

## ESTIMACIÓN DE LA DOSIS DE ENTRADA EN PIEL DE PACIENTES ADULTOS SOMETIDOS A PROCEDIMIENTOS DIAGNOSTICOS Y TERAPEUTICOS DE CARDIOLOGIA INTERVENCIONISTAS

José Leal<sup>1</sup>, Lila Carrizales-Silva<sup>1</sup>, Carlos Leal<sup>1</sup>, Víctor Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Unidad de Tecnología Nuclear Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica. Caracas-República Bolivariana de Venezuela.

<sup>2</sup> Hospital Universitario de Caracas. Servicio de Hemodinamia. Caracas-República Bolivariana de Venezuela

### RESUMEN

Se realizó una vigilancia radiológica con Dosimetría Termoluminiscente (TLD) en 31 pacientes adultos, sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos, en el Servicio de Hemodinamia del Hospital Universitario de Caracas, los TLD se colocaron sobre la piel del paciente en diferentes puntos anatómicos. En la espalda se colocó una malla 30cm x 25cm con 30 TLDs para conocer el Dosis máxima en piel. Los resultados para la Dosis de entrada en piel en procedimientos diagnósticos estuvieron en el rango mínimo y máximo para cristalino de (0,03 a 8) E<sup>-2</sup> mGy, tiroides (0,21 a 8,14) mGy, gónadas (0,00097 a 1,10) mGy, línea axilar media bilateral derecha (2,59 a 16,76) mGy, línea axilar media bilateral izquierda (0,20 a 8,74) mGy, cara anterior del tórax (0,28-8,56) mGy. En la espalda el Dosis máxima en piel obtenida fue de 728,21 mGy. Mientras que en procedimientos terapéuticos en cristalino (0,03 a 0,58) mGy, tiroides (0,48 a 28,35) mGy, gónadas (0,11 a 0,94) mGy, línea axilar media bilateral derecha (0,16 a 3,19) mGy, línea axilar media bilateral izquierda (1,05 a 29,15) mGy, cara anterior del tórax (2,04-29,34) mGy, en la espalda el Dosis máxima en piel fue de 970,61 mGy. La incertidumbre para todas las mediciones fue de  $\pm 15$  %. Las dosis obtenidas en ningún caso superaron los umbrales para efectos determinísticos en piel, sin embargo se comprobó que la TLD no es apropiada para el registro de la Dosis máxima en piel, debido al gran número de TLDs requeridos para el registro, concluyéndose que las películas radiocrómicas son el sistema de detección por excelencia para este fin.

*Dosis de entrada, Dosimetría TLD, Vigilancia Radiológica en Pacientes, Intervencionismo,*

### 1. INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en la población mundial y se prevee que lo sigan siendo, debido al aumento de su prevalencia en los países con menos recursos y al envejecimiento de la población. Los ataques al corazón y los Accidentes Cerebro Vasculares (ACV) suelen ser fenómenos agudos que se deben sobre todo a obstrucciones (depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos) que impiden que la sangre fluya hacia el corazón y el cerebro. Nuestro país no escapa de esta realidad debido que las enfermedades cardiovasculares también representan la primera causa de muerte de la población venezolana por enfermedad y para tratarlas se requieren equipos de alta tecnología que permitan hacer intervenciones invasivas (angiografías y angioplastias) de manera rápida y masiva que cubran la gran demanda de los pacientes con problemas cardiovasculares. En cardiología intervencionista, los procedimientos diagnósticos y terapéuticos son ejecutados realizando una técnica llamada fluoroscopia, que permite mediante el uso de rayos X la visualización en tiempo real de la anatomía y fisiología de estructuras vasculares y cámaras cardíacas. Estos procedimientos intervencionistas reducen los riesgos asociados a la cirugía convencional (anestesia general) y disminuye costos hospitalarios. El fluoroscopio está compuesto principalmente por un tubo de rayos X, filtros, colimador, detector de imagen

(intensificador de imagen o detector de paneles planos), una camilla basculable, monitor de televisión, un pedal para el control de fluoroscopia y cinefluorografía. En un procedimiento de cateterismo cardíaco la fluoroscopia representa una ayuda muy importante para los médicos intervencionistas, ya que pueden localizar la obstrucción arterial de manera precisa, así como otras patologías cardiovasculares.

