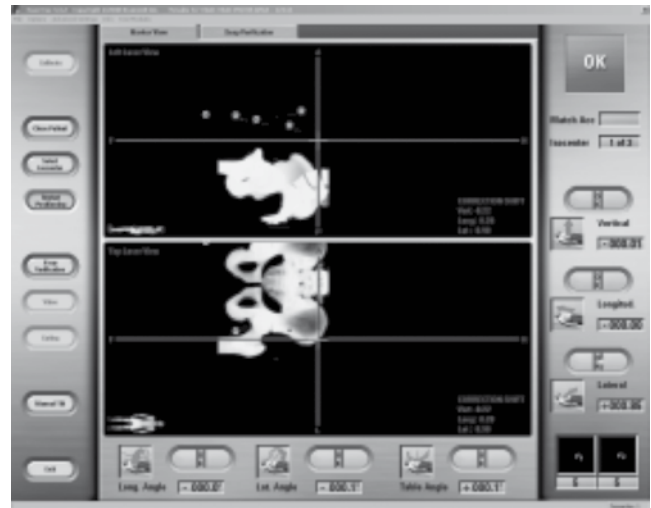
**Resultados:** Los datos registrados de las verificaciones en los movimientos traslacionales y rotacionales mostraron incertidumbres espaciales promediadas en 3D, de  $0.1 \pm 0.3$  mm,  $0.2^\circ \pm 0.09^\circ$  respectivamente para maniqués y de  $0.72 \pm 0.28$  mm,  $0.09^\circ \pm 0.04^\circ$  para pacientes y en la primera corrección de los maniqués estas incertidumbres fueron de  $0.53 \pm 0.18$  mm, y  $0.15^\circ \pm 0.24^\circ$  respectivamente (fig. 2).

**Conclusiones:** El estudio mostró una alta precisión y reproducibilidad en el posicionamiento de los isocentros seleccionados tanto en maniqués como en pacientes. El sistema de ETX para verificar la posición del isocentro de tratamiento tiene la capacidad de monitorear la trazabilidad de las posiciones de interés antes, durante y hacia el final del tratamiento, por lo que es posible utilizarse durante la entrega de tratamientos de SBRT para garantizar el posicionamiento dentro de los valores de incertidumbre  $\leq 1$  mm<sup>1</sup>.

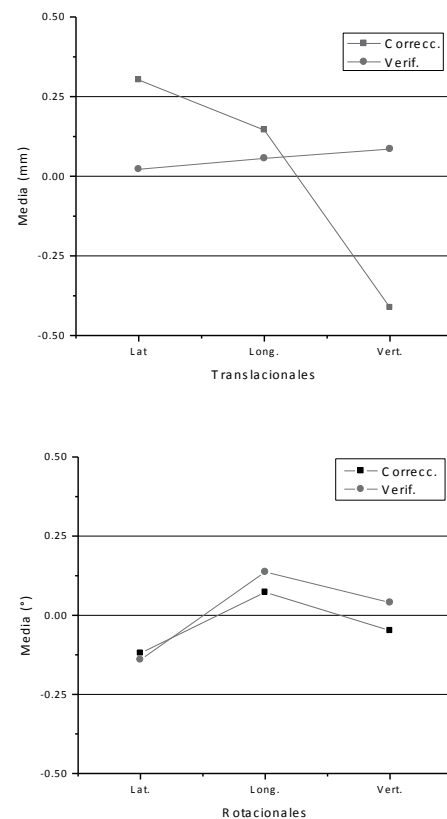
## Bibliografía

1. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. Medical Physics 2010;37(8):4088.

**Figura 1** Imagen de posicionamiento del maniqué de pelvis mediante el sistema ETX.



**Figura 2** Corrección vs. verificación del isocentro de maniqués antropomórficos usando el sistema ETX.



## 030: Estimación de parámetros en la optimización de dosis (3DCRT)

H. Blanch-Enrique\*

Instituto Oncológico de Morelos S.A de C.V., Mor., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: iomsacv@yahoo.com

**Introducción:** En el presente trabajo, el objetivo fundamental de la radioterapia está reflejado en la aplicación de algoritmos de cálculos basados en la programación inversa, los cuales permiten determinar de manera óptima la intensidad de la radiación ( $\omega_i$ ) para un arreglo de campos típico en el tratamiento del cáncer de próstata. A pesar de que la planeación inversa habitualmente está relacionada con la técnica de tratamiento IMRT, en la radioterapia conformada 3DCRT también podemos aplicar procesos de optimización basados en la planeación inversa, considerando el grado de automatización de los algoritmos empleados y su uso práctico.

**Materiales y métodos:** La determinación del parámetro buscado ( $\omega_i$ ), estuvo basado en la definición de un modelo matemático,  $D(\omega_i, UM_i, t)$ , el cual considera los parámetros del haz de radiación y la interacción de la radiación con el tejido humano, ( $\omega_i$ -pesos,  $UM_i$ -unidades,  $t$ -variable independiente,  $t \in V_{PTV, OARs}$ ,  $V_{PTV, OAR}$ -volumen irradiado); con el objetivo de determinar el parámetro deseado las funciones objetivo para el volumen blanco  $f_{PTV}(\omega)$  y para los volúmenes críticos  $f_{OARs}(\omega)$  son minimizadas individualmente o a través de una combinación lineal de ambas funciones. El proceso de minimización de las funciones objetivo estuvo incluido en 3 métodos de cálculo:

Método I. Minimización independiente de la función objetivo para el volumen blanco,  $f_{PTV}(\omega)$ .

Método II. Optimización multiobjetivo.

Método III. Minimización a través de la combinación de las funciones objetivos.

La adquisición de los datos para desarrollar todo el proceso de optimización, contó con herramientas y protocolos clínicos los cuales se relacionan a continuación:

- Dosis de prescripción y niveles de tolerancias protocolares.
- Distribuciones de dosis correspondiente a la planeación del cáncer de próstata (sistema de planeación Eclipse).
- Histograma dosis-volumen "DVH".
- Hoja de cálculo Excel®.

**Resultados:** Debido a la importancia en el conocimiento de las bondades ofrecida por los métodos de cálculos aplicados en el proceso de optimización, los resultados obtenidos estuvieron enfocados en la capacidad de estos métodos de generar distribuciones de dosis aceptables a partir del valor del parámetro evaluado y teniendo en cuenta la utilidad práctica de estos. Los métodos I y III ofrecieron una opción aceptable y práctica en la estimación del parámetro buscado.

**Conclusiones:** La realización del presente trabajo ha demostrado que es posible aplicar de forma automatizada los métodos de planeación inversa en la terapia 3DCRT, y además ha contribuido a profundizar los conocimientos de las técnicas de optimización para su aplicación en procesos más complejos como la técnica de IMRT.

## Agradecimientos

M. C. Gutiérrez Castillo y J. Gerardo. Centro Médico Nacional Siglo XXI, Oncología.

## 040: Modelo Monte Carlo para el cálculo del factor de conversión entre la dosis promedio sobre una línea y la dosis en un punto para una fuente HDR

E. Flores-Martínez\*

Departamento de Física Médica, Universidad de Wisconsin-Madison, EUA

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: everardofloresmx@gmail.com

**Introducción:** El análisis del patrón de interferencia de luz atravesando una muestra de agua puede ser utilizado para detectar pequeños cambios en la temperatura inducidos por radiación ionizante. Estos cambios de temperatura pueden utilizarse para calcular la dosis impartida. Sin embargo, la señal observada representa un promedio a lo largo de la trayectoria que recorre el haz y no la dosis en un punto. En este trabajo se realizó un modelo Monte Carlo en MCNP5 para determinar el factor de conversión entre la dosis promedio sobre una línea y la dosis en un punto para la fuente GammaMed HDR plus.

**Materiales y métodos:** La fuente GammaMed HDR plus está constituida por un núcleo cilíndrico de Iridio-192 de 3.5 mm de longitud y 0.7 mm de diámetro. Está encapsulada en un cilindro de acero inoxidable (A1S1 316L). La extensión es un alambre de acero inoxidable (A1S1 304)<sup>1</sup>. Para definir los espectros de energía en el código se utilizaron los valores publicados previamente por Borg<sup>2</sup>. La fuente fue colocada en el centro de un maniquí de 5 x 5 x 5 cm<sup>3</sup> lleno de agua. En el modelo se asumió que no existían contribuciones de dosis dispersa de otros objetos.

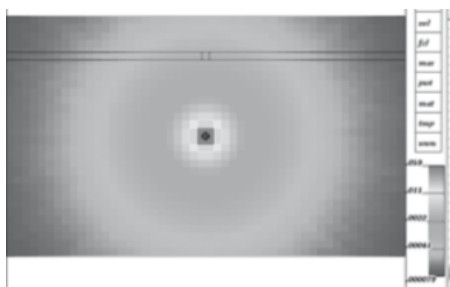
El factor de conversión (FC) buscado se puede definir como el cociente de la dosis en el centro y la dosis promedio a lo largo de una línea. Para calcular esta última, 8 paralelepípedos de 0.1 x 5.0 x 0.1 cm<sup>3</sup> fueron definidos en el mismo plano que el centro de la fuente, desde 0.50 hasta 2.25 cm de la fuente cada 0.25 cm. La función \*F8 se utilizó para calcular la energía depositada en cada superficie. El mismo cálculo se realizó utilizando la función \*FMESH, utilizando una malla de 50 x 30 celdas en el plano del centro de la fuente y perpendicular a su eje.

**Resultados:** La figura 1 muestra la distribución relativa de dosis sobre la malla mostrando simetría radial con regiones de alto gradiente cercanas a la fuente. La misma gráfica puede ser interpretada como un mapa de cambios relativos de temperatura.

La tabla 1 muestra los resultados de las dosis promedio y las dosis en un punto.

**Conclusiones:** El modelo Monte Carlo diseñado permitió calcular los factores de conversión buscados. Estos se acercan más a la unidad conforme el punto de referencia se aleja de la fuente. El no considerar este factor de corrección puede conducir a errores de más del 100% para distancias menores o iguales a 1 cm.

**Figura 1** Vista axial de la distribución dosis-temperatura alrededor de la fuente y con  $z=0$ .



**Tabla 1** Contribuciones relativas por partícula

Distancia (cm)	Promedio sobre línea	Valor en el centro	FC
0.75	2.33E-5	5.92E-5	2.54
1.00	1.65E-5	3.93E-5	2.38
1.25	1.17E-5	2.31E-5	1.97
1.50	9.38E-6	1.12E-5	1.19
2.25	5.29E-6	5.45E-6	1.03

### 050: Sistema multifuncional de terapia de blancos moleculares específicos basada en nanopartículas de oro radiomarcadas con $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ y funcionalizadas con Tat(49-57)-Lys<sup>3</sup>-bombesina

N. Jiménez-Mancilla<sup>a,b,\*</sup>, G. Ferro-Flores<sup>a</sup>, C. Santos-Cuevas<sup>a</sup>, B. Ocampo-García<sup>a</sup>, M. Luna-Gutiérrez<sup>a,b</sup> y E. Azorín-Vega<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Materiales Radiactivos, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup>Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: nallely\_jimenez@yahoo.com.mx

**Introducción:** Las nanopartículas de oro (AuNP) radiomarcadas y funcionalizadas, pueden funcionar como sistemas para radioterapia y ablación térmica<sup>1</sup>. El receptor del péptido liberador de gastrina (GRP-r) está sobreexpresado en las células de cáncer de próstata; la Lys<sup>3</sup>-bombesina es un péptido con alta afinidad específica al GRP-r<sup>1,2</sup>. El péptido Tat(49-57) es un péptido de penetración celular capaz de alcanzar el ADN. El  $^{177}\text{Lu}$  ha sido utilizado para el tratamiento en células de cáncer mostrando un eficiente efecto de fuego cruzado, mientras que el uso del  $^{99m}\text{Tc}$ , se ha limitado al diagnóstico, sin embargo la internalización de éste en el núcleo de las células de cáncer hace que actúe como un sistema efectivo de radioterapia de blancos moleculares debido al efecto biológico producido por los electrones Auger. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial *in vitro* de nanopartículas de oro radiomarcadas con  $^{99m}\text{Tc}$  y  $^{177}\text{Lu}$  y conjugadas a los péptidos Lys<sup>3</sup>-Bombesina ( $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ -AuNP-Tat-BN) como un sistema de radioterapia y terapia fototérmica plasmónica en células PC3 (células de cáncer de próstata).

**Materiales y métodos:** Las AuNP (5nm) fueron funcionalizadas con los péptidos a través de la reacción espontánea con el grupo tiol de la cisteína (C). Después del calentamiento con luz láser la viabilidad de las células PC3 fue cuantificada. El calentamiento de las células PC3 incubadas con AuNP-Tat-BN fue realizado mediante el uso de un láser pulsado de Nd:YAG con duración de pulso 5 ns a 532 nm (0.65 W/cm<sup>2</sup>). Para la obtención del  $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ -AuNP-Tat-BN, se prepararon primero los radiopéptidos  $^{177}\text{Lu}$ DOTA-Gly-Gly-Cys y  $^{99m}\text{Tc}$ -HYNIC-octreótido y simultáneamente fueron adicionados a AuNP-Tat-BN. Las células PC3 fueron incubadas con  $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ -AuNP-Tat-BN (20 Bq/célula) y el efecto en la proliferación celular fue evaluado después de 3 días.

**Resultados:** La figura 1 muestra las imágenes fluorescentes de la internalización nuclear del sistema  $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ -AuNP-Tat-BN. Después de la irradiación con láser, la presencia de AuNP-Tat-BN causó un incremento significativo en la temperatura del medio (46.4 °C vs. 39.5 °C obtenida sin AuNP) resultando una disminución significativa en la viabilidad de las células PC3 por debajo del 1.3%. Después del tratamiento con  $^{99m}\text{Tc}/^{177}\text{Lu}$ -AuNP-Tat-BN, se inhibió proliferación de las células PC3.

**Conclusiones:** El nanosistema presenta propiedades adecuadas para el tratamiento de cáncer de próstata debidas a la terapia fototérmica plasmónica y a la radioterapia de blancos moleculares específicos.

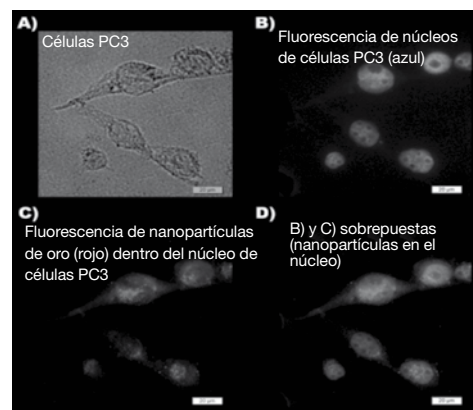
### Agradecimientos

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-SEP-CB-2010-01-150942).

### Bibliografía

1. Jiménez-Mancilla NP, Ferro-Flores G, Ocampo-García BE, et al. Multifunctional targeted radiotherapy system for induced tumors expressing gastrin-releasing peptide receptors. *Curr Nanosci* 2012;18:193.
2. Ferro-Flores G, Murphy CA, Melendez-Alafort L. Third Generation Radiopharmaceuticals for Imaging and Targeted Therapy. *Curr Pharm Anal* 2006;2:339.

**Figura 1** Representación del campo (40X) de células PC3 tratadas con AuNP-Tat-BN. **A)** En contraste de fase, **B)** núcleo de las células teñido con Hoechst, **C)** detección la autofluorescencia emitida por las AuNP's después de ser excitadas a 530 nm, y **D)** fusión de imagen nuclear y de fluorescencia.





## 060: Preparación del kit $^{99m}\text{TcEDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$ y su biocinética en mujeres con cáncer de mama

Z. Ortiz-Arzate<sup>a,b,\*</sup>, C. L. Santos-Cuevas<sup>a</sup>, B. E. Ocampo-García<sup>a</sup> y G. Ferro-Flores<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: iqzarethortiz@gmail.com

**Introducción:** En células de cáncer de mama se encuentran sobreexpresadas las integrinas  $\alpha(v)\beta(3)$  y/o  $\alpha(v)\beta(5)$ <sup>1-4</sup>. Los péptidos marcados con base en la secuencia Arg-Gly-Asp (RGD) han mostrado ser radiofármacos con alta afinidad y selectividad por estas integrinas<sup>5,6</sup>. El objetivo de este estudio fue establecer un modelo biocinético para el radiofármaco  $^{99m}\text{TcEDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$  y evaluar su dosimetría en 7 mujeres sanas y 3 pacientes con cáncer de mama.

