

Densitómetro de bajo costo basado en visión para dosimetría clínica

Gerardo Jiménez-Aviles^{1,2*}
Miguel Á. Camacho-López¹
Olivia A. García-Garduño³
Keila Isaac-Olivé¹



1 Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Medicina



2 Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología



3 Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Física Médica

XII CONGRESO NACIONAL Y II CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD “GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

RESUMEN

La película radiocrómica (PRC) ha desempeñado un papel importante en la dosimetría clínica de tratamientos oncológicos que emplean radiación ionizante; pero presenta fuentes de incertidumbre al procesarlas con escáner.

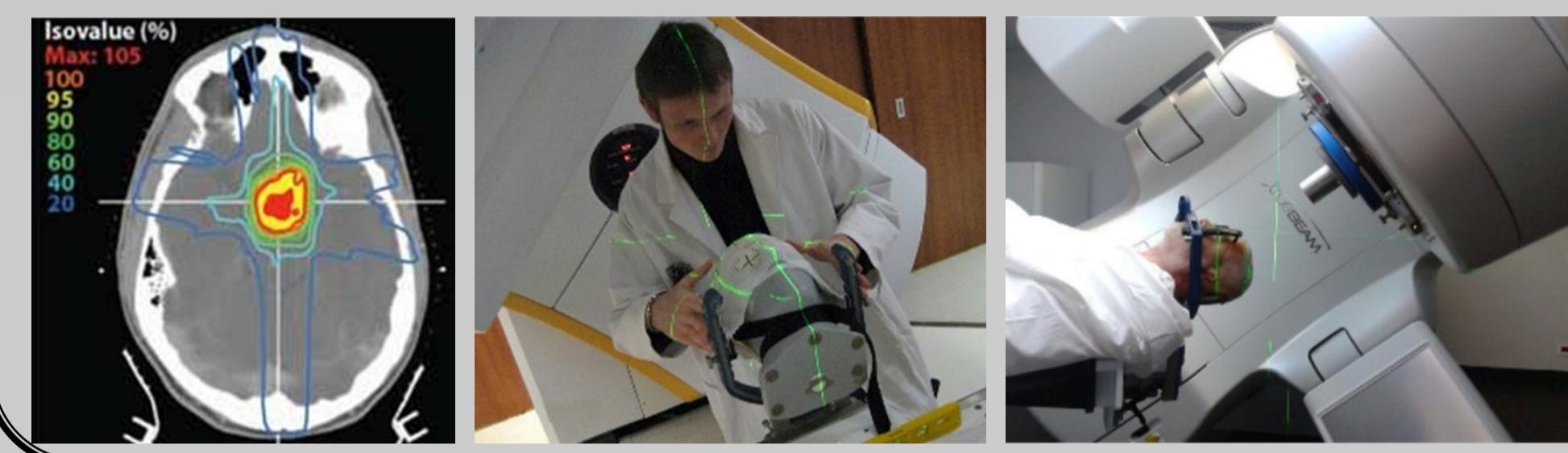
Se diseñó, desarrolló y evaluó un densitómetro para digitalizar PRC; el ruido, la respuesta a la densidad óptica neta (DON) y la incertidumbre fueron cuantificados y comparados con los resultados de un escáner aplicando protocolos semejantes de procesamiento de imágenes.

La sensibilidad del densitómetro a la DON es el doble que la del escáner, pero la incertidumbre apunta la necesidad de mejorar la adquisición y procesamiento de los datos.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos oncológicos que emplean radiación ionizante demandan gran precisión en la determinación de la dosis depositada; las variaciones comprometen al tejido sano y alteran los resultados clínicos previstos¹.

El algoritmo del sistema de planeación de tratamiento simula la deposición de la dosis en el organismo con base en los datos del paciente y, previo a su tratamiento, se realiza un proceso dosimétrico mediante maniqués y dosímetros, estas medidas experimentales son comparadas con los datos calculados y, cuando ambos coinciden dentro de una tolerancia, se puede comenzar el tratamiento en el paciente².