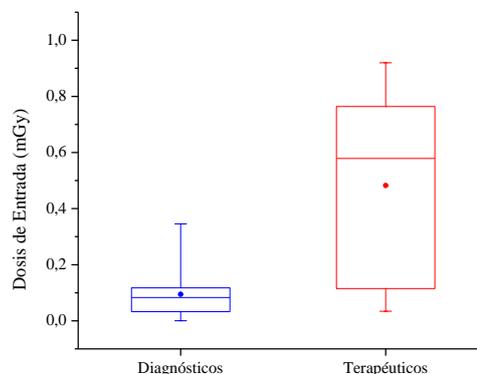
El uso de las radiaciones ionizantes en estos procedimientos intervencionistas trae consigo efectos que pueden ser perjudiciales para el Paciente debido a los largos tiempos de exposición empleados en estas prácticas médicas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el Servicio de Hemodinamia del Hospital Universitario de Caracas, bajo previo consentimiento válido de los pacientes, se realizaron mediciones dosimétricas en 31 pacientes adultos de diferentes edades y peso, de los cuales 21 fueron sometidos a procedimientos diagnósticos y 10 a terapéuticos. Los dispositivos de medición de radiación utilizados fueron los dosímetros termoluminiscentes TLD-100 colocados sobre la piel de los pacientes con adhesivos en los puntos anatómicos siguientes; nariz permitiendo estimar la Dosis de entrada en cristalino, cara anterior del cuello donde se proyecta la tiroides, línea axilar media bilateral derecha, línea axilar media bilateral izquierda, cara anterior del tórax, hipogastrio permitiendo estimar el Dosis de entrada en gónadas. En la espalda se colocó una malla 30cm x 25cm la cual portada en la red 30 TLDs a una distancia de 6cm entre cada uno, esto con el propósito de conocer la Dosis máxima en piel.

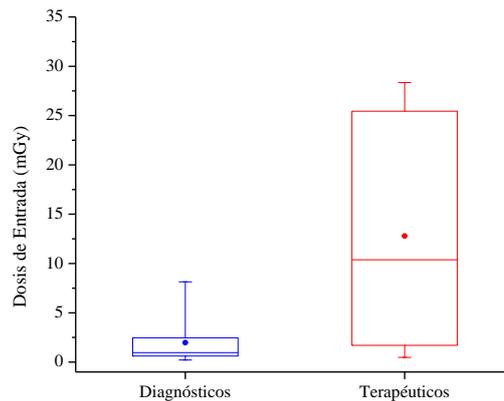
## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en pacientes mostraron que la Dosis de entrada y la Dosis máxima en piel en procedimientos diagnósticos y terapéuticos estuvieron comprendidos de la siguiente manera.



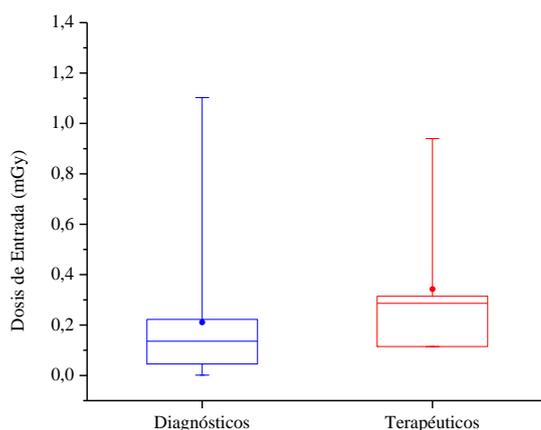
**Figura 1. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en cristalino recibido por los 31 pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista**

En la **figura 1** se puede observar que la Dosis de entrada en cristalino recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo de 0,35 mGy y un valor mínimo de 0,0003 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,03 mGy, la mediana de 0,08 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 0,12 mGy con una mayor dispersión de los datos entre el primer cuartil (Q1) y la mediana, también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 0,92 mGy y un valor mínimo de 0,03 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,11 mGy, la mediana de 0,57 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 0,76 mGy con una mayor dispersión de los datos entre el primer cuartil (Q1) y la mediana, también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).