**Materiales y métodos:** El marcado con  $^{99m}\text{Tc}$  se realizó por la adición de una solución de pertecnecio de sodio y una solución buffer de 0.2 M y pH 7.0 a la formulación liofilizada que contiene E-[c(RGDfK)]<sub>2</sub>, EDDA, tricina, manitol y cloruro estano. La pureza radioquímica fue evaluada por Cromatografía Líquida de Alta Resolución en fase reversa y por Cromatografía Instantánea en Capa Fina sobre Silica Gel. Se adquirieron imágenes a cuerpo entero de las 7 mujeres sanas a 0.5, 1, 3, 6 y 24 horas después de la administración del  $^{99m}\text{TcEDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$  obtenido con una pureza radioquímica > 94%. Se dibujaron regiones de interés (ROIs) alrededor de los órganos de interés en cada periodo de tiempo. Se convirtió cada ROI a actividad usando el método de vistas conjugadas. Se utilizó la secuencia de imágenes para extrapolar curvas de actividad-tiempo del  $^{99m}\text{Tc-EDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$  en cada órgano para ajustar a un modelo biocinético y calcular el número total de desintegraciones (N) que ocurrieron en las regiones fuente. Se introdujeron los datos de N en el código OLINDA EXM para estimar la dosis de radiación interna. Se obtuvieron imágenes estáticas a una hora, en posición supina con las manos detrás de la cabeza, de 3 pacientes con cáncer de mama confirmado histológicamente.

**Resultados:** El mostró alta estabilidad en suero humano y captación específica por las integrinas. En las voluntarias sanas el radiofármaco tuvo una vida media sanguínea de 1.60 minutos para el componente rápido, de 1.0 hora y 4.03 horas para el primer y segundo componente lento, respectivamente. Las imágenes de pacientes con cáncer de mama mostraron una relación tumor/sangre promedio de  $3.61 \pm 0.62$  a una hora (fig. 1). Las dosis equivalentes promedio calculadas para estas pacientes usando 740 MBq fueron de 6.2, 20.7, 34.5, 4.9, y 57.0 mSv para intestino, bazo, riñones, hígado y tiroides respectivamente y la dosis efectiva fue de 6.1 mSv.

**Conclusiones:** El  $^{99m}\text{Tc-EDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$  obtenido a partir del kit formulado presenta una alta captación en pacientes con lesiones malignas, por lo que es un radiofármaco

prometedor para imagen de blancos específicos de cáncer de mama. Los resultados obtenidos justifican un estudio clínico posterior para determinar la especificidad/sensibilidad de  $^{99m}\text{Tc-EDDA/HYNIC-E-[c(RGDfK)]}_2$ .

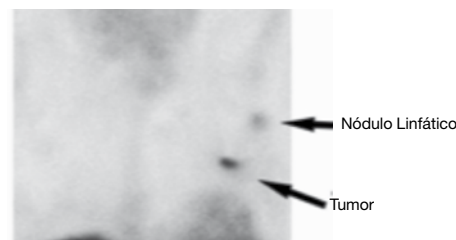
## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de ciencia y Tecnología por soportar el proyecto (CONACYT-SEP-CB-2010-01-150942).

## Bibliografía

1. Taherian A, Li X, Liu Y, et al. Differences in integrin expression and signaling within human breast cancer cells. *BMC Cancer* 2011;11:293:1-15.
2. Hwang R, Varner J. The role of integrins in tumor angiogenesis. *Hematol Oncol Clin N Am* 2004;18:991-1006.
3. Jin H, Varner J. Integrins: roles in cancer development and as treatment targets. *Br J Cancer* 2004;90:561-565.
4. Pointer SM, Muller WJ. Integrins in mammary-stem-cell biology and breast-cancer progression-a role in cancer stem cells?. *Integrins in Stem cell and cancer initiation. J Cell Sci* 2009;122:207-214.
5. Haubner R, Kuhnast B, Mang C. [18F]Galacto-RGD: synthesis, radiolabeling, metabolic stability, and radiation dose estimates. *Bioconjugate Chem* 2004;15:61-69.
6. Li Z, Cai W, Cao Q, et al.  $^{64}\text{Cu}$ -labeled tetrameric and octameric RGD peptides for small-animal PET of tumor  $\alpha v \beta 3$  integrin expression. *J Nucl Med* 2007;48:1162-1171.

**Figura 1** Captación específica del radiofármaco en el tumor de paciente con cáncer de mama izquierda.



## 070: Evaluación del efecto fototérmico y radioterapéutico del sistema $^{177}\text{Lu-AuNP-RGDfK(C)}$ en células de cáncer de mama

M. Luna-Gutiérrez<sup>a,b</sup>, G. Ferro-Flores<sup>a,\*</sup>, B. Ocampo-García<sup>a</sup>, C. Santos-Cuevas<sup>a</sup>, N. Jiménez-Mancilla<sup>a,b</sup>, E. Azorín-Vega<sup>a</sup> y K. Isaac-Olivé<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Materiales Radiactivos, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia: Correo electrónico:

ferro\_flores@yahoo.com.mx, guillermina.ferro@inin.gob.mx

**Introducción:** La conjugación de péptidos a nanopartículas de oro (AuNPs) produce sistemas multiméricos estables y bicompatibles con reconocimiento de blancos moleculares específicos. Los péptidos basados en la secuencia cíclica Arg-Gly-Asp (RGD) se han reportado como agentes con alta afinidad para integrinas  $\alpha(v)\beta(3)$  y  $\alpha(v)\beta(v)$  que están sobreexpresadas en células de cáncer<sup>1</sup>. El objetivo de esta

investigación fue evaluar el potencial *in vitro* de las nanopartículas de oro marcadas con  $^{177}\text{Lu}$  y conjugadas al péptido ciclo-[RGDFK(C)] ( $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)]) como un sistema de terapia fototérmicaplasmónica y radioterapia dirigida en células de cáncer de mama MCF7.

**Materiales y métodos:** Los péptidos de RGD se conjugaron por reacción espontánea de los grupos tiol de la cisteína (C) con la superficie de las AuNPs (20 nm). Se realizó la caracterización del sistema por medio de técnicas espectroscópicas. Se evaluó la viabilidad celular en células MCF7 tratadas con  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-RGD después de ser irradiadas con un láser. Se evaluó la viabilidad celular en células MCF7 después de ser tratadas con  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)],  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP y  $^{177}\text{Lu}$ -RGD. Se determinó la internalización de  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)] en las células por microscopía de fluorescencia. **Resultados:** Las técnicas espectroscópicas mostraron que las AuNPs se funcionalizaron con los péptidos. Después de la irradiación láser, la presencia de c[RGDFK(C)]-AuNP en las células causó un incremento significativo en la temperatura del medio y una disminución en la viabilidad celular (fig. 1A). La proliferación celular en las células MCF7 se inhibió significativamente después del tratamiento con el sistema  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-RGD (fig. 1B). La imagen de microscopía de fluorescencia mostró la internalización del sistema  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)] en el citoplasma de las células MCF7 (fig. 2). **Conclusiones:** Este estudio demostró que el sistema  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)] exhibe propiedades adecuadas para la terapia fototérmica plasmónica y radioterapia localizada en el tratamiento del cáncer de mama.

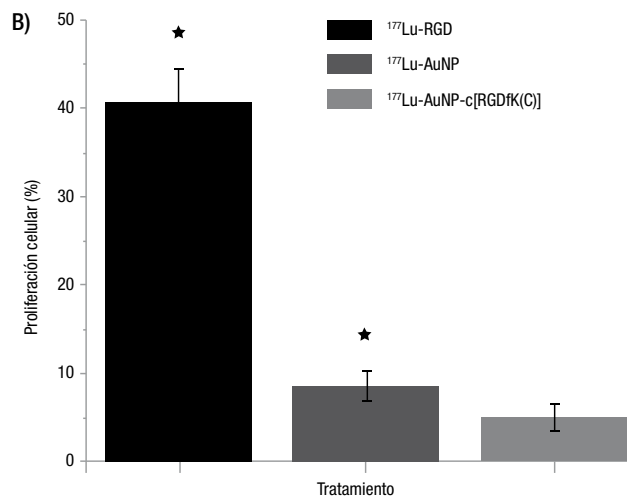
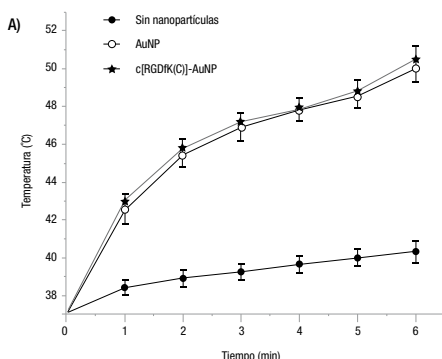
## Agradecimientos

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-SEP-CB-2010-01-150942).

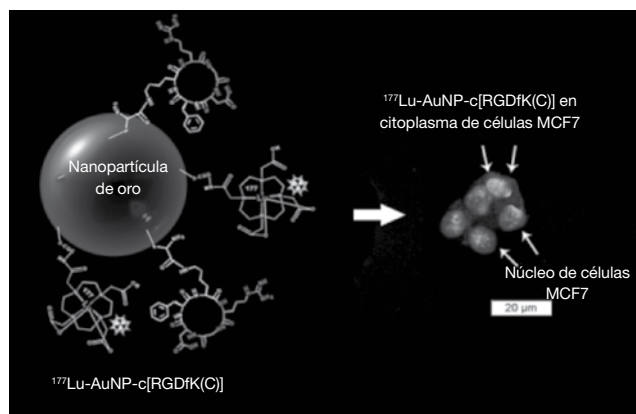
## Bibliografía

- Luna-Gutierrez M, Ferro-Flores G.  $^{177}\text{Lu}$ -labeled monomeric, dimeric and multimeric RGD peptides for therapy of tumor expressing  $\alpha(v)\beta(3)$  integrins. *J Label Compd Radiopharm* 2012;50:140-148.

**Figura 1** A) Los tratamientos con AuNP aumentan la temperatura del medio a  $50.5^\circ\text{C}$  en comparación con  $40.3^\circ\text{C}$  obtenidos en los tratamientos sin AuNP. B) La proliferación celular en las células MCF7 se inhibió significativamente después de exponerlas al tratamiento con el sistema  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-RGD.



**Figura 2** A la izquierda se muestra la estructura química del sistema  $^{177}\text{Lu}$ -AuNP-c[RGDFK(C)], a la derecha se muestra la imagen de microscopía de fluorescencia donde los núcleos de las células están teñidos de color azul, y la fluorescencia propia de las AuNP se detecta en color rojo, mostrando que las AuNP están inmersas en el citoplasma celular.



## 080: Termoablación inducida con un campo de radiofrecuencia en células de cáncer de mama utilizando nanopartículas de oro marcadas con $^{177}\text{Lu}$ y conjugadas al péptido c[RGDFK(C)]

L. Sánchez-Hernández<sup>a,b</sup>, C. Santos-Cuevas<sup>a</sup>, G. Ferro-Flores<sup>a,\*</sup> y E. Azorín-Vega<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Materiales Radiactivos, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia: *Correos electrónicos:* ferro\_flores@yahoo.com.mx; guillermina.ferro@inin.gob.mx

**Introducción:** En este trabajo se utilizó un generador de radiofrecuencia (RF) de 13.56 MHz para inducir termoablación en células de cáncer de mama MCF7 tratadas con nanopartículas de oro (AuNP) conjugadas al péptido c[RGDFK(C)]. Dicho péptido se une de manera específica a las integrinas  $\alpha(v)\beta(3)$  y  $\alpha(v)\beta(5)$  sobreexpresadas en la membrana celular de células de cáncer de mama.

**Materiales y métodos:** La conjugación del péptido c[RGDfK(C)] a la superficie de nanopartículas de oro se realizó por reacción espontánea de los grupos -SH con los átomos de Au de la superficie de la AuNP para formar el enlace covalentes Au-S-.

Como primer paso se evaluó el efecto de la RF de 13.56 MHz (usando potencias de 0 a 200 W a intervalos de 50 W) sobre el incremento de la temperatura de soluciones coloidales de AuNPs de 5 y 20 nm a 2 diferentes concentraciones. Se utilizó un termopar tipo K conectado a un multímetro para medir la variación de temperatura, después de que cada muestra fue expuesta por un minuto al campo de RF.

La proliferación celular se evaluó en células MCF7 tratadas con agua inyectable, AuNP o AuNP-c[RGDfK(C)] después de ser expuestas un minuto a un campo de RF utilizando un generador de RF con resistencia de acoplamiento en un arreglo capacitivo. Utilizando un osciloscopio se midió el voltaje aplicado en el arreglo capacitivo y se determinó la intensidad del campo eléctrico.

**Resultados:** Se observó un incremento de la temperatura dependiente de la potencia aplicada a las soluciones de AuNP y un incremento significativo menor de la temperatura para las soluciones sin AuNP (fig. 1).

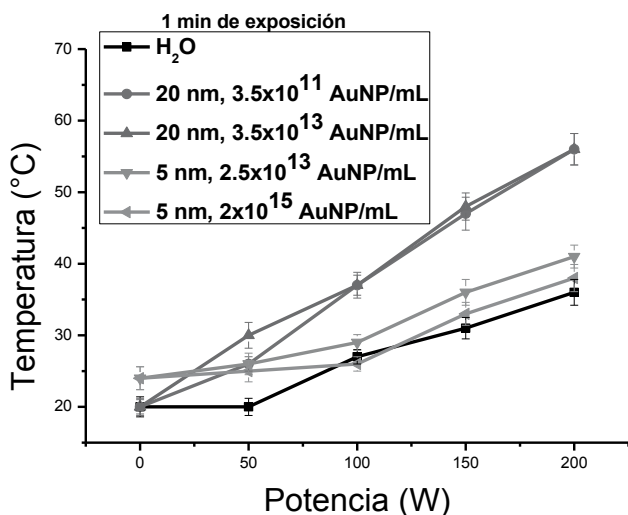
En las células MCF7 tratadas con AuNP se observó un decremento significativo en la proliferación celular después de ser expuestas por un minuto a un campo de RF (intensidad de campo eléctrico=100 V/cm) (fig. 2).

**Conclusiones:** Se demostró que las soluciones coloidales de nanopartículas de oro de 20 nm producen un incremento significativo de la temperatura del medio ( $> 50^{\circ}\text{C}$ ) al ser expuestas a un campo de RF en magnitud suficiente para inhibir significativamente la proliferación in vitro de células de cáncer de mama MCF7.

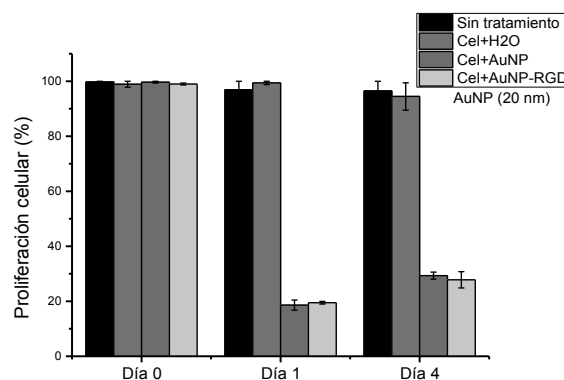
## Financiamiento

Proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-SEP-CB-2010-01-150942).

**Figura 1** Incremento de la temperatura del medio de soluciones de AuNPs expuestas a un campo de RF.



**Figura 2** Inhibición significativa de la proliferación de las células MCF7 después de exponerlas al tratamiento con nanopartículas de oro (AuNP) en un campo de RF.



## 090: Método de sustracción pixel-a-pixel para mamografía digital con medio de contraste

J. P. Cruz-Bastida\*, I. Rosado-Méndez, H. Pérez-Ponce y M. E. Brandan

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: jpabloacruz@fisica.unam.mx

**Introducción:** La mamografía digital con medio de contraste (CEDM, por sus siglas en inglés) es una técnica alternativa a la mamografía convencional, que se caracteriza por la inyección de un medio de contraste (MC) yodado y la sustracción digital de imágenes. Se basa en el realce de la captación de MC esperada en lesiones malignas, debido a angiogénesis<sup>1</sup>. Dicha técnica ha mostrado tener potencial para la detección temprana de tumores mamarios<sup>1,2</sup>. En este trabajo se propone y evalúa un formalismo de sustracción de imágenes para CEDM temporal, que considera la estructura compleja de la mama. Este formalismo se basa en ponderación pixel-a-pixel, de acuerdo a un esquema de resta de imágenes a energía dual, y corresponde a una versión mejorada de un formalismo previo (basado en el análisis de regiones de interés)<sup>3</sup>.

**Materiales y métodos:** En el formalismo propuesto, la ponderación requerida para sustraer imágenes a energía dual se logra a partir de una matriz de pesos, obtenida a su vez de imágenes máscara que proveen información radiológica de la adquisición de mamografías con diferentes espectros. La comparación entre el formalismo propuesto y el formalismo previo se llevó a cabo con un maniquí, cuyo fondo simula estructuras complejas en las imágenes radiológicas resultantes. La supresión de las estructuras de fondo fue caracterizada en términos de métricas de textura, obtenidas a partir de la matriz de coocurrencia de tonos de gris. El realce en las zonas con MC del maniquí fue evaluado en términos de contraste.

**Resultados:** El formalismo de sustracción propuesto incrementó el contraste en las imágenes restadas (cerca de 2 veces para una concentración de 2.2 mg/cm<sup>2</sup>) (fig. 1) comparado con el formalismo previo. Además se observó una mejor supresión del ruido de fondo para el formalismo

propuesto en comparación con su versión previa. El enfoque matricial propuesto también permitió hallar coincidencia cuantitativa, en términos de contraste, entre CEDM temporal a energía dual y a una sola energía, y se encontró una relación fuertemente lineal entre contraste y espesor másico de yodo para ambos tipos de resta.