La PRC es un dosímetro primordial en hospitales, por ser poco sensible a la luz ultravioleta (UV) y por ser sumergible en agua. La composición de la PRC propicia una densidad electrónica de 7.46, equivalente a tejido suave^{1,2}.

La PRC está estructurada en monómeros que se polimerizan por efecto de la luz UV o de la radiación ionizante. Con base en la dosis depositada (y del tiempo) varía el grado de polimerización; entonces, la película se oscurece y da lugar a diferentes densidades ópticas (DO)³.

La DO relaciona logarítmicamente a la intensidad que incide en la PRC (I_0) y la fracción que ésta transmite (I_t)⁴.

$$DO = \log_{10} \frac{I_0}{I_t}$$

La dosimetría clínica con película incluye un sistema dosimétrico compuesto por un escáner de cama plana en modo de transmisión, PRC y software para procesamiento de datos; sistema que presenta ciertas desventajas^{2,5}.

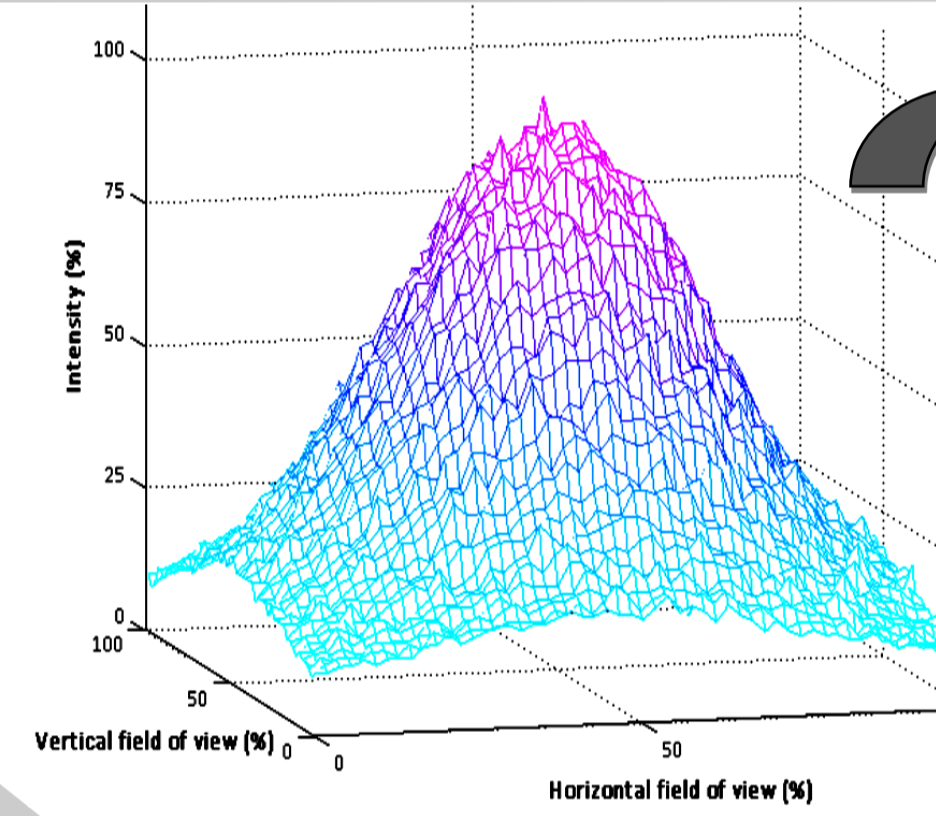
OBJETIVO

Diseñar y evaluar un densitómetro de bajo costo con base en una cámara comercial y luz LED para digitalizar PRC empleadas en dosimetría clínica, aplicando protocolos similares de digitalización con escáner que permiten cumplir con los criterios de incertidumbre.