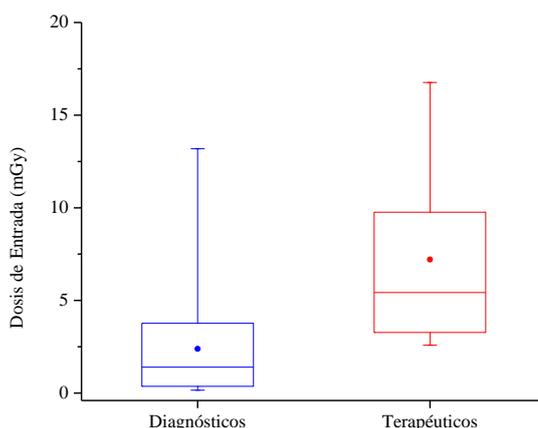
**Figura 2. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en la tiroides recibido por 31 pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista**

En la **figura 2** se puede observar que la Dosis de entrada recibido en la tiroides por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo 8,14 mGy y un valor mínimo de 0,21 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,61 mGy, la mediana de 0,97 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 2,47 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéutico la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 28,35 mGy y un valor mínimo de 0,48 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 1,70 mGy, la mediana de 10,38 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 25,45 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).



**Figura 1. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en las gónadas recibido por los 31 pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista**

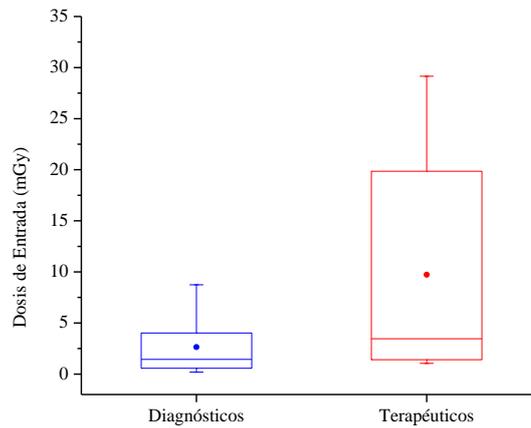
En la **figura 3** se puede observar que la Dosis de entrada en las gónadas recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo 1,10 mGy y un valor mínimo de 0,00097 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,05 mGy, la mediana de 0,14 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 0,22 mGy con una mayor dispersión de los datos entre el primer cuartil (Q1) y la mediana, también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 0,94 mGy y un valor mínimo de 0,11 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,11 mGy, la mediana de 0,29 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 0,31 mGy con una mayor dispersión de los datos entre el primer cuartil (Q1) y la mediana, también podemos observar una concentración de los datos hacia el valor mínimo.



**Figura 4. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en la línea axilar media bilateral derecha recibido por los 31 pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista**

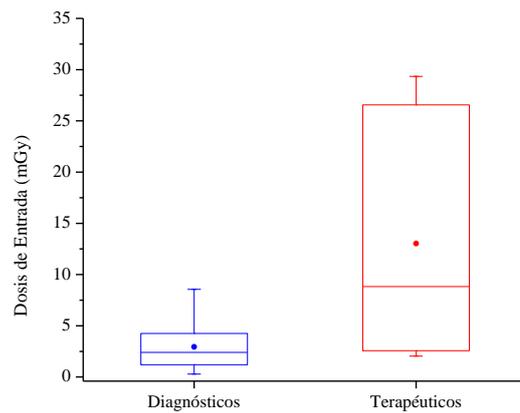
En la **figura 4** se puede observar que la Dosis de entrada recibido en la línea axilar media bilateral derecha por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo 13,19 mGy y un valor mínimo de 0,16 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,36 mGy, la

mediana de 1,40 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 5,43 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 16,76 mGy y un valor mínimo de 2,59 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 3,28 mGy, la mediana de 5,43 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 9,76 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).