**Conclusiones:** Se propuso un formalismo para CEDM temporal a energía dual, basado en ponderación pixel-a-pixel, y validado con maniquí cuyo fondo posee estructura. El enfoque matricial permite considerar la complejidad del ruido anatómico de la mama, y en consecuencia: (a) se compensa de forma correcta el cambio en el valor de pixel debido al uso de diferentes espectros de rayos X, (b) se evitan posibles ambigüedades debidas a la selección de regiones de interés, y (c) se confirma el carácter cuantitativo de la técnica.

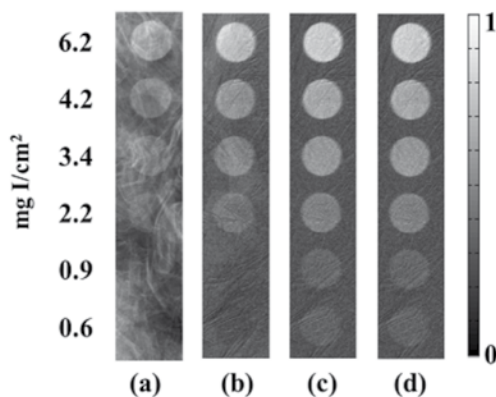
## Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por los apoyos UNAM-DGAPA PAPIIT IN102610 e IN105813. JPCB contó con beca para estudios de maestría, por parte de Conacyt.

## Bibliografía

1. Dromain C, Balleyguier C, Muller S, et al. Evaluation of tumor angiogenesis of breast carcinoma using contrast-enhanced digital mammography. *Am J Roentgenol* 2006;187:W528-37.
2. Dromain C, Balleyguier C, Adler G, et al. Contrast-enhanced digital mammography. *Eur J Radiol* 2009;69:34-42.
3. Rosado-Méndez I, Palma BA, Brandan E. Analytical optimization of digital subtraction mammography with contrast medium using a commercial unit. *Med Phys* 2008;35:5544-5557.

**Figura 1** Imágenes del maniquí de evaluación: (a) es una imagen de alta energía; (b), (c) y (d) son imágenes restadas con el formalismo previo, el formalismo propuesto y CEDM temporal a una sola energía, respectivamente. La escala de gris representa el valor de pixel normalizado en las imágenes restadas.



## 100: Estudio de la curva de brillo del $\text{CaF}_2:\text{Tm}$ expuesto a rayos X de interés mamográfico

I. D. Muñoz<sup>a</sup>, I. Gamboa-deBuen<sup>b</sup>, O. Ávila<sup>c</sup> y M. E. Brandan<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>c</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: ivdomumo@fisica.unam.mx

**Introducción:** En este trabajo se exploran las propiedades básicas del material dosimétrico llamado TLD-300 y su posible aplicación como indicador de la calidad del haz en estudios de mamografía<sup>1-3</sup>. Para esto, se expusieron TLDs-300 a haces clínicos de mamografía dentro de un maniquí. Se ha observado sensibilidad del  $\text{CaF}_2$  para detectar diferencias de hasta 2.0 keV en la energía efectiva del haz.

**Materiales y métodos:** Se utilizaron dosímetros termoluminiscentes (TLDs) de  $\text{CaF}_2:\text{Tm}$  (TLD-300), con dimensiones de  $3.1 \times 3.1 \times 0.89 \text{ mm}^3$ . Los dosímetros fueron horneados durante una hora a  $400^\circ\text{C}$  y se enfriaron rápidamente a una temperatura controlada de  $18 \pm 1^\circ\text{C}$ . La lectura de los dosímetros se llevó a cabo con un equipo lector Harshaw 3,500, con flujo constante de  $\text{N}_2$  y a una tasa de calentamiento de  $8^\circ\text{C/s}$  hasta  $400^\circ\text{C}$ . Se realizó la deconvolución de las curvas de brillo para obtener 6 picos individuales. Finalmente se calculó el cociente entre los picos  $5+6+7$  y  $3a+3$ .

Para simular un estudio mamográfico se utilizó un mastógrafo GE Senographe 2000D y un maniquí mamográfico semicircular (19.0 cm de diámetro y 4.5 cm de espesor), fabricado de PMMA. Los TLDs se colocaron a diferentes profundidades dentro del maniquí, hasta 3.5 cm. Para irradiar los TLDs se utilizaron 2 haces mamográficos, de combinación ánodo/filtro/kV Mo/Mo/22kV y Rh/Rh/40kV.

Los espectros de los haces en la superficie del maniquí se calcularon utilizando la parametrización espectral de Boone<sup>4</sup>. Para calcular los espectros a diferente profundidad sólo se consideró el endurecimiento del haz dentro del maniquí.

**Resultados:** El cociente entre picos como función de la energía efectiva del haz se muestra en la figura 1. En todos los casos el cociente disminuye al aumentar la energía efectiva. La diferencia del cociente de picos en la superficie con respecto a la profundidad máxima en el maniquí es de 5.3% para Mo/Mo y 4.4% para el haz de Rh/Rh.

**Conclusiones:** Se ha observado que por medio del cociente entre picos del  $\text{CaF}_2:\text{Tm}$ , es posible detectar diferencias de hasta 2.0 keV en la energía del haz.

## Agradecimientos

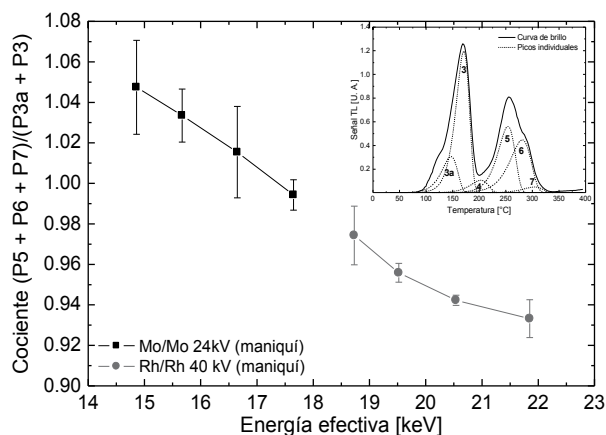
Este trabajo cuenta con el apoyo de DGAPA-UNAM IN105813. Se agradece a G Massillon, E López, C Ruiz y T Murrieta.

## Bibliografía

1. Massillon JL, Gamboa-deBuen I, Buenfil AE, et al.  $\text{CaF}_2:\text{Tm}$  (TLD-300) thermoluminescent response and glow curve induced by gamma rays and ions. *Nucl Instrum Methods Phys Res A* B266 2008;772-780.
2. Furetta C. A Study of the Peak Ratios in  $\text{CaF}_2:\text{Tm}$  (TLD-300) as a Function of Beta Energy. *Radiat Prot Dosimetry* 1985;11:263-266.

- YS Horowitz, Moscovitch JW. Highlights and pitfalls of 20 years of application of computerised glow curve analysis to thermoluminescence. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;153(1):1-22.
- Boone JM, Fewell TR, Jennings RJ. Molybdenum, rhodium, and tungsten anode spectral models using interpolating polynomials with application to mammography. *Med Phys* 1997;24(12):1863-1874.

**Figura 1** Cociente entre picos como función de la energía. Las líneas sólidas indican cambios debidos a la presencia del maniquí. En el inset, ejemplo de curva de brillo y los 6 picos individuales.



### 110: Validación de los cálculos de índice de rendimiento miocárdico para fetos normales del estado de Durango

H. Herrera<sup>a</sup> y A. E. González<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Centro Estatal de Cancerología de Durango, Durango, Dur., México

<sup>b</sup> Hospital General de Durango, Durango, Dur., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: ramgih@yahoo.com

**Introducción:** El índice de rendimiento miocárdico modificado (IRMm) permite la evaluación de la función sisto-diastólica cardíaca, mediante Doppler pulsado, en una sola vista ultrasónica del ventrículo izquierdo y es utilizado como marcador precoz de alteraciones funcionales. Este trabajo pretende validar el cálculo puntual mediante un análisis a posteriori sobre las imágenes originales.

**Materiales y métodos:** A partir de análisis muestral donde se consideró que para obtener un error máximo de 0.02, con 99% de confianza y, a partir de una desviación estándar máxima de 0.08, se necesitaban, al menos, 107 pacientes; se estudiaron 123 pacientes embarazadas entre las 20 y las 40 semanas de gestación sin factores de riesgo asociados. Los cálculos iniciales fueron realizados por el cardiólogo durante el estudio ultrasonográfico y se archivaron las imágenes de cada paciente para su posterior análisis (fig. 1).

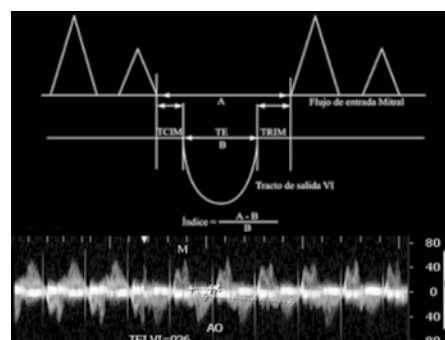
La variabilidad entre resultados se estimó utilizando la siguiente expresión:  $s = (s_1^2 + s_2^2)^{1/2}$ . Donde  $s_1^2$ ,  $s_2^2$  son las varianzas de los datos obtenidos por el cardiólogo y en el análisis posterior respectivamente. El análisis posterior se realizó en Matlab® utilizando herramientas de análisis de imágenes.

Para la validación se utilizaron todos los segmentos de cada imagen, incluyendo el utilizado por el cardiólogo para su cálculo original.

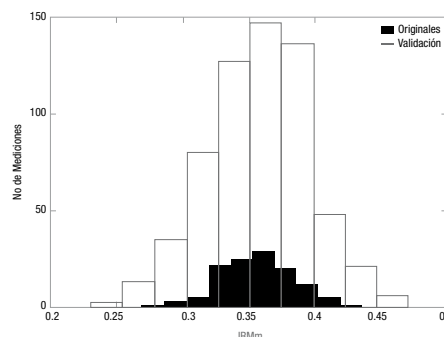
**Resultados:** El valor estimado para el IRMm fue de  $0.36 \pm 0.07$ , considerando el intervalo de confianza del 99%. La variabilidad encontrada fue de 0.04 (fig. 2).

**Conclusiones:** El IRMm para fetos normales fue obtenido con muy alta precisión y coincide con el publicado por otros autores. Los resultados ofrecen confianza para utilizarlo como herramienta de detección de alteraciones funcionales cardíacas, tanto en fetos de alto riesgo como en los supuestamente normales.

**Figura 1** Ejemplo de imagen ultrasonográfica a analizar y definición gráfica del IRMm.



**Figura 2** Comparación histográfica de los resultados originales y de validación.



### 120: Cálculo de T2 a las nanopartículas de óxido de hierro para utilizarlas como medio de contraste en imágenes de resonancia magnética

S. Hidalgo<sup>a,b,\*</sup>, E. Gutiérrez<sup>c</sup>, M. Méndez-Rojas<sup>d</sup>, P. Dies<sup>c</sup>, B. Celis<sup>e</sup>, M. Obregón<sup>c</sup> y P. Ibañez<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Hospital Infantil de México "Federico Gómez", México D.F., México

<sup>b</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>d</sup> Universidad de las Américas de Puebla, San Andrés Cholula, Pue., México

<sup>e</sup> Facultad de Física, Benemérita Universidad Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, Pue., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: shid@xanum.uam.mx

**Introducción:** El desarrollo de nanomateriales magnéticos como medios de contraste para MRI tiene mucho potencial de desarrollo en México. En este trabajo, se presentan nuestros resultados en el desarrollo de nanopartículas de magnetita con 2 tipos de recubrimientos (PEG, TREG), su caracterización y evaluación de relaxometría.

**Materiales y métodos:** La preparación y funcionalización se realizó con la técnica de descomposición térmica de precursores inorgánicos de hierro en disolventes de alto punto de ebullición (técnica del poliol)<sup>1,2</sup>, probando diferentes condiciones en la síntesis, logrando así diferentes tamaños de partícula. Para el estudio realizado se eligió el compuesto acetil acetato de hierro III ( $\text{Fe}(\text{acac})_3$ ) como precursor de hierro y como polioles se utilizó el (TREG) y (PEG 6000). A partir de diluciones de concentración conocida de los 2 tipos de SPIONs en medio Agar, se preparó un maniquí con el que se obtuvieron varias imágenes de resonancia magnética en un equipo Philips® de 1.5 T en el Hospital Infantil de México “Federico Gómez”, en la Ciudad de México. Para calcular la relaxometría a las imágenes obtenidas, se empleó un algoritmo en Matlab®, donde en primer lugar se calcula el decaimiento de la intensidad de señal  $S$  y se ajusta a una curva monoexponencial  $S(\text{TE})=S(0)e^{-R2 \cdot \text{TE}}$ . La magnitud de la señal *spin-echo* se puede utilizar para una medición precisa del tiempo de relajación T2 (tiempo de desaparición de la magnetización transversal después de una perturbación) o la tasa  $R2=1/T2$ . Algunos estudios *in vivo*<sup>3,4</sup>, así como *in vitro*<sup>5</sup> han demostrado que existe un alto grado de correlación entre la concentración de hierro en tejido y R2.

**Resultados:** Cuando variamos la concentración del precursor de hierro, el recubrimiento, y el tiempo de calentamiento; el tamaño de la nanopartícula cambia.

Los resultados muestran que los tiempos de relajación T2 cambian con el tamaño y concentración de las SPIONs, predominando la tendencia de que si disminuye la concentración, el tiempo T2 también lo hace (fig. 1).

**Conclusiones:** El estudio sentará las bases para poder utilizar las SPIONs como medio de contraste en la formación de imágenes clínicas empleando los equipos de 1.5 o 3 T disponibles en hospitales de México.

## Agradecimientos

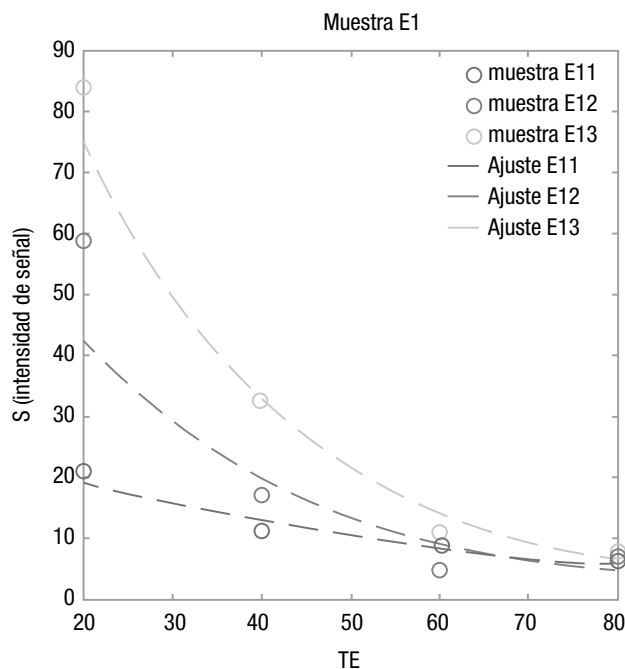
Agradecemos el apoyo brindado por Jeff L. Coffey y Roberto González Rodríguez (*Department of Chemistry, Texas Christian University, Fort Worth, Texas*) por su apoyo para la caracterización por HRTEM. Este trabajo se realizó con financiamiento del Fondo Sectorial de Investigación en Ciencia Básica SEP-CONACYT, Proyecto N° 154602 (“Nanopartículas magnéticas para aplicaciones en terapia hipertérmica, imagenología y transporte de fármacos: Estudio de las condiciones fundamentales de control de morfología, tamaño y estabilización”) (2012-2015).

## Bibliografía

1. Wei Cai JW. Facile synthesis of superparamagnetic magnetite nanoparticles in liquid polyols. *Journal of Colloid and Interface Science* 2007;305:366-370.
2. Zhen L. One-pot Reaction to Synthesize Biocompatible Magnetite Nanoparticles. *Advanced Materials* 2005;17:1001-1005.

3. Engelhardt R. Evaluation of iron overload by single voxel MRS measurement of liver T2. *Magn Reson Imag* 1994 ;12:999-1007.
4. Papakonstantinou OG. Serum iron markers are inadequate for guiding iron repletion in chronic kidney disease. *Magn Reson Imag* 1995 ;13:967-977.
5. Clark PR. MRI Detects Myocardial Iron in the Human Heart. *Magn Reson Imag. Magn Reson Imag* 2003;49:572-575.

**Figura 1** La gráfica indica el decaimiento de señal de la muestra E1, para diferentes concentraciones.



## 130: Evaluación de la dosis glandular promedio usando un maniquí con dosímetros termoluminiscentes

E. López-Pineda\*, C. Ruiz Trejo y M. E. Brandan

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: edlope@fisica.unam.mx

**Introducción:** Se diseñó un maniquí plástico para evaluar la dosis glandular promedio (DGP) utilizando dosímetros termoluminiscentes<sup>1</sup>. El objetivo del trabajo fue diseñar una opción de fácil implementación que eliminara la necesidad de trasladar equipo costoso (cámara de ionización) y personal profesional calificado (físico médico) a un centro de mamografía para evaluar un equipo. El maniquí se puede mandar, junto con un conjunto de instrucciones, para que el técnico radiólogo a cargo de un mastógrafo pueda realizar la irradiación y después enviar de regreso el maniquí para su análisis en nuestro laboratorio.