- Desarrollar un arreglo experimental electro-óptico.
- Programar una aplicación para control y monitoreo de dispositivos y para adquisición y procesamiento de datos.
- Analizar y comparar datos del densitómetro y del escáner.

RESULTADOS

1 Uniformidad de la fuente de luz del densitómetro

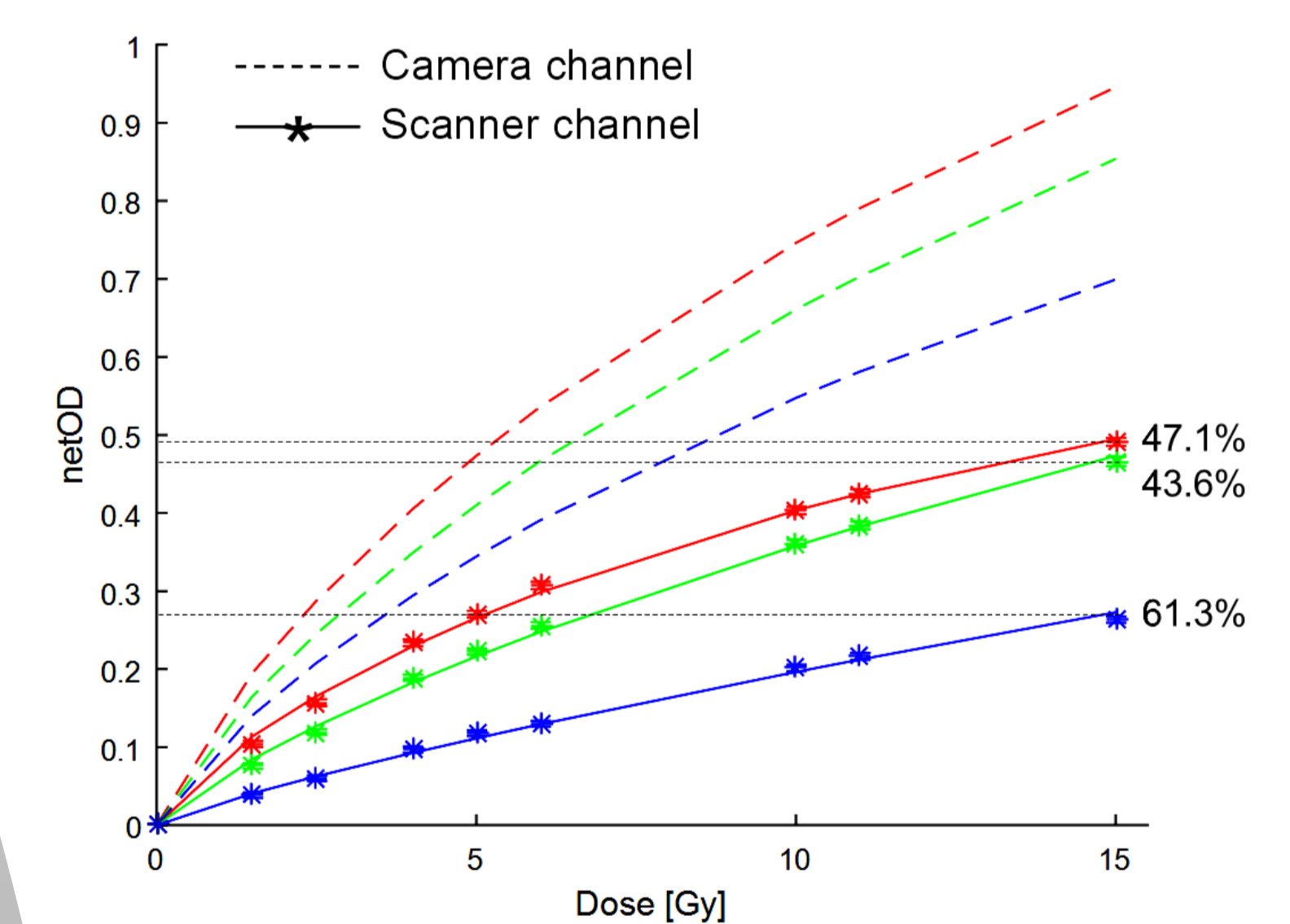


2 Ruido en la imagen

Dose [Gy]	$E_{n,Cy}$	CMOS Camera			Scanner		
		R	G	B	R	G	B
0.0	6.50	9.64	6.24	13.95	0.82	0.72	0.72
1.5	9.50	9.29	6.35	12.63	0.37	0.32	0.34
2.5	11.50	9.08	6.42	11.90	0.56	0.44	0.45
4.0	14.80	8.85	6.47	11.03	0.59	0.48	0.44
5.0	17.00	9.05	6.65	10.90	0.55	0.49	0.45
6.0	19.50	9.01	6.86	10.47	0.75	0.63	0.52
10.0	31.00	8.83	6.94	9.51	0.80	0.79	0.67
11.0	33.00	8.73	6.94	9.29	0.88	0.93	0.74
15.0	41.00	9.98	8.01	9.89	0.79	1.21	0.56