**Figura 5. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en la línea axial media bilateral izquierda recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista.**

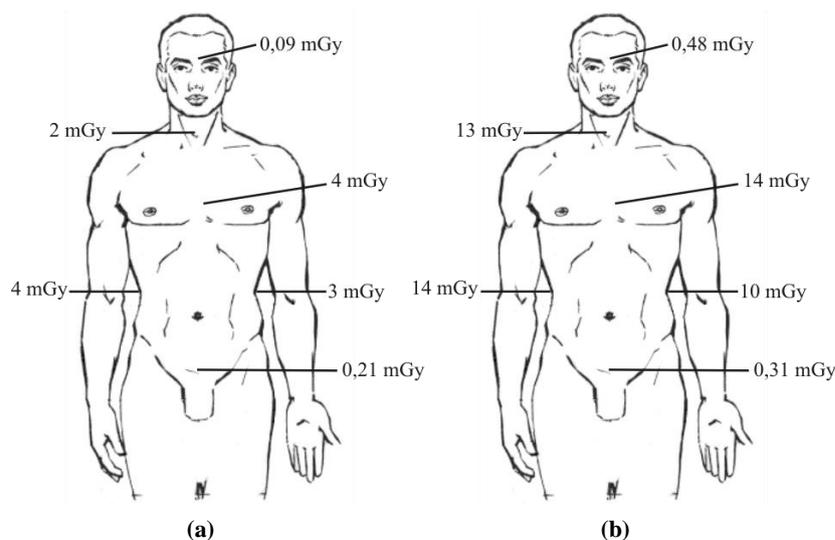
En la **figura 5** se puede observar que la Dosis de entrada en la línea axial media bilateral izquierda recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo 8,74 mGy y un valor mínimo de 0,20 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 0,58 mGy, la mediana de 1,44 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 4,02 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos en la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 29,15 mGy y un valor mínimo de 1,05 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 1,41 mGy, la mediana de 3,46 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 19,85 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).



**Figura 6. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis de entrada en la cara anterior del tórax recibido por los 31 pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista**

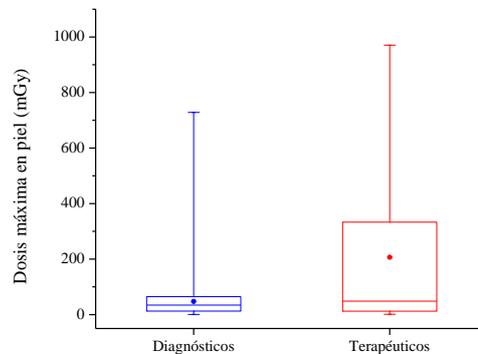
En la **figura 6** se puede observar que la Dosis de entrada en la cara anterior del tórax recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor máximo 8,54 mGy y un valor mínimo de 0,28 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 1,20 mGy, la mediana de 2,40 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 4,25 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos la Dosis de entrada recibido por los pacientes se observa un valor máximo de 29,34 mGy y un valor mínimo de 2,04 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 2,57 mGy, la mediana de 8,83 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 26,56 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).

En la **figura 7** se puede observar la Dosis de entrada promedio obtenido en este estudio en pacientes que fueron sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista.



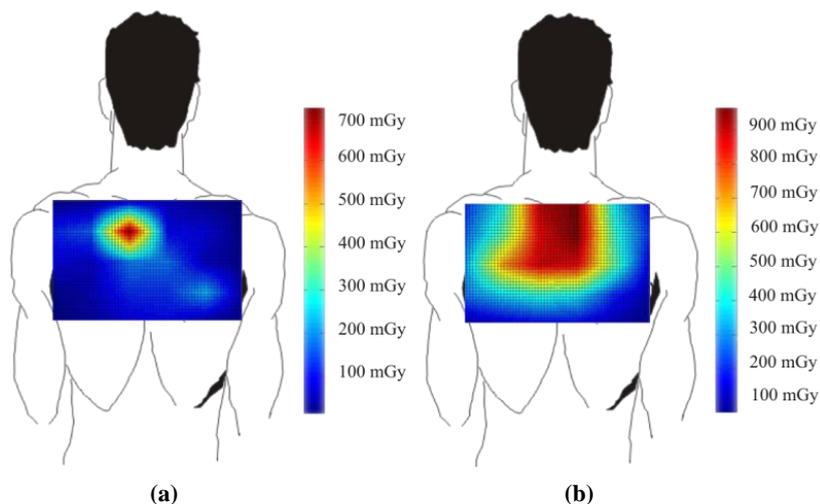
**Figura 7. Promedio de la Dosis de entrada en pacientes sometidos a procedimientos de cardiología intervencionista. (a) Diagnósticos (b) Terapéutico.**