**Materiales y métodos:** El maniquí consta de placas semicirculares de PMMA. Una de las placas posee nichos para albergar a 15 dosímetros termoluminiscentes TLD-100. Tres de los dosímetros están calibrados para determinar el kerma en aire a la entrada del maniquí y 12 se colocan bajo diversos

grosos de aluminio para determinar la capa hemirreductora del haz. La calibración se hizo por medio de una cámara de ionización en un mastógrafo clínico Senographe 2000D que se encuentra en el Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México. El maniquí se puso a prueba en 5 centros clínicos. En éstos, el maniquí fue irradiado junto con la cámara de ionización para evaluar la DGP de las 2 maneras y así comparar la respuesta del método propuesto respecto del método tradicional (fig. 1).

**Resultados:** Los resultados de las pruebas piloto se muestran en la tabla 1.

La incertidumbre en la DGP medida con el maniquí es de aproximadamente un 10%. La diferencia porcentual entre los resultados del maniquí y la cámara de ionización es, típicamente, del 4%.

**Conclusiones:** El maniquí demostró ser una opción viable para realizar el control dosimétrico de equipos mamográficos. No sólo permite medir la DGP con incertidumbre razonable, sino que permite enviar el dispositivo sin necesidad transportar equipo ni personal al mastógrafo a evaluar. Las incertidumbres y capacidades de medida son consistentes con trabajos independientes previos<sup>2,3</sup>.

## Agradecimientos

Se agradece al proyecto PAPIIT IN105813 y a CONACYT por la financiación del proyecto. A Ana Elena Buenfil por su ayuda técnica. Al Instituto Nacional de Cancerología, a la Unidad de Especialidades Médicas para la Detección y Diagnóstico del Cáncer de Mama de la ciudad de Querétaro, a la Unidad Móvil de Mastografía ISEM y a la Fundación del Cáncer de Mama, por permitirnos realizar las pruebas piloto del método.

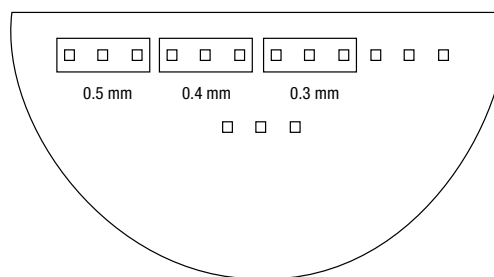
## Bibliografía

1. Wochos J. Mailed thermoluminescent dosimeter determination of entrance skin exposure and half-value layer in mammography. *Am J Roentgenol* 1978;131(4):617-619.
2. Camargo-Mendoza R. Measurement of some dosimetric parameters for two mammography systems using thermoluminescent dosimetry. *Radiation Measurements* 2011;46:2086-2089.
3. Tung C. Half-value Layer Determination using Thermoluminescent Dosimeters for Digital Mammography. *Radiation Measurements* 2010;45:729-732.

**Tabla 1** Medición de la DGP por medio de cámara de ionización y por medio del maniquí

Equipo clínico	DGP medida con cámara de ionización (mGy)	DGP medida con el maniquí (mGy)
1	1.83 ± 0.02	1.82 ± 0.08
2	1.59 ± 0.04	1.53 ± 0.08
3	1.23 ± 0.06	1.27 ± 0.10
4	1.73 ± 0.01	1.65 ± 0.10
5	1.56 ± 0.01	1.58 ± 0.16

**Figura 1** Diseño del maniquí dosimétrico. Cada cuadrado representa un nicho. Los rectángulos representan las películas de aluminio.



## 140: Dosimetría interna personalizada en 3D para pacientes con cáncer diferenciado de tiroides tratados con <sup>131</sup>I

J. J. del Real<sup>a,\*</sup>, A. Rodríguez<sup>b</sup>, E. Estrada<sup>b</sup> y L. A. Medina<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Cancerología (INCan), México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: josedejesus.delreal@yahoo.com

**Introducción:** El tratamiento del cáncer diferenciado de tiroides (CDT) con <sup>131</sup>I que se utiliza en el Instituto Nacional de Cancerología (INCan), se realiza de manera estandarizada, sin considerar que la variabilidad del metabolismo en cada paciente determina la captación en el tumor y la biodistribución en el organismo. En este trabajo se realizaron estudios de biodistribución en 3D SPECT-CT y se calculó la dosis por unidad de actividad que reciben los pacientes.

**Materiales y métodos:** Se caracterizó el SPECT-CT modelo Symbia truepoint de la marca Siemens, perteneciente al Departamento de Medicina Nuclear del INCan. Los pacientes incluidos en el proyecto fueron diagnosticados con CDT, sometidos a una tiroidectomía total, ablación de tejido remanente con 100 mCi de <sup>131</sup>I, y acuden al INCan a un seguimiento del CDT mediante gammagrafía.

A los pacientes se les realizaron 3 adquisiciones SPECT-CT post administración de 5 mCi de <sup>131</sup>I. A partir de las reconstrucciones SPECT-CT se delinearón órganos de interés y se cuantificó actividad acumulada, para tener la biodistribución individual.

Utilizando los datos de biodistribución personalizada, el programa de dosimetría interna OLINDA calculó la dosis por unidad de actividad que recibe el paciente.

Se calcularon las dosis a órganos en riesgo (OER) y tejido recurrente. Los OER son médula ósea y pulmón cuyas dosis máximas son 2 y 25 Gy, respectivamente. La dosis tumoricida para CDT son 85 Gy.

**Resultados:** Para los 10 pacientes estudiados, el cálculo de actividad máxima tolerable en los OER resultó ser mayor que la actividad máxima que se prescribe de forma estandarizada (fig. 1).

El paciente 10 presentó recurrencia en lecho tiroideo; para este caso, la prescripción clínica usada en el INCan es

de 100 mCi, mientras que con el cálculo de dosimetría personalizada se recomienda una actividad de  $219 \pm 16$  mCi para depositar  $85 \pm 6$  Gy (tabla 1).

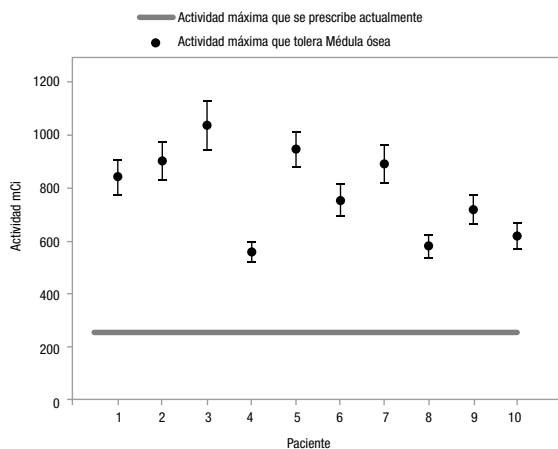
**Conclusiones:** La variabilidad en la captación y rapidez de eliminación del  $^{131}\text{I}$ , i.e. el metabolismo propio de cada paciente, es un factor que se debe tomar en cuenta al prescribir un tratamiento.

El protocolo actual de tratamiento del CDT utilizado en el INCan maneja una actividad máxima muy conservadora. De acuerdo a los resultados de este trabajo, el cálculo dosimétrico personalizado indicó que es posible el uso de actividades mayores, para lograr la dosis necesaria para controlar el tumor, sin afectar los OER.

## Agradecimientos

Dpto. de Medicina Nuclear INCan, proyecto CONACyT No. 127409, 154557, PAPIIT 111512.

**Figura 1** Actividad máxima tolerable por médula.



**Tabla 1** Comparativo de dosis personalizada (calculada) vs. dosis estándar para el paciente con recurrencia tumoral

	Actividad prescrita	Dosis a tejido tumoral
Protocolo actual	100 mCi	$39 \pm 3$ Gy
Dosimetría personalizada	$219 \pm 16$ mCi	$85 \pm 6$ Gy

## 150: Metodología de desincorporación radiactiva

E. A. Jiménez-Figueroa<sup>a</sup>, L. C. Paredes-Gutiérrez<sup>b,\*</sup> y A. Cortés<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> ININ, Méx., México

<sup>c</sup> CNSNS, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: lydia.paredes@inin.gob.mx

**Introducción:** En México no se cuenta con un documento oficial que recomiende las metodologías clínicas específicas para acelerar la desincorporación de radionúclidos en trabajadores o público, con presencia de contaminación interna derivada de un accidente nuclear o radiológico, con el propósito de disminuir la dosis absorbida y los efectos biológicos. Hay cerca de 3,000 núclidos pero sólo unos cuantos son considerados de importancia para la contaminación interna, en aplicaciones en medicina, industria e investigación.

**Materiales y métodos:** Se realizó un análisis detallado de diferentes vías de incorporación radiactiva; ingestión, inhalación y absorción por piel y heridas, así como las diferentes etapas de ingestión, transferencia, absorción y excreción de los radionúclidos. Se revisaron los modelos biocinéticos aplicables y se seleccionaron las siguientes metodologías de desincorporación de radionúclidos:

- **Reducción y/o inhibición de absorción** del radionúclido en el tracto gastrointestinal.
- **Bloqueo de la absorción del órgano de interés.** Ejemplo: administración de pastillas de yoduro de potasio para bloqueo de la glándula tiroides.
- **Dilución isotópica.** Ejemplo: administrar suero vía intravenosa para aumentar el líquido de hidratación, en el caso de contaminación interna con H-3.
- **Alteración química de la sustancia.** Ejemplo: prevenir la formación de iones uranio en los riñones, empleando el bicarbonato de sodio.
- **Desplazando el radionúclido del receptor.** Ejemplo: administrando oralmente yodo estable para desplazar al Tc-99m.
- **Técnicas de quelación tradicional.** Ejemplo: administrando el quelante DTPA para desincorporación interna del plutonio.
- **Descontaminación rápida de radionúclidos en el caso de heridas,** con el propósito de minimizar la absorción.
- **Lavado broncoalveolar** para los casos graves de contaminación con partículas radiactivas insolubles inhaladas.

**Resultados:** Se identificaron, clasificaron y seleccionaron las metodologías de tratamiento clínico para acelerar la desincorporación radiactiva de personas, con presencia de contaminación interna derivada de accidentes nucleares o radiológicos. La metodología seleccionada tiene por objetivo:

- Impedir la absorción.
- Impedir la incorporación.
- Disminuir la vida media biológica efectiva.
- Disminuir la dosis absorbida al paciente.
- Disminuir en lo posible los efectos biológicos de la radiación (estocásticos y determinísticos).

La efectividad de estas metodologías es directamente proporcional a su aplicación preventiva de bloqueo, antes del accidente, o bien posterior al accidente, lo más rápido posible. Sin embargo, el diagnóstico clínico oportuno y especializado, es uno de los factores más importantes en lograr que altos porcentajes de desincorporación de los radionúclidos de los pacientes.



Es indispensable contar con un grupo interdisciplinario que aborde el problema en forma integral e inmediata considerando los siguientes aspectos:

- Reconstruir el accidente y la dosis absorbida por el paciente.
- Determinar clínicamente el grado del daño, de acuerdo al historial clínico y a los efectos biológicos que presente el paciente (síndrome agudo por radiación).
- Definir la estrategia terapéutica personalizada.

**Conclusiones:** Se identificaron diferentes metodologías de desincorporación radiológica para los casos de contaminación interna derivada de accidentes nucleares y radiológicos, en función del radionúclido, radiotoxicidad, tipo de radiación y su energía, compuesto químico, vida media del radionúclido, órgano crítico, rapidez de dosis absorbida, las características del accidente, así como el estado clínico del paciente.

### 160: Parámetros óptimos para reducción de varianza en simulaciones Monte Carlo para terapia de protones en modo de dispersión pasiva

J. Ramos-Méndez<sup>a</sup>, J. Perl<sup>b,\*</sup>, J. Schümann<sup>c</sup>, J. Shin<sup>d</sup>, B. Faddegon<sup>e</sup> y H. Paganetti<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue., México

<sup>b</sup> SLAC National Laboratory, EUA

<sup>c</sup> Massachusetts General Hospital, EUA

<sup>d</sup> St Jude Children's Research Hospital, EUA

<sup>e</sup> University of California at San Francisco, EUA

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: josem84@gmail.com

**Introducción:** La forma más precisa de calcular la dosis depositada en radioterapia es mediante el método de Monte Carlo (MC). Sin embargo, el tiempo de simulación es prohibitivo para su práctica clínica en radioterapia con protones. Para radioterapia convencional, las técnicas de reducción de varianza (VRT) han permitido la implementación de MC en la práctica clínica. En este trabajo, se propone la implementación de VRT adecuadas para las necesidades específicas de la radioterapia con protones en modo de dispersión pasiva. Nos enfocamos en el transporte de protones a lo largo del cabezal de tratamiento, el cual ocupa más de la mitad del tiempo total de toda la simulación.

**Materiales y métodos:** Utilizando el software TOPAS<sup>1</sup>, se modelaron los cabezales de tratamiento del Francis H Burr Proton Therapy Center (S1) y de la University of California at San Francisco (S2). Se implementó la técnica geométrica de división de partículas (GDP)<sup>2</sup> y se estudiaron los umbrales óptimos de producción (UP) de partículas secundarias. Para el arreglo S1, un par de planos se colocaron antes del segundo dispersor (SD2) y antes de la apertura (AP) respectivamente; las partículas (protones primarios y secundarios) que arribaron a tales planos fueron copiadas 8 veces por plano. Para el arreglo S2, el primer plano se colocó antes de la columna de agua (CA) y el segundo antes de la AP; las partículas

fueron copiadas 16 veces por plano. Se generaron archivos de espacio fase (EF) a la salida de cada cabezal de tratamiento y se calculó la eficiencia computacional mediante la fluencia plana. Se realizaron pruebas de precisión comparando los EF creados con VRT y sin VRT. Para ello, se calcularon los perfiles de dosis en tanques voxelizados de agua y en un paciente para comprobar el desempeño en situaciones reales.

**Resultados:** Los parámetros óptimos para los 2 arreglos se muestran en la tabla 1. Se incluye: la posición de los planos DPG, el número de división (Ns), los óptimos UP, el factor para ruleta rusa (FRR) y la ganancia en eficiencia (EF). Las diferencias porcentuales son menores al 2% para los perfiles de dosis en agua. Para el paciente de cabeza y cuello (fig. 1), la prueba de índice gamma fue de 98.7% para el criterio de 3%/3mm.

**Conclusiones:** Considerando DPG y UP es posible incrementar considerablemente la eficiencia computacional sin comprometer la precisión asimétrica.

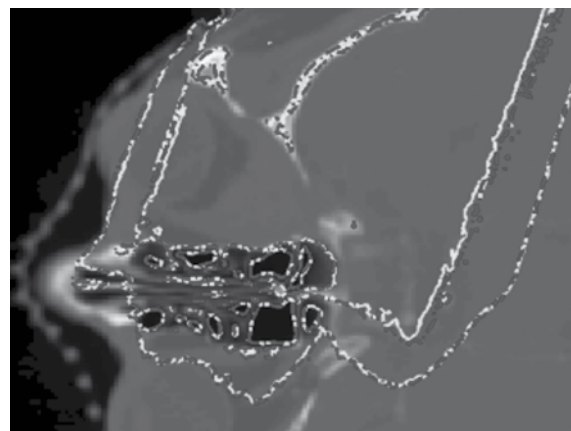
### Bibliografía

1. Perl J, Schümann J, Shin J, et al. TOPAS: An innovative proton Monte Carlo platform for research and clinical applications. *Med Phys* 2012;39(11):6818-6837.
2. Ramos-Méndez J, Perl J, Schümann J, et al. Geometrical splitting technique to improve the computational efficiency in Monte Carlo calculations for proton therapy. *Med Phys* 2013;40(4):041718.

Tabla 1 Parámetros óptimos de VRT y eficiencia

Opción	DPG	Ns	UP	FRR	EF
S1	SD2/AP	8	50 mm	1.5	78
S2	CA/AP	16	0.05 mm	4.0	57

Figura 1 Referencia (línea continua). Reducción de varianza (línea punteada).



### 170: Moderador de polietileno para el análisis por activación usando los fotoneutrones de un LINAC

H. R. Vega-Carrillo

Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: fermineutron@yahoo.com

**Introducción:** El uso de aceleradores lineales (LINACs) de alta energía para el tratamiento de cáncer ofrece muchas ventajas en comparación a los LINACs de baja energía. Sin embargo, cuando un LINAC opera con voltajes superiores a los 8 MV, junto con el haz de fotones se producen fotoneutrones mediante reacciones (n). Estos neutrones depositan una dosis indeseable en el cuerpo del paciente, inducen reacciones nucleares en los materiales dentro de la sala de tratamiento que generan partículas secundarias que afectan al paciente y al personal que labora en torno a la instalación<sup>1</sup>. Estos fotoneutrones pueden usarse para inducir la activación de muestras con fines analíticos, pero el espectro de los neutrones necesita modificarse. El objetivo de este trabajo fue diseñar un moderador que permite usar los fotoneutrones de un LINAC para inducir reacciones de activación con fines analíticos.