19.5 veces más ruido

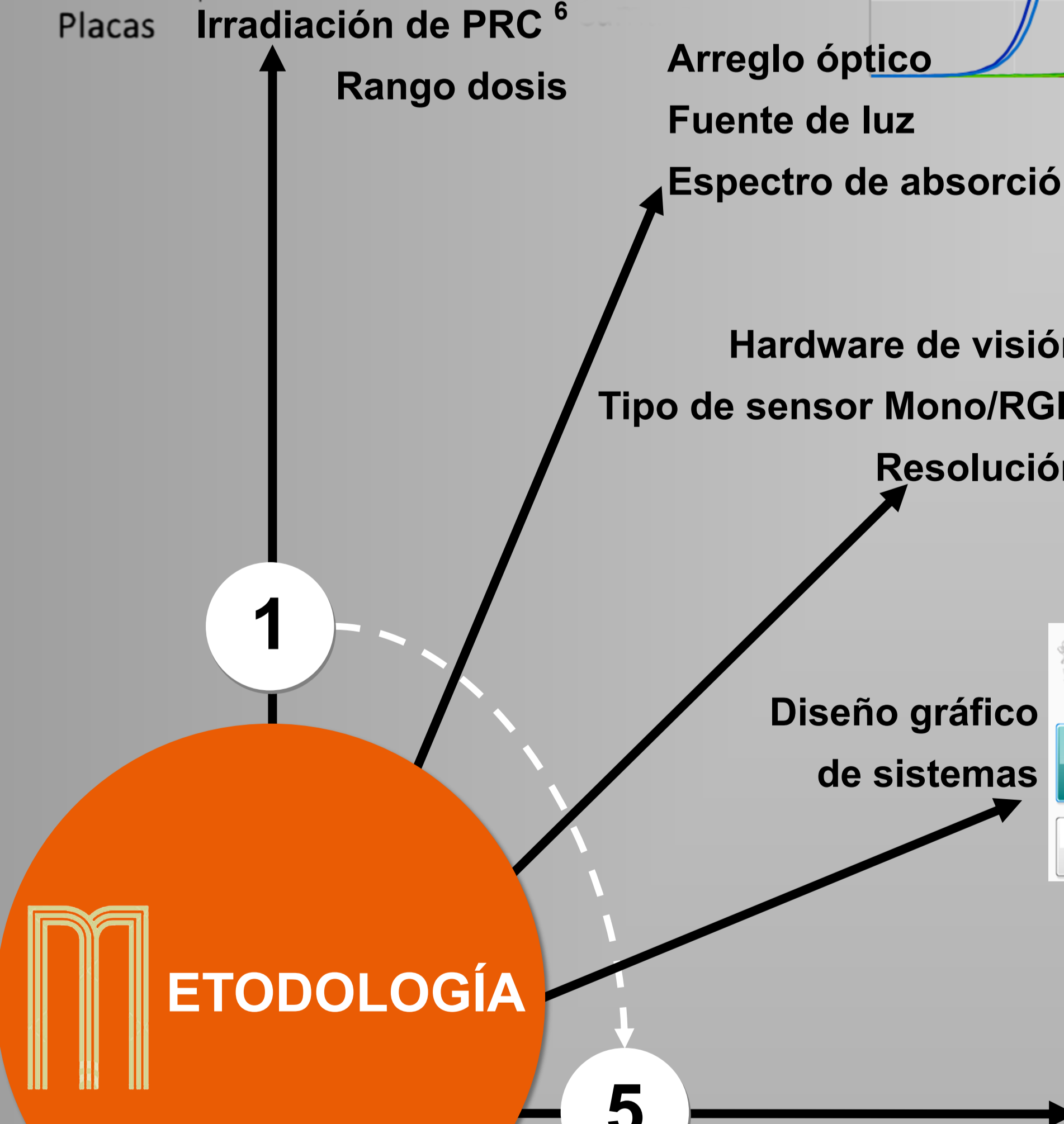