La estimación del punto de Dosis Máxima en piel (posterior-anterior) con dosímetros termoluminiscente serán mostrados por medio de graficas de isodosis que se obtuvieron realizando el código computacional en MATrix LABoratory (MATLAB), realizando una interpolación cubica para obtener una sucesión de dosis puntual en el plano.



**Figura 8. Diagrama de Distribución de los datos de la Dosis máxima en piel recibido por los pacientes durante los procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista.**

En la **figura 8** se puede observar que la Dosis máxima en piel recibido por los pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos obtuvo un valor de 728,21 mGy y un valor mínimo de 0,62 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 12,60 mGy, la mediana de 34,35 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 64,70 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1). En los procedimientos terapéuticos la Dosis máxima en piel recibido por los pacientes se observa un valor de 970,61 mGy y un valor mínimo de 1,10 mGy, donde el primer cuartil (Q1) se observa un valor de 12,41 mGy, la mediana de 48,48 mGy y el tercer cuartil (Q3) de 332,96 mGy con una mayor dispersión de los datos entre la mediana y el tercer cuartil (Q3), también podemos observar una concentración de los datos entre el valor mínimo y el primer cuartil (Q1).



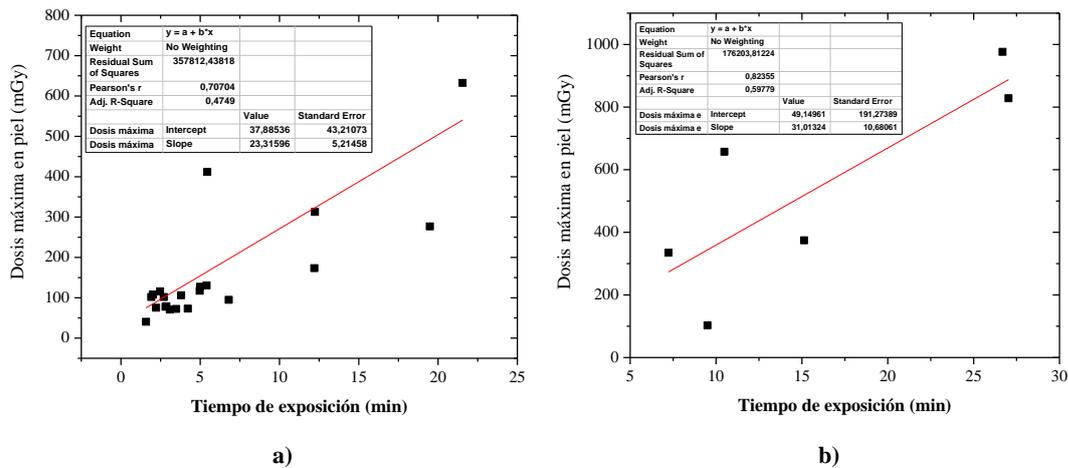
**Figura 92. Distribución de la dosis máxima en la piel del paciente debido a un procedimiento de cardiología intervencionista.** (a) Paciente masculino de 60 años de edad sometido a un procedimiento diagnóstico durante 10 minutos con 43 segundos de exposición. (b) Paciente de masculino de 49 años sometida a un procedimiento terapéutico durante 26 minutos con 41 segundos de exposición.

La figura (9a) muestra un punto de Dosis máxima en piel de 728,207 mGy y la figura (9b) un punto de Dosis máxima en piel es de 970,61 mGy con una incertidumbre del  $\pm 15\%$  en todas las estimaciones.