**Materiales y métodos:** Un cilindro regular de polietileno, cuyo diámetro es igual a su altura, se usó como medio moderador; para determinar las dimensiones del cilindro más adecuado usamos como figura de mérito, FOM, el cociente del flujo de neutrones térmicos y el flujo de neutrones epitérmicos y rápidos de los neutrones que alcanzan el centro del cilindro. Para esto se usó el código MCNP5<sup>2</sup> donde se modelaron cilindros de 12.7, 15.24, 17.78, 20.32, 22.86 y 25.4 cm de diámetro y altura que se expusieron al espectro de los fotoneutrones de un LINAC de 15 MV, y se calculó el espectro de los neutrones en el centro del cilindro. Se construyó el moderador para activar muestras sólidas y líquidas. Para evaluar el moderador se prepararon muestras líquidas de MnSO<sub>4</sub> con 0.5, 0.75 y 1 gr de Mn. Para evaluar la energía de los neutrones que inducen la activación una muestra de 1 g de Mn se irradió con una cubierta de Cd. También se irradiaron monedas mexicanas con masas diferentes de plata. Para evaluar la activación inducida, se usó un espectrómetro para rayos con un detector de 3"×3" de NaI(Tl). **Resultados:** En la figura 1 se muestra la FOM en función del tamaño del cilindro, a partir de estos resultados se construyó el moderador como un cilindro de 20.32 Ø× 20.32 cm<sup>2</sup>, que se usó para activar las muestras mientras el LINAC aplicaba 12 Gy<sub>x</sub> sobre un maniquí de agua sólida.

De las muestras irradiadas se observó una relación lineal entre la cantidad de Mn y el área bajo el fotopico de 846.8 keV del <sup>56</sup>Mn y se encontró que la activación se indujo por los neutrones térmicos, cuyo flujo fue de  $9.95E(5) \pm 3.6\% \text{ cm}^{-2} \cdot \text{Gy}_x^{-1}$ . También, se observó una relación lineal entre la cantidad de Ag en las monedas y el área bajo el fotopico de 657.6 keV que corresponde a <sup>108</sup>Ag y <sup>110</sup>Ag. Debido a que el LINAC opera en tiempos cortos el moderador permite activar muestras de vida media corta.

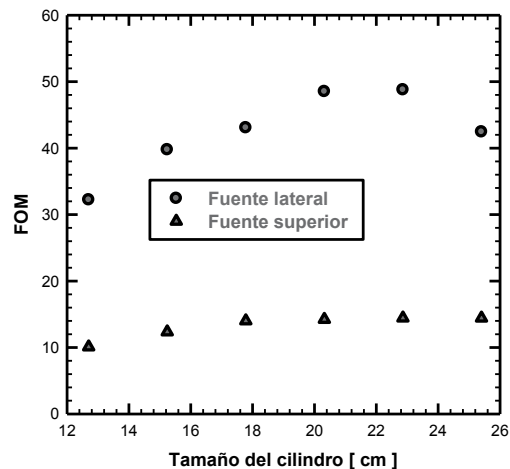
**Conclusiones:** Se diseñó un moderador que permite usar los fotoneutrones de un LINAC para inducir la activación de muestras. El flujo de neutrones térmicos que induce la activación es de  $9.95E(5)$  neutrones por Gy.

## Bibliografía

1. Barquero R, Mendez R, Vega-Carrillo HR, et al. Neutron spectra and dosimetric features around an 18 MV linac accelerator. Health Phys 2005;88:48-58.

2. Forster RA. MCNP<sup>TM</sup> Version 5. Nucl Instrum Methods Phys Res B 2004;213:82-86.

Figura 1 FOM para los cilindros de polietileno.



## Resúmenes de carteles

### Abstracts of poster presentations

#### 01C: Medición de la sensibilidad óptica de las películas GAFCHROMIC EBT2 obtenidas con diferentes sistemas ópticos

Y. León-Marroquín<sup>a,b,\*</sup>, O. A. García-Garduño<sup>a</sup> y M. Camacho-López<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Física Médica & Unidad de Radioneurocirugía, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, México

<sup>b</sup>Laboratorio de Fotomedicina, Biofotónica y Espectroscopia Láser de Pulsos Ultracortos, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: yaz\_3333@hotmail.com

**Introducción:** Con el advenimiento de nuevas técnicas de tratamiento en radiocirugía, las cuales, para su comisionamiento y caracterización necesitan de detectores de alta resolución espacial, las películas radiocrómicas (PR) han tomado ventaja en cuanto a dosimetría para campos no convencionales<sup>1</sup>. Para su análisis, este tipo de detectores necesitan de algún sistema óptico (SO) que típicamente en la clínica es un escáner comercial en modo de transmisión<sup>2</sup>. Sin embargo, existen otros SO como los láseres y los espectrofotómetros<sup>3</sup>, que también pueden ser empleados para la caracterización de las PR, obteniendo una mayor sensibilidad en la respuesta (densidad óptica, DO).

El objetivo de este trabajo es caracterizar las PR EBT2 utilizando 3 SO: escáner, espectrofotómetro y láser.

**Materiales y métodos:** Se utilizaron muestras de PR EBT2 de tamaño 3 x 3 cm<sup>2</sup>. Las muestras se irradiaron con un acelerador lineal Novalis<sup>®</sup> BrainLAB de energía nominal de 6 MV en modo de fotones, cubriendo un intervalo de dosis de 0 a 10 Gy. Las películas fueron leídas 72 horas después de la irradiación utilizando un escáner EPSON Perfection V750, un

espectrofotómetro PerkinElmer UV/VIS de doble haz y un láser He-Ne de emisión continua (CW), centrado en 633 nm. **Resultados:** Las curvas de calibración de las PR EBT2 presentan diferente sensibilidad dependiendo del SO utilizado para su análisis. Esta variación en la sensibilidad se debe a que la respuesta de la película (DO neta) depende de la longitud de onda a la cual fueron medidos. Esto implica que, al utilizar una fuente de luz con un ancho de banda, como el escáner, la saturación ocurra más rápido que cuando se utiliza una fuente de luz con una sola longitud de onda, como es el caso del láser y el espectrofotómetro.

Para el intervalo de dosis estudiado, se encontró que, si la película es analizada con el láser, la sensibilidad de la respuesta aumenta un 73% si la comparamos con la respuesta de la película analizada con el escáner. Por otra parte, el espectrofotómetro presenta un 10.5% más sensibilidad en la respuesta que el láser, esto es porque el láser utiliza su línea de emisión a 633 nm, mientras que el espectrofotómetro nos da la DO neta en el pico de absorción (636 nm).

Además, para los 3 SO, la incertidumbre experimental ( $\sigma_{exp}$ ) resultó menor que la incertidumbre del ajuste ( $\sigma_{ajuste}$ ). Sin embargo, el escáner presenta menor  $\sigma_{ajuste}$ , mientras que la  $\sigma_{exp}$ , resultó menor para el espectrofotómetro y el láser.

**Conclusiones:** Los resultados muestran que es posible utilizar el láser y el espectrofotómetro como SO alternativos para caracterizar las PR EBT2, obteniendo un aumento en la sensibilidad de la respuesta, ya que este factor influye en la incertidumbre total en la determinación de la dosis.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía por apoyarnos para el desarrollo de este trabajo, así como el apoyo del proyecto CONACYT-SALUD-2012-01-181822.

## Bibliografía

1. Mack A, Mack G, Weltz D, et al. High precision film dosimetry with GAFCHROMIC® films for quality assurance especially when using small fields. *Med Phys* 2003;30:2399-2408.
2. Paelinck L, De Neve W, De Wagter C. Precautions and strategies in using a commercial flatbed scanner for radiochromic film dosimetry. *Phys Med Biol* 2007;52:231-242.
3. Skoog DA, James Holler F, Crouch SR. Principles of instrumental analysis. 5th ed. New York: Saunders College Publishing; 2008.

## 02C: Medición de la sensibilidad óptica de las películas GAFCHROMIC EBT2 en un rango dinámico de 10 a 50 Gy

M. G. Enríquez-Cuazitl<sup>a,\*</sup>, E. Y. León-Marroquín<sup>a</sup>, O. A. García-Garduño<sup>b</sup> y M. A. Camacho-López<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Fotomedicina, Biofotónica y Espectroscopia Láser de Pulsos Ultracortos, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup>Laboratorio de Física Médica, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: liebe\_gaby@hotmail.com

**Introducción:** Las películas radiocrómicas (PR) han sido ampliamente usadas en aplicaciones clínicas, principalmente en radioterapia, ya que poseen ciertas características que las hacen viables para su uso práctico<sup>1</sup>. La relación entre dosis absorbida y la respuesta de la película a distintos niveles de irradiación conforman la curva de calibración o curva de respuesta. La respuesta de las PR a la dosis de irradiación es caracterizada por el cambio en su densidad óptica. Para su análisis pueden emplearse diferentes sistemas de ópticos (SO) de lectura como: escáner, láser o espectrofotómetro; cada uno de ellos presenta diferente sensibilidad dependiendo de la longitud de onda empleado en el análisis de la película<sup>2</sup>.

El espectro de absorción de la PR muestra que dependiendo del rango de dosis empleado, las películas presentan diferente sensibilidad. Las películas irradiadas en el rango de dosis de 0-10 Gy son más sensibles a la luz roja (636 nm), mientras que las películas irradiadas en el rango de dosis de 11-50 Gy son más sensibles a la luz verde (585 nm)<sup>3</sup>. En este trabajo se propone utilizar como sistema de lectura láser de 548 nm (verde) para determinar la curva de respuesta de la PR en un rango de dosis de 11 a 50 Gy obteniendo mayor precisión en el cálculo de la dosis absorbida y, de este modo, mejorar la dosimetría que se logra usando un escáner para el rango dinámico utilizado en la práctica clínica.

**Materiales y métodos:** Las PR EBT2 se irradiaron con un acelerador lineal modelo Novalis con una energía nominal de 6 MV propiedad de la Unidad de Radiocirugía del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. El rango dinámico fue de 11-50 Gy. Las películas se analizaron con 3 SO: un escáner Epson Perfection V750, un espectrofotómetro Perkin Elmer marca Lambda 650 UV/VIS y un láser verde de HeNe centrado en 548 nm.

**Resultados:** Se obtuvieron las curvas de calibración de las PR EBT2 analizadas con 3 SO, para el rango de dosis de 11-50 Gy. Cada sistema óptico empleado muestra diferente sensibilidad, dependiente de la longitud de onda o rango de longitudes de onda que utilizados. Con el escáner se utilizó la componente verde; con el láser verde se consideró su línea de emisión centrada a 548 nm y para el espectrofotómetro se tomó la densidad óptica a 583 nm.

La densidad óptica obtenida utilizando como SO un escáner corresponde a un promedio de los valores de densidad óptica para cada longitud de onda, lo cual implica que la saturación ocurre más rápido y, por lo tanto, la sensibilidad es menor. Se observa que para el escáner, la saturación se presenta más rápidamente debido a que su ancho de banda es más amplio comparado con el ancho de banda reducido que presenta el láser y el espectrofotómetro en el rango de dosis de 11-50 Gy.

**Conclusiones:** La sensibilidad de las PR depende del SO empleado. Esta variación en la sensibilidad se debe a que la respuesta de la película depende de la longitud de onda a la cual se está midiendo.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía por apoyarnos para el desarrollo de este trabajo, así como el apoyo del proyecto CONACYT-SALUD-2012-01-181822.

## Bibliografía

1. American Association of Physicists in Medicine (AAPM) report 63. Radiochromic Film Dosimetry. *Med Phys* 1998;25:2093-2115.
2. Butson MJ, Cheung T, Yu PK, et al. Dose and absorption spectra response of EBT2 Gafchromic film to high energy x-rays. *Australas Phys Eng Sci Med* 2009;32:196-202.
3. León Marroquín EY. Caracterización de la película radiocrómica EBT2 con diferentes sistemas de lectura. Tesis de maestría, 2013, Universidad Autónoma del Estado de México.

## 04C: Estudio Monte Carlo de la respuesta de un nuevo detector centellador plástico a haces de fotones de 6V

E. Moreno-Barbosa<sup>a,\*</sup>, F. Moreno-Barbosa<sup>b</sup>, G. Vargas-Hernández<sup>a</sup>, R. Palomino-Merino<sup>a</sup> y J. Ramos-Méndez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, BUAP, Puebla, Pue., México

<sup>b</sup> Hospital de la Mujer, SSA, Puebla, Pue., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: emoreno.emb@gmail.com

**Introducción:** Las simulaciones basadas en el método de Monte Carlo (MC) son la manera más precisa de calcular cantidades de interés en radioterapia. Su aplicación en el desarrollo de nuevos detectores o la caracterización de los mismos se ha incrementado en nuestros días. Geant4 es un sistema de simulación de uso general que ha sido utilizado para la solución de problemas relacionados con la radioterapia. El código Geant4 ha tenido una gran aceptación que inclusive se han desarrollado códigos con interfaces de fácil manipulación basados en esta herramienta, por ejemplo: GAMOS, GATE y TOPAS. Por lo tanto, estas aplicaciones pueden ser utilizadas para estudiar la respuesta de nuevos detectores sometidos a radiaciones dentro del rango de energías clínico, todo esto sin la necesidad de grandes conocimientos de lenguaje de programación. El objetivo principal de este trabajo es simular la respuesta de un plástico centellador a haces de fotones de 6MV.

**Metodología:** La metodología consiste en 2 etapas. En la etapa 1 se simuló el transporte de haces de fotones producidos por un LINAC, para generar archivos con información de espacio fase (EF) en formato IAEA. La geometría consiste de los siguientes elementos: Un objetivo el cual generará fotones mediante *bremsstrahlung*, 2 colimadores, el filtro aplanador, la cámara de ionización, las mandíbulas y un tanque de agua. Los EF fueron usados para calcular el perfil de dosis depositada a profundidad (PDD) en un tanque voxelizado de agua localizado a 100 cm a distancia fuente superficie (SSD). Los datos de PDD fueron comparados con datos experimentales de un acelerador lineal Varian Clinac 21EX para un campo de 10x10 cm<sup>2</sup>, mediante la diferencia porcentual punto a punto. Etapa 2: tomando como fuente de partículas el EF simulado en la etapa 1, se calculó la dosis depositada y la fluencia de energía en 2 volúmenes de la misma dimensión (4.2 x 11.9 x 1 cm<sup>3</sup>) y diferente material: poliestireno y agua. En esta etapa, se tomó en cuenta el transporte óptico de la radiación a través del cristal (centelleo). El poliestireno del plástico centellador fue dopado

con una específica concentración de dopantes utilizada en nuestro laboratorio: 0.1% de POP y 0.03% de POPOP.

**Resultados:** Para la etapa 1: las diferencias porcentuales entre los datos experimentales y simulados se mantuvo por debajo del 2% con una incertidumbre estadística de 1%. Para la etapa 2: la razón entre la dosis depositada en el plástico y la dosis depositada en agua fue de 0.95+/0.05, respectivamente.

**Conclusiones:** Los datos recuperados con el modelo MC del LINAC coinciden con los datos experimentales dentro de la precisión clínica. El plástico centellador muestra aproximadamente la misma respuesta a la radiación que el agua. Junto con resultados preliminares de la respuesta de un plástico sometido a radiación con un LINAC clínico y la similitud del plástico con las razones de dosis y fluencia de energía en agua y plástico, es posible proponer este nuevo detector como monitor de radiación dentro del rango de energías clínico.

## Agradecimientos

Al Hospital de la mujer, SSA, Puebla, México, por permitirnos realizar las mediciones necesarias para la realización de este trabajo.

Al laboratorio de materiales de la FCFM-BUAP por la fabricación de los elementos centelladores y mediciones ópticas de los materiales.

## Bibliografía

1. Consultado en diciembre de 2013. <http://www.opengatecollaboration.org/>

## 05C: Estimación analítica de la dosis equivalente en superficie durante un estudio tomográfico realizado en una unidad de microtomografía computacional

A. N. Rueda<sup>a,b,\*</sup>, M. E. Romero<sup>b</sup> y L. A. Medina<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup> Unidad de Investigación Biomédica en Cáncer INCan-UNAM, Instituto Nacional de Cancerología (INCan), México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: alexisrueda@fisica.unam.mx

**Introducción:** En este trabajo se desarrolló un modelo analítico para estimar la dosis equivalente en superficie (DES) impartida en un ratón durante un estudio tomográfico realizado en la unidad microCT del sistema de adquisición de imagen trimodal microPET/SPECT/CT (Albira ARS, Oncovision). El modelo de estimación de dosis aquí presentado está fundamentado en la integración numérica de distribuciones espectrales de rayos X simuladas a través del método de interpolación polinomial de Boone<sup>1</sup>. A partir de dicho método, Moya et al.<sup>2</sup> han realizado la parametrización de los espectros de fluencia por disparo (fotones·mm<sup>-2</sup>·mAs<sup>-1</sup> a 1 m de distancia) generados por un tubo con ánodo de tungsteno de manufactura y características similares al de la unidad microCT del sistema Albira<sup>3</sup>, por lo que los coeficientes de interpolación polinomial reportados por ellos han sido

convenientemente utilizados para el desarrollo de este trabajo. Los resultados obtenidos en la implementación del modelo se compararon con los datos del fabricante.