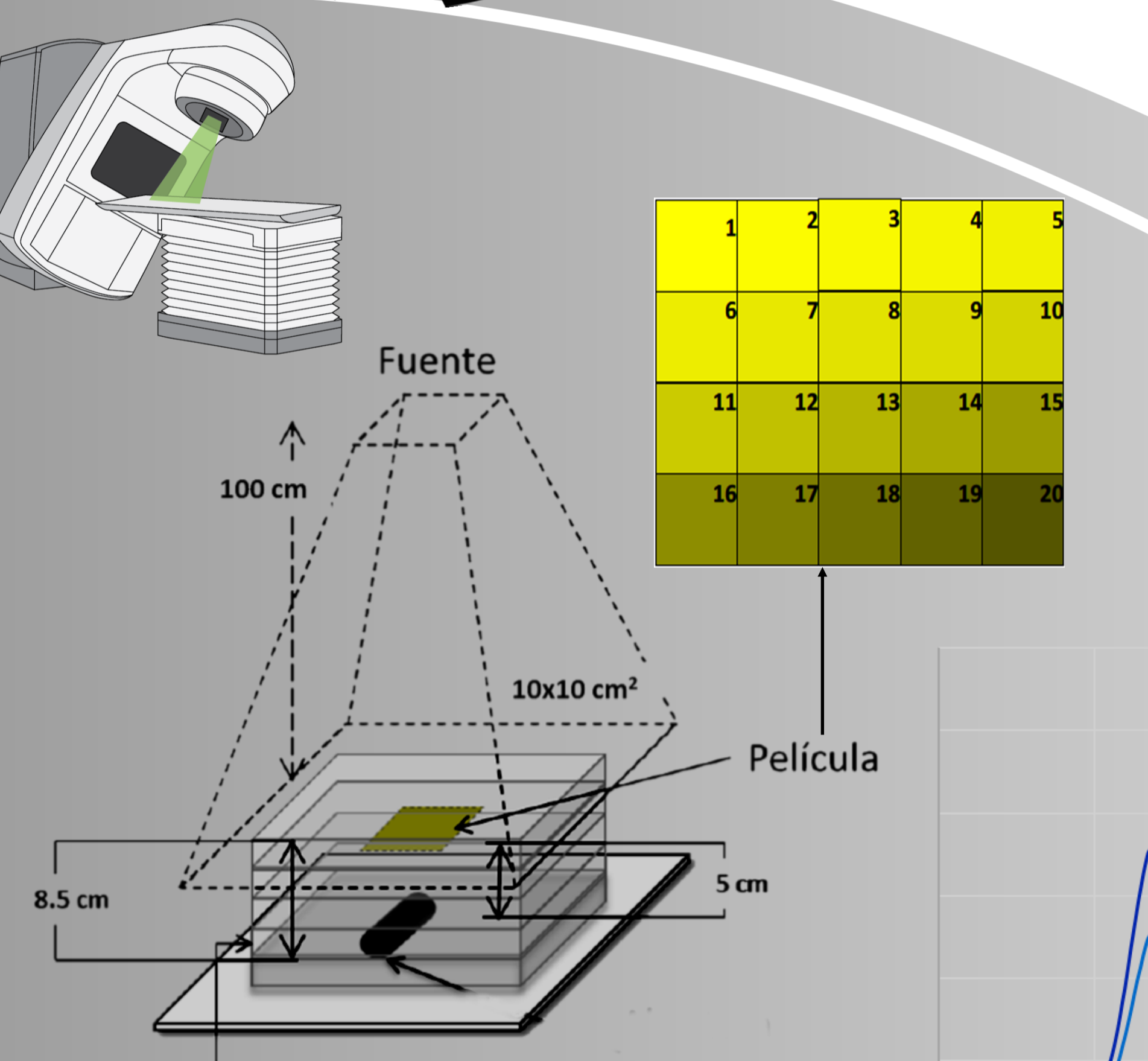
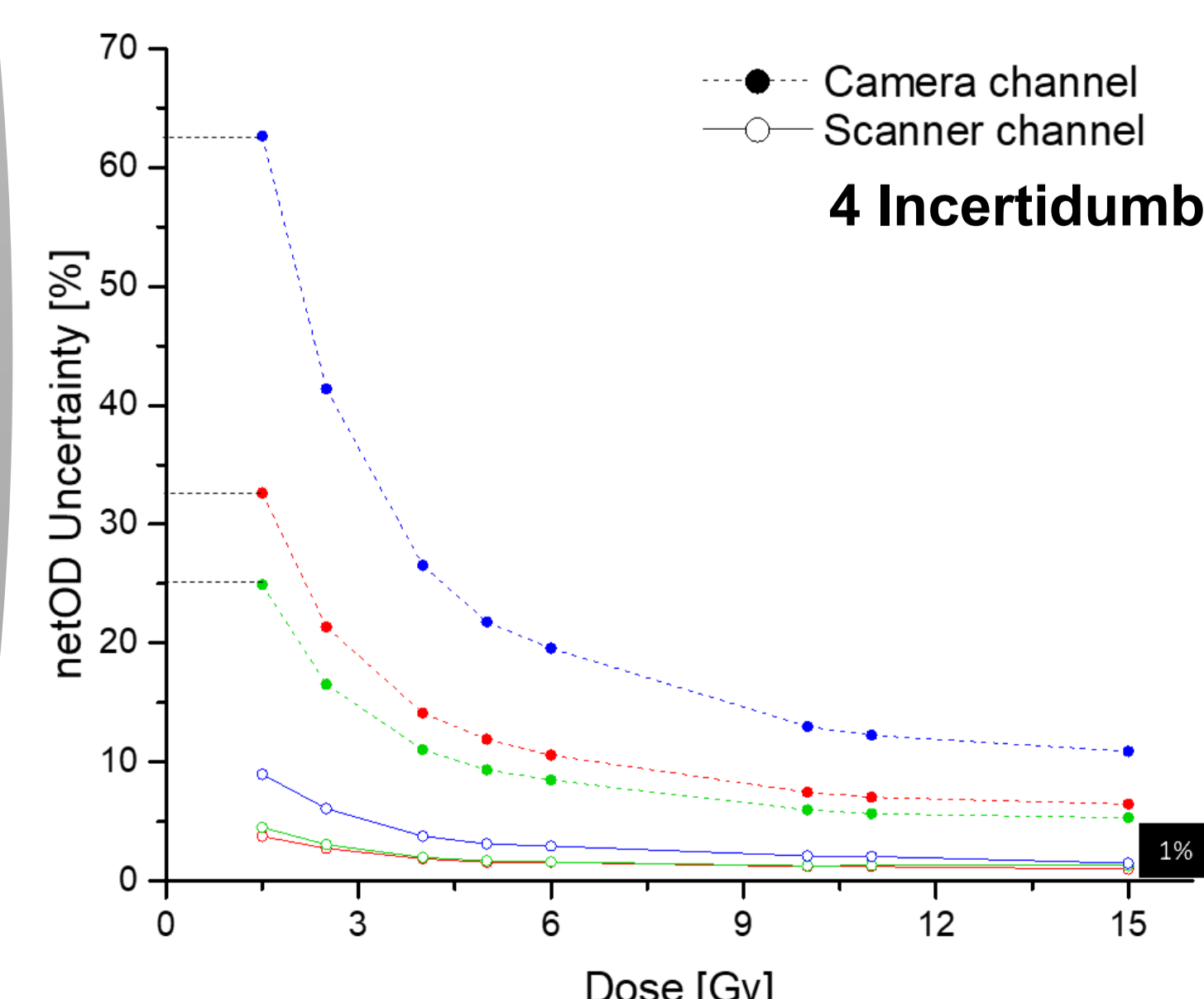
3 Respuesta del densitómetro y el escáner a la DON