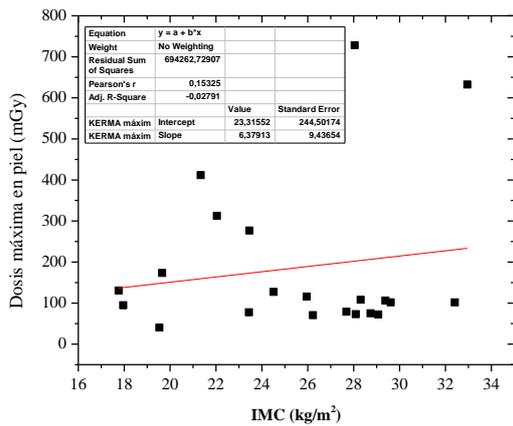
**Tabla I. Comparación de los valores de la Dosis máxima en piel encontrados en la literatura y este estudio**

Autores	Dosis máxima en piel (mGy)	
	Diagnósticos	Terapéuticos
Putte (2000)	412.0	760 (sin stent) 1800 (con stent)
Vaño (2001)	217	391
Huda (2001)	840	1300
Bacher (2005)*	--	34.2 (1.49-297.1)
Yakoumakis (2009)*	22.6 (0.4-105)	72.2 (3.3-160)
Este estudio	728,207	970,607

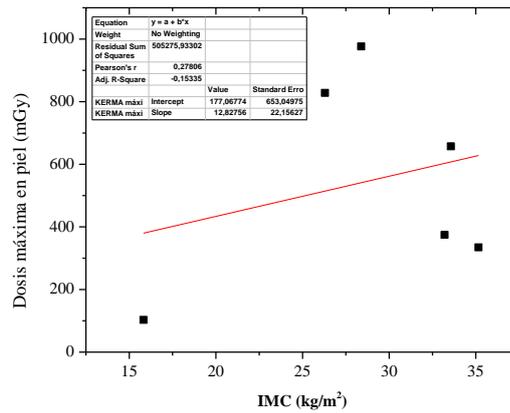
Comparando los resultados obtenidos de la Dosis máxima de entrada en piel con los mostrados en la **tabla I** se muestra que los pacientes que fueron sometidos a procedimientos diagnósticos recibieron una Dosis máxima en piel muy cercanos a los obtenidos por Huda (2001), teniendo una diferencia considerable con Putte (Putte, Verhaegen, Taaeymans, & Thierens, 2001), Vaño (Vaño, Gonzales, Ten, Fernandez, Guibelalde, & Macaya, 2011) y Yakoumakis (Yakoumakis, y otros, 2009). Con respecto a la Dosis máxima en piel obtenida en procedimientos terapéuticos esta lectura está por encima al valor obtenido por Putte.



**Figura 10. Correlación entre el Tiempo de exposición y la Dosis máximo en piel en procedimientos de cardiología intervencionista. (a) Procedimientos Diagnósticos con un  $r=0,70$ , (b) Procedimientos Terapéuticos con un  $r=0,82$**

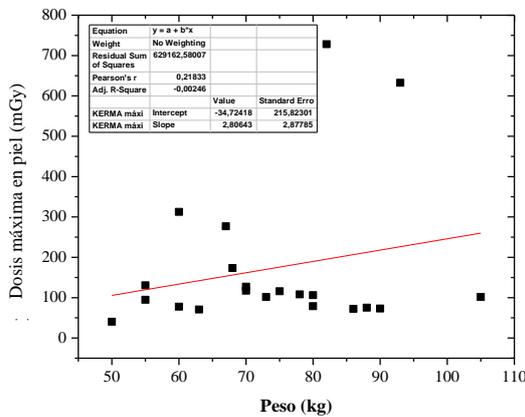


(a)

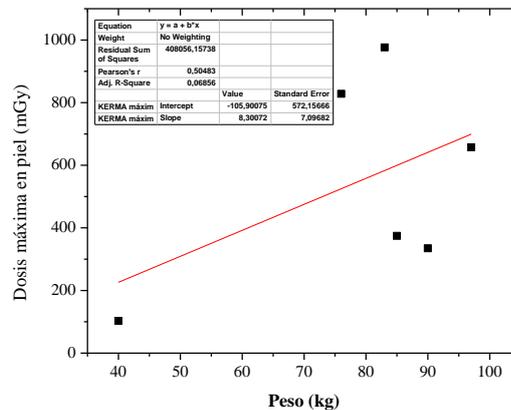


(b)