**Materiales y métodos:** El tubo de rayos X de la unidad microCT tiene una filtración añadida de 0.5 mm de aluminio y está colocado a una distancia fuente-isocentro (DFI) de 290 mm. Con estas condiciones se simuló el espectro de rayos X para un voltaje en el tubo de 45 kV. Integrando numéricamente la distribución espectral, se determinó el valor del kerma en aire por disparo del tubo ( $\text{mGy}\cdot\text{mAs}^{-1}$ ) a 1 m de distancia. Para calcular la  $\text{DES}\cdot(\text{mAs})^{-1}$ , se realizó un cálculo analítico con un maniquí teórico, cilindro de agua con diámetro de 30 mm y el valor de kerma se corrigió por el inverso al cuadrado de la distancia en aire, pero no se consideró la contribución por retrodispersión. La  $\text{DES}\cdot(\text{mAs})^{-1}$  estimada fue  $1.41 \text{ mSv}\cdot(\text{mAs})^{-1}$ . La DES se calculó para los distintos parámetros de adquisición tomográfica del equipo; para la corriente en el filamento del tubo: *low current* (0.2 mA) y *high current* (0.4 mA); y para el tiempo de adquisición: *standard* (270 s), *good* (420 s) y *best* (600 s).

**Resultados:** Los valores de dosis equivalente en superficie estimados de manera analítica con el modelo propuesto en este trabajo se comparan con los valores reportados por el fabricante del sistema Albira (tabla 1). La diferencia entre valores para el total de los casos es no mayor al 5.2%.

**Conclusiones:** La implementación del modelo analítico aquí propuesto resulta en una buena aproximación para la estimación de la dosis equivalente en superficie recibida por un ratón durante un estudio tomográfico en la unidad microCT del sistema Albira. Es muy probable que esta diferencia sea menor al considerar la contribución por retrodispersión. Se trabaja en un procedimiento dosimétrico experimental con TLDs para evaluar estos cálculos.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos PAPIIT IN 111512 y CONACyT 154557.

## Bibliografía

- Boone JM, Fewell TR, Jennings RJ. Molybdenum, rhodium, and tungsten anode spectral models using interpolating polynomials with application to mammography. *Med Phys* 1997;24:1873.
- Moya UE, Brandan ME, Martínez-Dávalos A, et al. Parametrization of X-ray spectra appropriate for microCT scanners. *Nuc Inst Methods in Phys Res A* 2010;613:152.
- Sánchez F, Orero A, Soriano A, et al. ALBIRA: A small animal PET/SPECT/CT imaging system. *Med Phys* 2013;40:051906-1.

**Tabla 1** Comparativo entre los valores de dosis equivalente provistos por el fabricante ( $\text{DES}_o$ ) y los obtenidos en este trabajo ( $\text{DES}_m$ )

Tiempo de adquisición (s)	0.2 mA			0.4 mA		
	$\text{DES}_o$ (mSv)	$\text{DES}_m$ (mSv)	$\Delta$ (%)	$\text{DES}_o$ (mSv)	$\text{DES}_m$ (mSv)	$\Delta$ (%)
270	80.2	76.2	4.93	160.8	152.5	5.17
420	125.1	118.6	5.19	250.2	237.2	5.19
600	178.7	169.4	5.19	357.4	338.9	5.19

## 06C: Estimación de dosis por radiación en pacientes sometidos a estudios de CT en el INNN

H. Alva-Sánchez\* y C. A. Reynoso-Mejía

Unidad de Imagen Molecular PET/CT, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: halva@ciencias.unam.mx

**Introducción:** En el Departamento de Neuroimagen del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN) se realizan en promedio 40 estudios de tomografía computarizada (CT) al día. La dosis que recibe el paciente depende del número y del tipo de estudio. Hay pacientes a los que se les han realizado un número grande de CTs, en particular a aquellos sometidos a algún procedimiento quirúrgico (QX). El objetivo de este trabajo fue estimar la dosis efectiva recibida en los pacientes hospitalizados sometidos a estudios de CT y obtener una distribución de dosis en un periodo de 2 años.

**Materiales y métodos:** Se consideraron a los pacientes hospitalizados del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012, a los que se les realizó algún tipo de estudio de CT. En este lapso se realizaron 8,777 estudios de CT a 3,096 pacientes. Conociendo el número de estudios de CT por paciente, los tipos de estudios realizados y los valores típicos de dosis efectiva reportados en la literatura<sup>1</sup>, se realizó un análisis estadístico para estimar la dosis efectiva que recibió cada paciente debido al tipo y número de estudios que se les realizó. Con esta información se obtuvo una distribución de dosis efectiva para todos los pacientes con estudios de CT (fig. 1).

**Resultados:** De los estudios de CT, la tomografía de cráneo simple fue el estudio más frecuentemente realizado (72%) seguido de cráneo con contraste (5.9%) y angiotomografía de cráneo (5.5%). En promedio se realizaron 2.83 estudios de CT por paciente; a 39% de los pacientes se les realizó 3 o más estudios, a 16% se les realizó 5 o más estudios y a 3% (89 pacientes) se les realizó 10 o más CTs. La dosis efectiva promedio recibida por paciente fue 7.9 mSv. Si sólo se consideran los pacientes sometidos a cirugía, el promedio de número de estudios de CT por paciente asciende a 3.37 con una dosis promedio de 9.1 mSv, mayor que para pacientes no operados de 6.0 mSv (tabla 1). A un paciente se le realizaron hasta 30 tomografías en un periodo de 3 meses, quien recibió una dosis estimada de 82.4 mSv, lo que equivale a aproximadamente 38 veces la dosis efectiva anual debida a la radiación de fondo natural.

**Conclusiones:** Aunque en promedio la dosis de radiación recibida por los pacientes es relativamente baja, hay pacientes que recibieron una dosis efectiva de radiación relativamente alta. Este trabajo contribuirá a sugerir a los médicos especialistas que soliciten estudios de tomografía para sus pacientes que estén debidamente justificados para reducir la dosis de radiación.

## Agradecimientos

A Héctor Estrada del Departamento de Sistematización, y a Francisco Arroyo del Departamento de Neuroimagen del INNN.

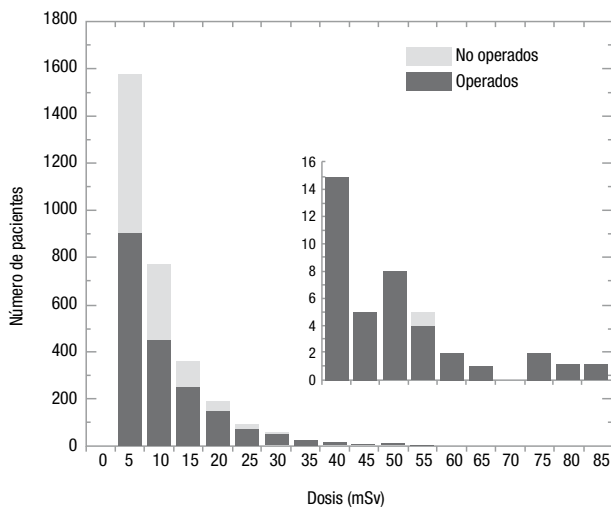
## Bibliografía

1. Jr. Mettler AF, Huda W, Yoshizumi TT, et al. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology* 2008;248(1):254-263.

	QX	No QX
# Pacientes	1946	1150
# CTs	6553	2224
# promedio de CTs	3.37	1.93
# Máx. de CTs	30	10
Dosis promedio (std)*	9.1(8.8)	6.0 (4.9)
Dosis mediana*	6.9	4.6
Dosis máx. *	82.4	52.6

\*Dosis efectiva expresada en mSv.

Figura 1 Distribución de dosis recibida por pacientes sometidos a tomografías en 2011 y 2012.



## 07C: Acciones del IFUNAM en favor de la calidad en la imagen mamográfica en México

C. Ruiz-Trejo\* y M. E. Brandan

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: cesar@fisica.unam.mx

**Introducción:** Actualmente el cáncer de mama es el cáncer más frecuente y el que provoca la mayor mortalidad entre las mujeres mexicanas. La mamografía es la única herramienta

validada con la que se cuenta para poder detectar lesiones mamarias neoplásicas tempranas. Por ello desde el año 2000 se instauró en México un programa nacional de tamizaje (*screening*) dirigido a la detección temprana de cáncer de mama. Desde entonces el Grupo de Dosimetría y Física Médica del Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) ha colaborado con instituciones públicas, tales como el Instituto Nacional de Cancerología (INCan), la Secretaría de Salud (SSA), el Instituto de las Mujeres del D.F. (INMUJERES DF), la Fundación del Cáncer de Mama (FUCAM), entre otras, en el desarrollo e implantación de programas de control de calidad en mamografía. Estas actividades se han enfocado en verificar que los equipos mamográficos funcionen correctamente, de tal manera que se produzcan imágenes mamográficas con calidad diagnóstica, conservando siempre el equilibrio entre calidad de imagen y dosis impartida a la paciente.

**Materiales y métodos:** Se ha evaluado el desempeño de mastógrafos instalados en hospitales públicos y privados pertenecientes al Sector Salud. Los protocolos de control de calidad seguidos se basan en normas nacionales y recomendaciones internacionales.

**Resultados:** Se ha participado en la elaboración de las normas mexicanas NOM-229-SSA1-2002, NOM-041-SSA2-2011, así como en la definición de estrategias para mejorar la calidad de imagen en procedimientos mamográficos realizados por la SSA. También se colaboró en la elaboración del Manual de Control de Calidad en Mastografía publicado por la SSA<sup>1</sup>. Se ha logrado la inserción laboral de físicos médicos en la SSA, el establecimiento de programas de control de calidad en mamografía en diversos hospitales, así como también la impartición de cursos de capacitación a nivel nacional e internacional. En el plano académico, se han dirigido varias tesis de maestría en física médica, de licenciatura en física y servicios sociales, y se han impartido múltiples cursos cortos sobre el tema.

En esta presentación se resumen los resultados específicos para los distintos aspectos examinados: evaluación visual y mecánica del mastógrafo, control automático de exposición, receptor de imagen (analógico o digital), calidad de la imagen, y dosimetría. Se han evaluado aproximadamente 33 mastógrafos incluyendo sus equipos periféricos, aplicando alrededor 30 pruebas. En términos generales, se ha observado que el aspecto más deficiente se presenta en la calidad de la imagen debido mayoritariamente a los artefactos presentados, seguido por fallas en los sistemas de colimación y compresión. Con respecto a la dosis, los valores determinados en los diferentes equipos cumplieron en su gran mayoría con lo exigido por la NOM-229-SSA1-2002.

**Conclusiones:** Se ha colaborado con instituciones públicas mexicanas para definir estrategias y regular el uso de rayos X en mamografía con el fin de mejorar la calidad de las imágenes. Actualmente se trabaja, en colaboración con la SSA, en un proyecto de investigación sobre la calidad de la imagen y la evaluación de la dosis de radiación en equipos tipo CR. Se continúa preparando recursos humanos. Todo esto traerá como resultado la mejora de los servicios de salud.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo a INCAN, SSA, CNEGySR, INMUJERES DF, OPS, OIEA, DGAPA-UNAM (IN105813), CONACYT, a los múltiples estudiantes asociados y en especial a la Dra. Yolanda Villaseñor Navarro.

## Bibliografía

1. SSA, CNEGySR, Manual de Control de Calidad en Mastografía, Centro Nacional de Equidad de Género y Salud Reproductiva, SSA, México 2012.

## 08C: Evaluación de equipos de mastografía por un físico médico a través del estudio de parámetros de control de calidad

A. G. Núñez-Briones<sup>a,\*</sup> y C. K. Pereira-Benavides<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Físico Matemáticas-Universidad Autónoma de Coahuila, Coah., México

<sup>b</sup> Hospital Universitario de Saltillo-Universidad Autónoma de Coahuila, Secretaría de Salud del Estado de Coahuila, Coah., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: a\_lupita\_@hotmail.com

**Introducción:** El cáncer de mama es uno de los cánceres más frecuentes y de mayor mortalidad entre las mujeres a nivel mundial. Una manera de prevenirlo, tratarlo y erradicarlo consiste en una detección precoz y oportuna a través de la mastografía. Sin embargo, para garantizar una óptima calidad de imagen y una baja tasa de dosis de radiación al paciente es necesario un estudio de los parámetros del control de calidad de los equipos de mastografía.

**Materiales y métodos:** Se realizaron pruebas de un control de calidad a 4 equipos de mastografía en la ciudad de Saltillo. La evaluación de los diferentes parámetros se realizó en condiciones clínicas y de trabajo. Los parámetros estudiados fueron:

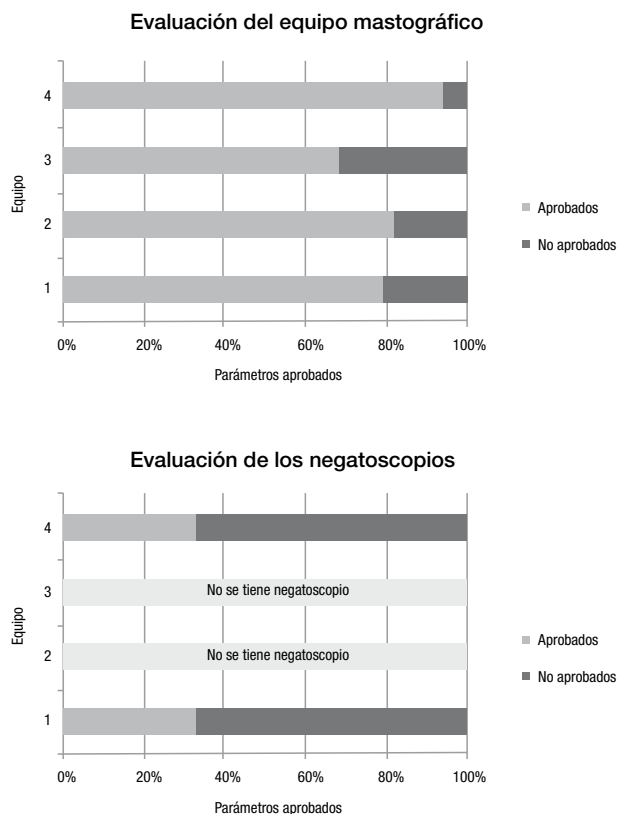
- Inspección visual del equipo de mastografía.
- Parámetros geométricos.
- Sistema de compresión de la mama.
- Negatoscopios.
- Estandarización y películas.

**Resultados:** Se realizó un estudio en general de los parámetros estudiados para observar cual es el porcentaje de ellos que cumple cada equipo. En la figura 1 se muestran graficados los porcentajes de parámetros aprobados, de acuerdo al total de parámetros estudiados.

**Conclusiones:** La realización del presente trabajo sobre el estudio de algunos de los parámetros evaluados de un control de calidad en mastografía muestra que existen deficiencias en el área de mastografía en cuanto a los parámetros evaluados, en la mayoría de los equipos evaluados, principalmente en los negatoscopios y en las películas.

Para poder garantizar un buen control de calidad en mastografía es necesario continuar con el estudio en cada uno de los equipos mastográficos, principalmente de los parámetros que no se pudieron estudiar por falta de equipo de medición.

**Figura 1** Representación gráfica del porcentaje de aprobación de los parámetros estudiados.



## 09C: Desarrollo de un programa informático para estudiar *resting states* dinámicos en IRM

B. de Celis-Alonso<sup>a,\*</sup>, E. Moreno-Barbosa<sup>a</sup>, M. I. Martínez<sup>a</sup>, D. I. González-Gómez<sup>a</sup>, S. Hidalgo-Tobón<sup>b</sup>, P. Dies-Suarez<sup>b</sup> y E. Barragán-Pérez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, BUAP, Puebla, Pue., México

<sup>b</sup> Hospital Infantil de México, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: bdca\_BUAP@yahoo.com.mx

**Introducción:** Desde su descubrimiento por Biswall en 1995<sup>1</sup>, los estudios de *resting state* (RE)/estados de reposo, son un instrumento habitual en la investigación de enfermedades neurodegenerativas. Los RE relacionan zonas cerebrales que realizan la misma función aunque estén alejadas entre sí. Esta relación se obtiene de las variaciones a bajas frecuencias (0.01 a 0.8 Hz) de la señal BOLD. En los últimos años se ha descubierto que los RE varían con el tiempo<sup>2</sup> afectando a las distintas regiones del cerebro que relacionan. En este trabajo presentamos un nuevo *software* capaz de analizar estos cambios.

**Materiales y métodos:** Las plataformas principales usadas para analizar los RE de resonancia magnética son: FSL (estadística Bayesiana), DPARSFA<sup>3</sup> (basados en rutinas de Matlab<sup>®</sup> y SPM) y RETRICOR (imágenes AFNII). Ninguna de las 3 realiza en estos momentos estudios de RE dinámicos.

**Protocolo:** Se estudiaron niños (edad promedio de  $8.1 \pm 2$  años, ambos sexos) con TDHA. Se usó un escáner Philips® Achieva de 1.5T.