$$DO_{neta} = aD + bD^c$$

	Channel	a	b	c	R ²	s_{fit} (1×10^{-5})
CMOS Camera	Red	-1.029	1.171	0.974	0.998	21.667
	Green	-0.790	0.910	0.973	0.997	26.667
	Blue	-0.762	0.864	0.975	0.997	20.000
Scanner	Red	-0.545	0.629	0.969	0.999	5.043
	Green	-0.304	0.365	0.969	0.998	5.770
	Blue	-0.018	0.047	0.903	0.997	3.297

4 Incertidumbre



CONCLUSIONES

El densitómetro elimina artefactos en la imagen, pero surgen fuentes de incertidumbre que requieren de atención en trabajos futuros.

La sensibilidad en términos de la DON del densitómetro tiene mejores resultados que el escáner, lo que posibilita su uso en rangos dosimétricos mayores.

La incertidumbre del densitómetro es superior a la del escáner, con tendencia influida por el ruido en la imagen. El ruido se convierte en la variable a eliminar.

El ruido aumenta al disminuir la intensidad; el sensor captura menos fotones y la imagen presenta más ruido. Se debe incrementar la intensidad al aumentar la DO, sin que esto altere la PRC. Aplicar filtros para aumentar la calidad de la señal en la imagen.

La incertidumbre del canal verde del densitómetro lo coloca como una alternativa para la digitalización de PRC.

REFERENCIAS

- [1] Arráns R., et al. Dosimetría con películas radiocrómicas. Rev Física Médica. 2009;10(2).
- [2] Niroomand-Rad A, Chiu-Tsao ST, Grams MP, Lewis DF, Soares CG, Van Battum LJ, et al. Report of AAPM Task Group 235 Radiochromic Film Dosimetry: An Update to TG-55. Med Phys. 2020;47(12):5986-6025.
- [3] Das, I. J. (Ed.). (2017). Radiochromic film: role and applications in radiation dosimetry. CRC Press.
- [4] Devic, S. (2011). Radiochromic Film Dosimetry: Past, Present, and Future. Physica Medica. DOI 10.1016/j.ejmp.2010.10.001.
- [5] Lárrega J, García O, et al. Evaluation of a LED-based flatbed document scanner for radiochromic film dosimetry in transmission mode. Phys Medica. 2018;47:86-91.
- [6] Jiménez, G. (2017). Diseño e implementación de un sistema automático de escaneo óptico bidimensional para dosimetría con película radiocrómica en radioterapia de intensidad modulada. Tesis de Maestría (Física Médica). Universidad Autónoma del Estado de México, México.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto realizado gracias a la Cátedra del programa: 'Investigadoras e Investigadores COMECYT EDOMEX', edición 2022, folio: CAT2022-0061.

*Contacto: gerjimav@gmail.com