**Figura 11. Correlación entre el Índice de masa corporal y la Dosis máxima en piel en procedimientos de cardiología intervencionista. (a) Procedimientos Diagnósticos con un  $r=0,15$ , (b) Procedimientos Terapéuticos con un  $r=0,28$**

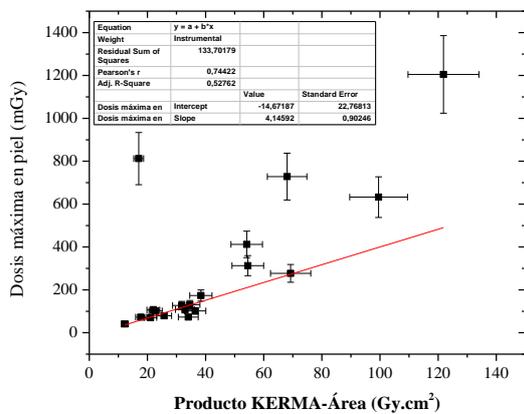


(a)

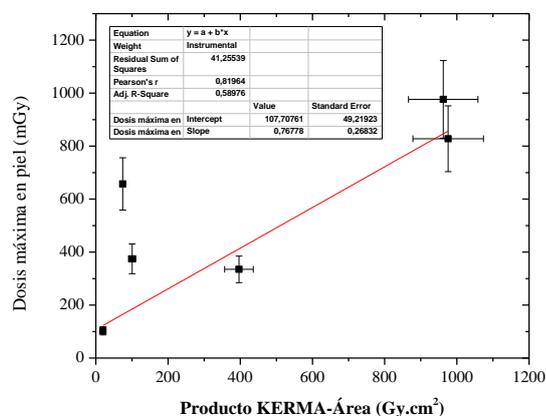


(b)

**Figura 12. Correlación entre el Peso y el Dosis máxima en piel en procedimientos de cardiología intervencionista. (a) Procedimientos Diagnósticos con un  $r=0,22$  (b) Procedimientos Terapéuticos con un  $r=0,50$**



(a)



(b)

**Figura 13. Correlación entre el Producto Dosis-Área y la Dosis máxima en piel en procedimientos de cardiología intervencionista. (a) Procedimientos Diagnósticos con un  $r=0,74$  (b) Procedimientos Terapéuticos con un  $r=0,82$**

**Tabla II. Factores de correlación ( $r^2$ ) obtenidos en este estudio**

Parámetros Correlacionados	Procedimientos	
	Diagnósticos	Terapéuticos
Tiempo de exposición vs Dosis máxima en piel	0,71	0,82
IMC vs Dosis máxima en piel	0,15	0,28
Peso vs Dosis máxima en piel	0,22	0,50
Producto Dosis-Área vs Dosis máxima en piel	0,74	0,82

En función a los resultados expresados en la **tabla II** podemos realizar el siguiente análisis. En los procedimientos intervencionistas los factores que aumentan la dosis en pacientes son los largos tiempos de exposición empleados, el peso del paciente y los parámetros físicos implementados por los médicos intervencionistas. En este estudio se pudo corroborar que el tiempo de exposición tiene relación directa con las altas dosis en la piel ya que el factor de correlación para procedimientos diagnósticos estuvo en ( $r^2$ )= 0,71 y para procedimientos terapéuticos en ( $r^2$ )= 0,82. La correlación entre la Dosis máxima en piel, Índice de Masa Corporal y el Peso estuvieron bajos. A diferencia de la relación Producto Dosis-Área vs Dosis máxima en piel con un ( $r^2$ )= 0,82 esta correlación estuvo cercano a los valores obtenidos por Trianni ( $r^2$ )= 0,88 (Trianni, y otros, 2005) y Chida ( $r^2$ )= 0,72 (Chida, y otros, 2007).