**Adquisición de datos:** Para los RE se obtuvieron volúmenes cerebrales completos usando una secuencia EPI de TR=3 seg (Matriz de  $64 \times 64 \times 35$  con una resolución de  $3.6 \times 3.6 \times 4$  mm). Esto se realizó durante 10 minutos con el paciente inactivo pero despierto dentro del escáner. Se obtuvieron 150 volúmenes cerebrales por experimento y voluntario.

**Análisis de imagen:** basándonos en el programa DPARSFA y en Matlab® se programaron unas subrutinas en las que: primero se realiza el *slice time correction*, se alinean los volúmenes cerebrales, se coregistran con sus respectivas imágenes anatómicas, se segmentan, se extraen las señales de la materia blanca y del líquido cefalorraquídeo y se filtra la señal BOLD conservando las frecuencias entre 0.01 y 0.8 Hz. Segundo se dividen los grupos de imágenes cerebrales de los RE en ventanas de tiempo (por ejemplo 30 seg). Cada una de estas ventanas será una imagen en los RE dinámicos. Tercero se segmentan los datos, obteniendo las evoluciones temporales en cada una de las regiones del atlas anatómico AAL. Cuarto, se realizan cálculos de correlación entre todos los voxels de las imágenes y se calculan también las correlaciones entre cada una de las regiones. Quinto, se normalizan y difuminan los resultados a un cerebro modelo en coordenadas MNI.

**Resultados:** Se presenta en la figura 1 los RE estáticos (A) y su división en RE dinámicos para 3 ventanas de 30 seg, una al comienzo del estudio (b), otra a la mitad (c) y la tercera al final (d).

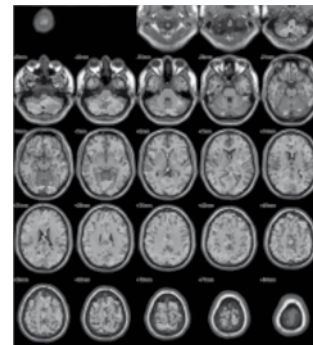
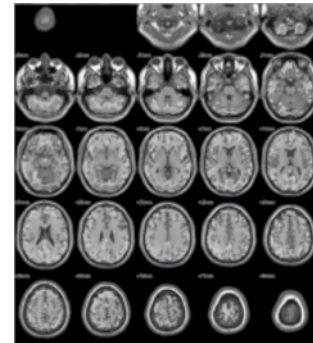
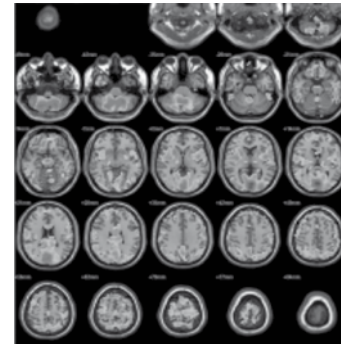
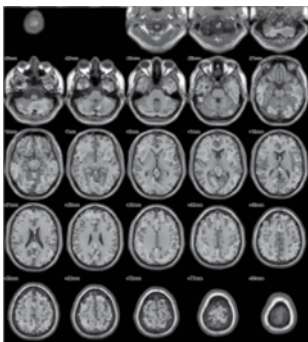
Se puede observar como por ejemplo las correlaciones del cerebelo cambian con el tiempo, de centralizada en la vermis (b) a más extendida en (d).

**Conclusiones:** Se comprobó que el *software* desarrollado era capaz de dividir los estudios de RE estáticos en otros dinámicos.

## Bibliografía

1. Biswal B. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar mri. *Magn Reson Med* 1995;34:537-541.
2. Chang C, Glover GH. Time-frequency dynamics of resting-state brain connectivity measured with fMRI. *Neuroimage* 2010;50(1):81-98.
3. Zang Y. Regional homogeneity approach to fMRI data analysis. *Neuroimage* 2004;22:394-400.

**Figura 1** Resultados de RE estáticos y dinámicos.



## 10C: Experiencia en el uso de un mastógrafo por emisión de positrones (PEM)

L. Garibay-Quezada<sup>a,\*</sup>, A. Rodríguez-Laguna<sup>b</sup>, E. Valdés-Sánchez<sup>b</sup>, N. Ortega-López<sup>b</sup> y S. Skinner-Ramos<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Cancerología (INCan), México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: leyla\_garibay@hotmail.com

**Introducción:** Desde el 2006 el cáncer de mama es el principal de causa de muerte por neoplasias en mujeres mexicanas. Su diagnóstico en etapas tempranas es fundamental para el tratamiento de esta enfermedad.

El Instituto Nacional de Cancerología adquirió un nuevo equipo mastógrafo por emisión de positrones Naviscan PEM Flex Solo II. Esta modalidad ha mostrado utilidad en la estadificación y evaluación de la respuesta a la terapia.

El propósito de este trabajo es dar a conocer la experiencia del INCan en la implementación de esta nueva modalidad de



imagen. Desde finales del 2011 hasta la fecha se han realizado alrededor de 240 estudios.

**Materiales y métodos:** El equipo PEM posee 2 arreglos lineales de detectores LYSO acoplados a tubos fotomultiplicadores sensibles a la posición. Estos detectores se encuentran dentro de 2 paletas de comprensión para inmovilizar la mama. Posee un campo de visión de 16 x 24 cm. En cada adquisición genera 12 cortes tomográficos con una resolución espacial de 1.6 mm (en el caso de un PET convencional es de 5 a 6 mm).

El equipo permite adquirir imágenes en proyecciones céfalo-caudal, axilar, oblicuo-medio-lateral derecho e izquierdo, al igual que en una mastografía convencional se pueden tomar imágenes en diferentes planos.

Hasta el momento se han realizado estudios con  $^{18}\text{F}$ -FDG y  $^{18}\text{F}$ -FES que se administran por vía intravenosa en actividades desde 2.5 y 10 mCi.

**Resultados:** Se han realizado alrededor de 240 estudios de PEM a 125 pacientes femeninas, 223 se han realizado con  $^{18}\text{F}$ -FDG y 17 con  $^{18}\text{F}$ -FES.

Como parte del proceso de aprendizaje inicialmente se utilizó una actividad de 10 mCi de  $^{18}\text{F}$ -FDG que actualmente se ha reducido a 5 mCi, lo que reduce la dosis efectiva de la paciente de 7 a 3.5 mSv. Mediante dosimetría termoluminiscente (TLD), se evaluó la dosis al personal técnico encargado de la realización del estudio, obteniendo una dosis de  $7.6 \pm 2.8 \mu\text{Sv}$  por paciente.

Se presenta el caso de una paciente femenina de 61 años, donde se observa una respuesta positiva a la quimioterapia en 8 meses, observando una disminución evidente del volumen tumoral mediante imágenes de PEM con  $^{18}\text{F}$ -FDG (fig. 1).

**Conclusiones:** La mastografía por emisión de positrones ha mostrado ventajas clínicas como una modalidad adyuvante a la mastografía convencional para la estadificación y respuesta al tratamiento al tratarse de imágenes con información metabólica. Un ejemplo de lo anterior es el uso del  $^{18}\text{F}$ -FES que permite conocer si las lesiones son positivas para receptores hormonales lo que determina la elección del abordaje terapéutico.

Se planea en un corto plazo implementar el uso de  $^{18}\text{F}$ -FMISO y la realización de biopsias guiadas mediante esta modalidad de imágenes.

## Agradecimientos

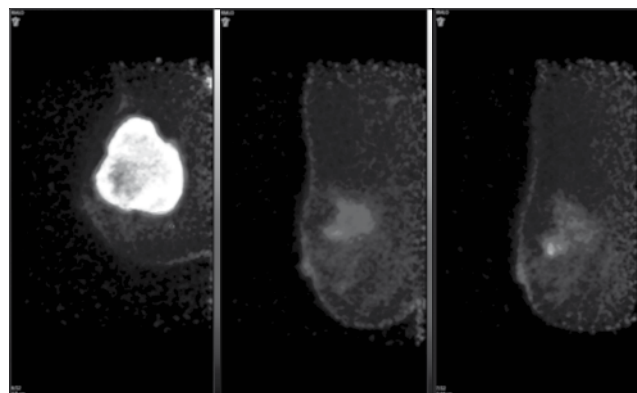
Al Departamento de Medicina Nuclear del INCan.

## Bibliografía

1. Chavarri-Guerra Y, Villarreal-Garza C, Liedke PE, et al. Breast cancer in Mexico: a growing challenge to health and the health system. *Lancet Oncol* 2012;13(18):e335-43
2. Canseco-Hernández O, Garibay-Quezada LV, Rodríguez-Laguna A, et al. *Dosimetría* del personal ocupacionalmente expuesto que opera un mastógrafo por emisión de positrones, Cartel presentado en LV Congreso Nacional de Física, México 2012.
3. MacDonald L, Wang C, Naseley D, et al. Reduced Dose Positron Emission Mammography (PEM) Scanning, SNM 2011, Publi. No. 1981.

4. Consultado en diciembre de 2013. <http://www.naviscan.com/products/pem-locator>

**Figura 1** Imágenes adquiridas con  $^{18}\text{F}$ -FDG de la mama derecha en el plano oblicuo-medio-lateral de una paciente a los 0, 3 y 6 meses respectivamente, para evaluar la respuesta al tratamiento de quimioterapia.



## 12C: Utilidad de las imágenes gammagráficas obtenidas con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN Y $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD en el diagnóstico de cáncer de mama en estadios I, IIA o IIB

A. García-Flores<sup>a,\*</sup>, A. Hardy-Pérez<sup>a,b</sup> y C. Herrera-Ayala<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

<sup>b</sup> Centro Oncológico Estatal del Instituto de Seguridad Social del Estado de México y Municipios (ISSEMYM), Méx., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: ari\_zkp@yahoo.com

**Introducción:** El cáncer es uno de los principales problemas de salud pública, ya que a pesar de los avances en investigación y de tratamiento, actualmente, fallecen más de 7 millones de personas en el mundo<sup>1</sup>. Algunos de los problemas que se enfrentan en el combate de esta mortal enfermedad, es la falta de detección oportuna ya que entre el 70% y 80% de los afectados acuden a las instituciones de salud cuando el padecimiento se encuentra en etapas avanzadas. El objetivo de este trabajo es valorar la utilidad de las imágenes gammagráficas obtenidas con  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN y  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD, en pacientes con cáncer de mama en etapas tempranas, para establecer diferencia diagnóstica y proponer su aplicación en los protocolos clínicos de gammagrafía mamaria.

**Materiales y métodos:** Para realizar este estudio clínico se consideró una muestra no probabilística, de oportunidad y secuencial, de 15 pacientes femeninas. A las cuales se les administró inicialmente 740 MBq de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN por vía endovenosa, posteriormente después de 48 horas de eliminación del radiofármaco se procedió a administrar 740 MBq de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD por la misma vía, obteniéndose imágenes dinámicas y estáticas del hemitórax superior con una cámara de doble cabezal (Siemens). Usando un colimador de alta resolución y orificios paralelos para baja energía, con una ventana de  $\pm 15\%$ .

**Resultados:** La media de la edad de las pacientes estudiadas fue de  $61 \pm 12$  años. El tamaño mínimo de las lesiones tumorales mamarias estudiadas fue de 0.5 cm, el máximo fue de 5 cm. La media del tamaño de las lesiones tumorales estudiadas fue de  $2.3 \pm 1$  cm. Los resultados histopatológicos constituyeron la prueba de confirmación: se encontró a 10 pacientes como portadoras de cáncer, a 2 con fibroadenomas y 3 sanas. La sensibilidad, especificidad, el valor predictivo positivo (VPP), y el valor predictivo negativo (VPN), fueron determinados en una prueba piloto para ambos radiofármacos. Para  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN, los valores de sensibilidad, especificidad, fueron de 77.7%, 80%, respectivamente, el valor predictivo positivo fue 87.5%, y el valor predictivo negativo fue 66.6%. Para  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD, los valores de sensibilidad, especificidad, fueron de 88.8%, 80%, respectivamente, el valor predictivo positivo fue 88.8%, y el valor predictivo negativo fue 80%.

**Conclusiones:** Es posible la diferenciación entre procesos tumorales benignos y malignos al emplear la gammagrafía mamaria con  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-Lys<sup>3</sup>-BN y  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD (fig. 1). No es común que los procesos benignos capten BN. Este procedimiento diagnóstico, es de utilidad para la detección del cáncer de mama.

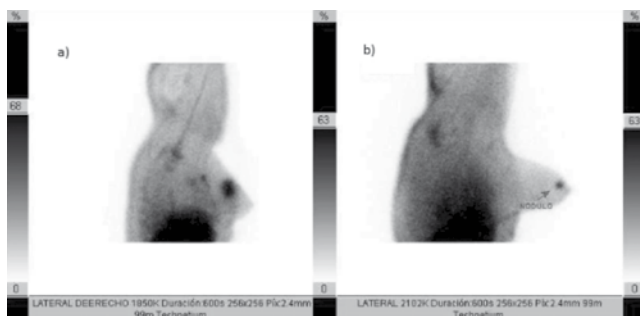
## Agradecimientos

A todas las personas que contribuyeron al desarrollo de este proyecto. Al COE ISSEMyM por las facilidades otorgadas para la realización de los estudios clínicos, a la UAEMex, por su apoyo a través de las Becas Enlace y Escolaridad.

## Bibliografía

1. Consultado el 12 de marzo de 2012. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/index.html>

**Figura 1** A) Lesión maligna carcinoma canalicular. B) Lesión benigna fibroadenoma. Imágenes tomadas después de 20 minutos de la administración de  $^{99m}\text{Tc}$ -EDDA/HYNIC-RGD.



## 13C: Monitor de radiación ionizante con materiales semiconductores

A. F. Fajardo-Oroz<sup>1</sup> y E. U. Moya-Sánchez

Universidad de Guadalajara (CUCEI), Guadalajara, Jal., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: faridoroz7@gmail.com

**Introducción:** Las radiaciones ionizantes son fenómenos donde se transporta energía en forma de ondas electromagnéticas, las cuales tienen la capacidad de ionizar la materia provocando efectos secundarios en los seres. En este trabajo se pretende demostrar el uso de materiales semiconductores para determinar la presencia de partículas radiactivas, utilizándolos como monitores de radiación.

**Materiales y métodos:** La elaboración de este trabajo consistió en armar un circuito detector de radiación utilizando materiales semiconductores como sensor, en este caso un transistor de potencia 2N5686. El resto de los materiales utilizados fueron los que permitieron generar alta tensión a partir de una batería de 9 V (transistores y capacitores), y una bocina que sea el indicador sonoro de partículas radiactivas, con lo cual se demuestra que el tamaño del monitor propuesto es pequeño y portátil.

Una vez con el monitor armado, el primer paso para probar su funcionalidad fue simular la presencia de radiación ionizante en la juntura semiconductor del sensor. Esto fue hecho aplicando un voltaje al transistor capaz de activar la bocina indicando la presencia de un cambio en la corriente del mismo. El voltaje aplicado fue obtenido con un generador de funciones, modificando su ciclo de trabajo para generar pequeños pulsos.

Además, hicimos mediciones del volumen de la pastilla semiconductor con el fin de calcular la sensibilidad del silicio con relación a sus dimensiones (fig. 1).

**Resultados:** Nuestro circuito nos entregó una salida en las bocinas con pequeños pulsos de voltaje del orden de los 480 mV a 20 mS (*duty cycle*). Con estos pequeños estímulos, simulamos la creación de pares “electrón hueco” que son los responsables de un pico de corriente detectable por nuestro circuito monitor.

**Conclusiones:** Los materiales semiconductores son muy sensibles a la radiación ionizante, ya que este tipo de energía produce pares “electrón hueco” los cuales modifican la corriente que pasa a través del material. Para que estos pares sean percibidos, es necesario que la juntura semiconductor (transistor) esté omitida a una alta tensión, y así registrar la señal producida.

Dentro de las desventajas del monitor tenemos que tiene un área efectiva muy pequeña (4.4 mm x 4.9 mm), además de que es muy sensible el material al contacto y la misma radiación es capaz de dañar el sensor. Por otra parte, el semiconductor debe de estar frío para evitar el ruido térmico. Sin embargo, el monitor hecho es fácil de hacer, barato y tiene buena respuesta a la radiación.

## Agradecimientos

A amigos y familiares por el apoyo en este trabajo, así como sus consejos cuando los necesito.

## Bibliografía

1. Knoll GF. Radiation Detection and Measurement 3<sup>th</sup> Ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.; 2000. p. 353-391.
2. Skoog DA, James Holler F, Crouch SR. Principios de Análisis instrumental, 6<sup>th</sup> Ed. Cengage Learning; 2008. p. 315-327.
3. Consultado en diciembre de 2013. <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/c/0gais21hoih1xglxaqcws8rac7y.pdf>

Figura 1 Circuito armado.

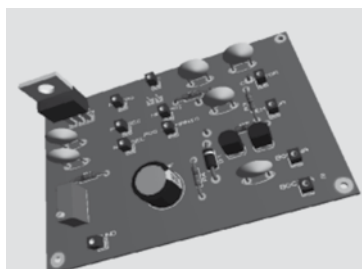
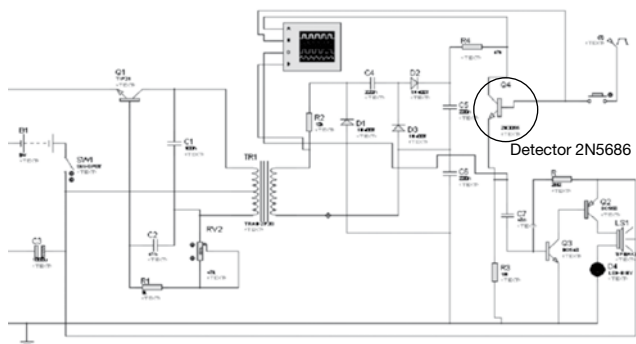


Figura 2 Circuito simulado (ISIS 7 Professional).



## 15C: Cálculo de blindajes del nuevo Departamento de Medicina Nuclear del Instituto Nacional de Cancerología

O. Canseco-Hernández<sup>a,\*</sup>, A. Rodríguez-Laguna<sup>b</sup> y S. Skinner-Ramos<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

<sup>b</sup> Departamento de Medicina Nuclear, Instituto Nacional de Cancerología, México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: xcanseco@ciencias.unam.mx

**Introducción:** Una instalación donde se utilizarán fuentes radiactivas requiere el cálculo de blindajes necesarios para limitar las dosis recibidas por los trabajadores y el público en general. El Departamento de Medicina Nuclear contará con una cámara gamma, una cámara de tomografía por emisión de fotón único (SPECT-CT), 3 cámaras de tomografía por emisión de positrones (PET) y 2 mastógrafos por emisión de positrones (PEM). Cada modalidad de imagen contará con sus propios cuartos de captación.

**Materiales y métodos:** Se aplicó la metodología presentada en el reporte TG-108 de la AAPM [1] y las publicaciones 147 [2] y 151 [3] de la NCRP.

Los radionúclidos considerados fueron <sup>18</sup>F, <sup>99m</sup>Tc y <sup>131</sup>I. Las actividades máximas por procedimiento fueron: 5 mCi de <sup>18</sup>F para PEM, 10 mCi de <sup>18</sup>F para PET, 20 mCi para <sup>99m</sup>Tc y 5 mCi para <sup>131</sup>I.

El número de pacientes por semana ( $N_w$ ) para cada equipo son 50 para PEM, 80 para PET, 80 de <sup>99m</sup>Tc y 25 de <sup>131</sup>I.

Los tiempos de captación ( $t_{esp}$ ) son de 60 minutos para PET, 45 minutos para PEM, 60 minutos y 2 días para gammaografías y SPECT con <sup>99m</sup>Tc y <sup>131</sup>I, respectivamente.

Los tiempos de adquisición de imágenes de PET y PEM son de 30 minutos. Para <sup>99m</sup>Tc y <sup>131</sup>I, son de 40 y 20 minutos respectivamente.

Los espesores ( $x$ ) requeridos en las barreras están dados por (<sup>99m</sup>Tc y <sup>131</sup>I):

$$x = TVL_{ij} \cdot \log\left(\frac{1}{B}\right) \quad \text{Ecuación 1}$$

$TVL_{ij}$  es la capa decirreductora para el radionúclido  $i$  y para el material  $j$  que se usará como blindaje.

$$x = \left(\frac{1}{\alpha\gamma}\right) \ln\left\{\frac{B^{-\gamma} + (\beta/\alpha)}{1 + (\beta/\alpha)}\right\} \quad \text{Ecuación 2}$$

Los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son particulares para cada tipo de material utilizado como blindaje

$B$  es el factor de transmisión dado por la siguiente ecuación:

$$B = \frac{P}{T \cdot D_0} \quad \text{Ecuación 3}$$

$P$  son los límites de dosis anuales de 20 mSv y 1 mSv para las áreas controladas y no controladas, respectivamente.

$T$  es el factor de ocupación de las áreas aledañas y  $D_0$  es la dosis en el punto de cálculo en la ausencia de barrera.

En el cálculo de  $D_0$  depende de la distancia de cálculo, la actividad utilizada, la carga de trabajo y los tiempos de captación de los radiofármacos y de adquisición de las imágenes. **Resultados:** Se calcularon los espesores requeridos para cada barrera utilizando concreto ( $\rho = 2.3 \text{ g/cm}^3$ ) y plomo. Los espesores requeridos van desde 5 a 48 cm de concreto. Actualmente los blindajes se encuentran en construcción.

## Bibliografía

1. Task Group 108, American Association of Physicist in Medicine (AAPM).
2. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) 147.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) 151.

## 16C: Instructivos para pacientes que reciben tratamientos con yodo 131

A. Ruiz-Juvera<sup>a,\*</sup>, A. Flores-Rebollar<sup>b</sup> y O. González-Treviño<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Medicina Nuclear, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", México D.F., México

<sup>b</sup> Dirección de Medicina, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", México D.F., México

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: seguridad\_radiologica@hotmail.com

**Introducción:** En 2010 se realizó un sondeo entre pacientes de Nutrición que recibieron tratamientos con yodo 131 para hipertiroidismo y cáncer de tiroides, se escribió un folleto en base a sus dudas y temores, que se presentó en la reunión anual de Trabajo de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica en Tepic<sup>1</sup>. Por esto se hicieron correcciones y se escribió el de tratamientos para cáncer de tiroides.

**Materiales y métodos:** El sondeo entre 291 pacientes a lo largo de un año fue con 4 preguntas antes de recibir su tratamiento y la explicación del mismo: a) ¿Está usted nervioso o temeroso?, b) ¿sabe en qué consiste su tratamiento?, c) ¿su médico le proporcionó la información adecuada para su tratamiento? y d) ¿buscó información con familiares o amigos? Con este sondeo, se elaboró un folleto informativo interno para pacientes, para tratamientos menores a 30 mCi. Las sugerencias de los mismos pacientes, nos llevó a planear correcciones y la elaboración del folleto para cáncer de tiroides.

**Resultados:** El primer folleto de 8 páginas con ilustraciones alusivas al texto, tuvo un tiraje de 1,000 ejemplares, tamaño media esquila, de fecha septiembre de 2011 (fig. 1). Se repartió a pacientes el día que programaron su cita. Se reestructuró la información, en forma de preguntas y respuestas y por último se escribió el de tratamientos para cáncer de tiroides, con ayuda de endocrinólogos y médicos nucleares, tomando una guía extranjera<sup>2</sup>. Los nuevos folletos escritos en 2012, se encuentran en prensa y su formato es similar al de la figura pero con tamaño esquila, de 12 páginas cada uno. El manuscrito fotocopiado, se repartió como prueba preliminar durante 6 meses a los pacientes que acudieron a solicitar cita para tratamientos. Todas las opiniones recibidas fueron positivas en cuanto a contenido y claridad.

**Conclusiones:** El entregar estos folletos informativos a los pacientes, cumple con la NOM-013-NUCL<sup>3</sup>. Ha sido de gran ayuda informar a pacientes por este medio, ya que resulta sencillo para ellos leer en un impreso sobre el tratamiento con yodo radiactivo y las medidas de protección radiológica más importantes que deben realizar y por qué, fomentando así la cultura de la seguridad, no sólo en pacientes sino en los médicos tratantes.

## Agradecimientos

A las comunicólogos del Departamento de Educación para la Salud, quienes realizaron el diseño, Claudia Márquez y Claudia Ramírez. A la Dra. Alejandra González Ruiz por sus acertadas sugerencias y plantear la necesidad de informar a través de preguntas y respuestas.

## Bibliografía

1. Ruiz-J A. Orientación para pacientes que recibirán tratamientos para hipertiroidismo con yodo 131 XXVI Reunión de trabajo de la Soc Mex Seg Rad, Tepic, Nov. 2010.
2. Consultado en diciembre de 2013. <http://www.thyroid.org/patients/patient>.
3. NOM- 013-NUCL-2009, Requerimientos de seguridad radiológica para egresar a pacientes a quienes se les ha administrado material radiactivo. DOF 20 octubre 2009.

**Figura 1** Portada del folleto explicativo para tratamientos con 131-I de pacientes con hipertiroidismo.

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS  
Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA NUCLEAR



MEDIDAS DE SEGURIDAD  
RADIOLÓGICA

## Instrucciones para los colaboradores

La *Revista de Medicina e Investigación* es el órgano oficial de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus espacios están disponibles a los miembros de la Facultad así como a todo miembro de la comunidad médica que manifieste interés por utilizar este espacio para publicar sus trabajos, cumpliendo con las políticas editoriales que a continuación se mencionan.

El objetivo principal de la *Revista de Medicina e Investigación de UAEMex* es publicar trabajos originales del amplio campo en la investigación médica, así como proporcionar información actualizada y relevante de la carrera de Medicina y áreas afines.

La *Revista de Medicina e Investigación de UAEMex* acepta para publicación artículos originales, artículos de revisión, cartas científicas, guías clínicas, consensos, comentarios editoriales, cartas a los Editores, artículos de historia y arte de la medicina. La *Revista de Medicina e Investigación de UAEMex* se publica en 2 números al año, de manera semestral, con carácter académico que incluye resultados de investigaciones con contenidos del área de la salud.

El Comité Editorial evalúa los trabajos recibidos mediante dictamen tipo doble ciego, es decir omitiendo el nombre del autor o autores y conservándose tanto su anonimato como el del dictaminador. Todos los artículos enviados que se inscriban dentro del perfil temático de la revista serán considerados, sin que ello implique obligatoriedad de su publicación ni devolución del material enviado. Únicamente se recibirán documentos apegados a las instrucciones para autores. La dirección de la revista se reserva el derecho de realizar los cambios editoriales necesarios. Las aportaciones originales que son aceptadas por el Comité Editorial serán publicadas y pasarán a ser propiedad de la revista. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial, sin la autorización escrita de los Editores. Los trabajos deberán enviarse a: revista\_fm@uaemex.mx

### Preparación y envío de manuscritos

1. Los manuscritos deberán enviarse a través del correo electrónico a: revista\_fm@uaemex.mx
2. Todo el trabajo (incluyendo página frontal, resúmenes y títulos de figuras) deberá estar escrito a 1.5 espacio, tipo de letra *arial*, en formato tamaño carta (28 x 21.5 cm) y con márgenes de 2.5 cm.

#### 1. Página frontal

Deberá contener:

- **Título del trabajo:** se recomienda que sea breve y descriptivo.
- **Autores:** serán mencionados con un nombre de pila más un apellido, poner guión si se pone el segundo apellido.
- **Filiaciones:** serán referidas con letras (<sup>a, b, c</sup>) como superíndices. Ejemplo: Camilo Fuentes<sup>a</sup>, Pedro Rojas<sup>b</sup> y Carlos Hernández<sup>c</sup>

Las filiaciones se deberán poner en el orden siguiente: Unidad, Servicio, Departamento o División / Hospital / Facultad y Universidad / Ciudad, Provincia, País. No se pondrán cargos en las filiaciones de los autores.

- **Correspondencia:** Se pondrá asterisco en el autor para correspondencia. La correspondencia llevará dirección postal y correo electrónico.

#### 2. Resúmenes estructurados (Artículos Originales)

Para los Artículos Originales se consignarán obligadamente un resumen en Español y uno en Inglés, estructurados de la siguiente manera:

Español	Inglés
Introducción	<i>Introduction</i>
Objetivo	<i>Objective</i>
Métodos y materiales	<i>Methods and materials</i>
Resultados	<i>Results</i>
Conclusiones	<i>Conclusion</i>
Palabras clave	<i>Keywords</i>

Para las Cartas científicas (casos clínicos) y Artículos de Revisión el resumen debe estar escrito en Español e Inglés estructurado como sigue:

Español	Inglés
Introducción	<i>Introduction</i>
Resumen	<i>Abstract</i>
Palabras clave	<i>Keywords</i>

Deberán ser escritos en forma concreta, el cual presente una síntesis adecuada del trabajo.

- No usar citas bibliográficas.
- Serán concisos (máximo 250 palabras).
- Al final de los resúmenes en español y en inglés se anotarán de 3 a 6 palabras clave.
- Los decimales se escribirán con punto (.).
- Los unidades de miles se escribirán con coma (,).

#### 3. Formato del contenido del manuscrito

3.1 Artículo Original: máximo 30 hojas.

Constará de los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Métodos y materiales
3. Resultados
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Referencias
7. Títulos de tablas
8. Tablas
9. Títulos de figuras
10. Figuras

Las abreviaturas serán explicadas la primera vez que se empleen y se utilizarán a lo largo de todo el manuscrito.

3.2 Cartas científicas (casos clínicos): máximo 8 hojas.

1. Introducción
2. Presentación del caso
3. Discusión
4. Referencias
5. Títulos de tablas
6. Tablas
7. Títulos de figuras
8. Figuras

3.3 Artículos de revisión; Artículos de práctica clínico-quirúrgica: máximo 10 hojas; Artículos especiales.

Podrán llevar los apartados que el autor disponga.

#### 4. Financiamiento, Conflicto de Intereses y Agradecimientos

Cada artículo deberá tener SIEMPRE una sección de aclaraciones al final del texto, utilizando el siguiente orden:

**Financiamiento** (obligatorio): si no hay se pondrá "No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

**Conflicto de intereses** (obligatorio): si no lo hay, se pondrá la siguiente frase: El/Los autor(es) declara(n) no tener conflicto de intereses.

**Agradecimientos** (opcional).

#### 5. Referencias

Se ordenarán y enumerarán por orden de aparición en el texto, con la acotación respectiva en superíndice, deben ir antes de los signos de puntuación si es el caso.

Las referencias se presentarán en formato Vancouver con límite para: Artículos Originales entre 25 y 30; en Artículos de revisión entre 25 y 35; en Artículos de práctica clínica quirúrgica entre 20 y 25; en Cartas científicas entre 20 y 15 citas bibliográficas.

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/690/69010101.pdf>

<http://www.annals.org/reprint/145/1/62.pdf>

<http://www.icmje.org/>

5.1 Artículos:

a) Apellidos e iniciales de los tres primeros autores, si son más agregar la leyenda *et al.* (punto), b) Título del artículo (punto), c) Nombre de la revista abreviado (punto), d) Año (punto y coma), e) Volumen, f) Número, entre paréntesis (dos puntos), g) Primera y última página (separadas por un guión).

Los nombres de las revistas deberán abreviarse como se indica en el Index Medicus.

*Ejemplo:*

Noguera A, Malo O, Saulea J, et al. Inflamación sistémica durante las agudizaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Arch Bronconeumol. 2002;3:172-176.

5.2 Libros:

a) Apellidos e iniciales de todos los autores. b) Título y subtítulo. c) Edición (si no es la primera), d) Ciudad (dos puntos), e) Casa editorial (punto y coma), f) Año (punto).

*Ejemplo:*

Mvoelkel NF, MacNee W. Chronic obstructive lung diseases. Hamilton: BC Decker Inc; 2002.

5.3 Capítulo de libro:

a) Apellidos e iniciales de todos los autores del capítulo. b) Título del capítulo. c) Editores, autores o recopiladores del libro, d) Título del libro. e) Edición (si no es la primera). f) Ciudad. g) Casa editorial. h) Año. i) Páginas.

*Ejemplo:*

Weibel ER. The structural basis of lung function. In: West JB, (editor). Respiratory physiology: people and ideas. New York: Oxford University Press; 1996. p. 3-46.

5.4 Citas de Internet

Deberá ponerse la fecha de acceso seguido de la dirección URL.

*Ejemplo:*

Consultado el 15 de diciembre de 2012. <http://www.apa.org/monitor/octoo/workplace.html>

#### 6. Tablas y figuras

- Se identificarán en forma progresiva con números arábigos de acuerdo al orden de aparición en el texto.

- Los títulos deberán ir en su parte superior (encabezado), indicando el número de la figura correspondiente (con arábigos) y señalando al final, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas, con su definición correspondiente.

- Las figuras se deben entregar en formato TIFF, JPG, GIF, PNG, en alta resolución (300 dpi o más). No se aceptan archivos en PDF.

- Entre figuras y tablas no debe exceder de 8.

#### Motivos de rechazo

El incumplimiento de estas normas podrá ocasionar el rechazo del trabajo en cualquier momento del proceso editorial.

# Revista de Medicina e Investigación

Nº Folio\*:

LISTA DE COTEJO Y CONSENTIMIENTO DE AUTORÍA

Título del trabajo:

---

---

Por favor, verifique que su trabajo cumple con las Instrucciones para los Colaboradores de la “Revista de Medicina e Investigación” llenando el siguiente cuestionario.

	Verificado por el Autor	Verificado por RMI*
- Carta de Consentimiento de todos los autores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Página frontal completa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Resumen en inglés y en español (con títulos y palabras clave)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Texto con sus respectivos apartados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Referencias de acuerdo al formato de RMI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Pies de figuras en página independiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Figuras en los dos formatos digitales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Todo el manuscrito a doble espacio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Páginas numeradas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comentarios al Editor:		

\*No llenar, espacio reservado para uso interno de la Revista de Medicina e Investigación

Los abajo firmantes manifiestan que este artículo es original, que no ha sido enviado a publicación en otra revista y que están de acuerdo con el orden de autoría.

Nombre	Firma
Primer Autor	
Coautor	
Coautor	
Coautor	

Para más autores agregar otra hoja