## 5. CONCLUSIONES

Los niveles de la Dosis de entrada registrado en pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos en su valor más alto a nivel de naci3n (cristalino) es de 0,35 mGy, cara anterior del cuello donde se proyecta la tiroides 8,14 mGy, hipogastrio (g3nadas) 1,10 mGy, l3nea axilar media derecha 16,76 mGy, l3nea axilar media izquierdo 8,74 mGy, cara anterior del t3rax 8,56 mGy siendo valores muy inferiores a la dosis umbral de efectos determin3sticos.

Los niveles de la Dosis de entrada registrado en aquellos pacientes sometidos a procedimientos terapéuticos en su valor más alto a nivel de naci3n (cristalino) 0,92 mGy, cara anterior del cuello donde se proyecta la tiroides 28,35 mGy, hipogastrio (g3nadas) 0,94 mGy, l3nea axilar media derecha 13,19 mGy, l3nea axilar media izquierdo 29,15 mGy, cara anterior del t3rax 29,34 mGy siendo valores muy inferiores a la dosis umbral de efectos determin3sticos.

La Dosis máxima en piel registrada a nivel de la regi3n posterior-anterior en pacientes sometidos a procedimientos de diagn3sticos es 728,21 mGy y en procedimientos de terapéuticos es 970,61 mGy siendo dosis que est3n por debajo de la dosis umbral para la aparici3n de efectos determin3sticos en piel 2 Gy, sin embargo pero dicho umbral se podr3a alcanzar en el caso de repetirse el procedimiento.

Existe una correlaci3n positiva con un valor “r” cercano a 1 entre la Dosis máxima en piel y los tiempos empleados con un  $r= 0,71$  para procedimientos diagn3sticos y un  $r= 0,82$  para procedimientos terapéuticos.

Existe una correlaci3n positiva con un valor “r” cercano entre la Dosis máxima en piel y el Producto Dosis-Área con un  $r= 0,74$  para procedimientos diagn3sticos y un  $r= 0,82$  para procedimientos terapéuticos.

## 6. RECOMENDACIONES

En caso que el paciente reciba durante un procedimiento intervencionista dosis mayores o cercanas a 2 Gy, se recomienda registrar las dosis en su historia clínica y llevar un seguimiento periódico de evaluaciones en piel el cual debe ser realizado por un médico dermatólogo especialista en lesiones radioinducidas, ya que, el paciente puede eventualmente manifestar a lo largo del tiempo efectos determinísticos. Para la estimación del punto de Dosis Máxima en piel se recomienda el uso de las películas radiocrónicas ya que permite cuantificar de manera continua el Dosis.

## 7. REFERENCIAS

1. Organización Mundial para la Salud. (1999). **Índice de Masa Corporal**.
2. Organización Mundial para la Salud. (2011). **Nota Informativa**.
3. AAPM. (2001). Cardiac Catheterization Equipment Performance. 70.
4. Archer, W. a. (2004). Minimizing Risks from Fluoroscopic Radiation.
5. Ariel Durán, K. H. (s.f.). Guías de Protección Radiológica Ocupacional en Cardiología Intervencionista.
6. Lima, V. C. (2010). Cateterismo cardiaco, diagnostico (angiografía) y terapéutico (angioplastia) en la enfermedad arterial coronaria de los pacientes diabéticos. 51(2).
7. Ministerio del Poder Popular para la Salud. (2009). **Anuario de Mortalidad**. Caracas-Venezuela.
8. Vaño, E., Gonzales, L., Ten, J., Fernandez, M., Guibelalde, E., & Macaya, C. (2011). Skin dose and dose-area product values for interventional cardiology procedures. 74.
9. Yakoumakis, E. N., Gialousis, G. I., Papadopoulou, D., Makri, T., Pappouli, Z., Yakoumakis, N., y otros. (2009). Estimation of children's radiation dose from cardiac catheterisations, performed for the diagnosis or the treatment of a . 29(2).
10. Putte, S. V., Verhaegen, F., Taaeymans, Y., & Thierens, H. (2001). Correlation of patient skin doses in cardiac interventional radiology with dose-area product. 73.
11. Chida, K., Kagaya, Y., Saito, H., Takai, Y., Takahashi, S., Yamada, S., y otros. (2007). Total entrance skin dose: an effective indicator of maximum radiation dose to skin during percutaneous coronary intervention. 189.