

## ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA EN MAMOGRAFÍA DIGITAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ<sup>a</sup>

### ESTIMATION OF THE REFERENCE LEVELS FOR DIGITAL MAMMOGRAPHY IN THE METROPOLITAN AREA OF VALLE DE ABURRÁ

CAROLINA OSORIO CASTRILLÓN<sup>b</sup>, JORGE ANSELMO PUERTA ORTÍZ<sup>b</sup>, JAVIER DE JESÚS  
MORALES ARAMBURO<sup>b</sup>, MARÍA PIEDAD MARTÍNEZ GALEANO<sup>c</sup>

Recibido 07-03-2018, aceptado 08-05-2018, versión final 08-06-2018.

Artículo Investigación

**RESUMEN:** Este trabajo presenta un estudio realizado entre el 2015 y 2017, sobre la distribución de la dosis glandular media (DGM) de 520 pacientes en 16 centros de salud del área metropolitana del Valle de Aburrá, en el departamento de Antioquia (Colombia) con el fin de establecer niveles de referencia (NR) para el departamento de Antioquia. Todos los centros evaluados contaban con equipos digitales de diferentes marcas. A cada paciente se le evaluaron dos proyecciones en cada mama: proyección craneocaudal (CC) y medio lateral oblicua (MLO). El estudio evaluó pacientes comprendidas en edades entre 30 y 90 años y se calculó la glandularidad con base en la bibliografía disponible (Dance, 1990). Para el análisis sólo se consideraron pacientes entre 40 y 64 años sin antecedentes de mastectomía o prótesis mamaria. Finalmente se establecieron NR para el Valle de Aburrá a partir del tercer cuartil (Q3) de la mediana de DGM de las unidades mamográficas para las proyecciones MLO y CC los cuales resultaron ser 2.10 y 1.59 mGy respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** Dosis glandular media; mamografía; nivel de referencia.

**ABSTRACT:** This work presents a study carried out between 2015 and 2017 about the distribution of mean glandular dose (DGM) of 520 patients in 16 health centers located in the metropolitan area of Valle de Aburrá - Antioquia (Colombia). The DGM was estimated with the model proposed by Dance and collaborators, considering different glandularities and anode/filter configurations. All the centers had digital equipment of different brands. Each patient was evaluated by two projections one for each breast: craniocaudal projection (CC) and mediolateral oblique (MLO). The study considered patients in ages between 30 and 90 years and the glandularity was calculated based on the available bibliography (Dance, 1990). The analysis considered only patients with ages between 40 and 64 with no previous records of mastectomy or breast prosthesis. Finally, reference levels in Valle de Aburrá were established considering the third quartile (Q3) from the median DGM obtained from the mammography units in MLO and CC projections

<sup>a</sup>Osorio, C.; Puerta-Ortiz, J. A.; Morales, J. & Martinez, M. (2018). Estimación del nivel de referencia en mamografía digital en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Rev. Fac. Cienc.*, 7(2), 62–73. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n2.70890>

<sup>b</sup>Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. [carosoriocas@unal.edu.co](mailto:carosoriocas@unal.edu.co)

<sup>c</sup>Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, Gobernación de Antioquia.

which are 2.10 and 1.59 mGy.

**KEYWORDS:** Mean glandular dose; mammography; reference level.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una de las principales causas de muerte de mujeres en el mundo; sólo en Colombia, se diagnostican aproximadamente 6500 mujeres con cáncer de mama cada año, de las cuales mueren alrededor de 1600 (El Tiempo, 2016). La mamografía es quizás la única herramienta disponible en el país para la detección temprana de cáncer de mama y el sistema de salud colombiano cubre los exámenes mamográficos a partir de los 50 años o antes en algunos casos especiales, por lo que es común que las mujeres colombianas mayores de 50 años se irradien anualmente por este tipo de examen. Las exposiciones a radiaciones ionizantes para aplicaciones médicas son las que más dosis aportan dentro de las fuentes de radiación artificial. La dosis que reciben los pacientes pueden ser optimizadas, para lo cual es importante establecer un nivel de referencia.

En diagnóstico, existen lo que se denomina niveles de referencia (NR), los cuales fueron introducidos por el ICRP publicación 73 (ICRP, 1996) y son usados con el fin de optimizar continuamente la dosis que reciben los pacientes, esto es considerado como una buena práctica de protección radiológica. En algunos países en vía de desarrollo, las buenas prácticas de protección radiológica no han sido del todo adoptadas y se siguen usando NR que no son los óptimos para la población ya que fueron determinados para otras regiones del mundo o para otro tipo de tecnología. Cada país debería tener sus propios NR, los cuales se obtienen a partir de un estudio sobre la población a la que van dirigidos y el tipo de tecnología que se usa.

En Colombia, nunca se han establecido NR, sin embargo, en el año 2010 se realizó un estudio para evaluar la dosis glandular media (DGM) en el departamento de Antioquia (Viloria, 2010); en ese entonces la combinación ánodo-filtro más usada era Mo-Mo y la tecnología de los equipos era de chasis-película. Actualmente, el país cuenta con nuevas tecnologías como lo son la radiografía digital para las cuales tampoco se tienen NR. Este estudio se centró en encontrar NR para mamografía digital en el Valle de Aburrá, localizado en el departamento de Antioquia. La Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia consciente de su papel en la vigilancia de la salud pública realizó durante los años 2015 y 2017 estudios sobre la DGM en el área metropolitana en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín como cuerpo técnico, con el objetivo de establecer NR para la región. Para la estimación de estos nuevos NR se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por el ICRP Publicación 135 (ICRP, 2017), el cual habla sobre NR para nuevas tecnologías.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Elección de los centros

Los mamógrafos en el departamento de Antioquia se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 1 en el Magdalena Medio, 4 en el Urabá, 5 en el Oriente y 65 en el Valle de Aburrá. No se realizaron consideraciones en las regiones del departamento fuera del Valle de Aburrá ya que en estas regiones las cargas de trabajo son relativamente bajas comparado con los centros en el Área Metropolitana en los cuales se puede llegar a tener hasta 80 pacientes diarios. De los 65 centros del Valle de Aburrá se seleccionaron 25 centros a los cuales se les realizó un control de calidad siguiendo el protocolo español (Sociedad Española, 2002). En vista de que algunos de estos centros no cumplían con todas las pruebas de control de calidad, se realizaron las recomendaciones necesarias, de los cuales solo 16 centros cumplieron con las recomendaciones establecidas, por lo cual fueron consideradas en el estudio, resultando un total de 19 unidades de mamografía. Estos centros cuentan con convenios con Entidades Prestadoras de Salud (EPS) o son propiedad de éstas, lo que garantiza un mayor número de pacientes.

Inicialmente se presentaron algunas dificultades para acceder a algunos de los centros debido a que estaban en desacuerdo con realizar o hacer parte del estudio, ya que estos consideraban que podrían verse perjudicados. Ante esto se realizó un trabajo de educación donde se resaltaron los beneficios del estudio para los pacientes y se hizo énfasis en que el estudio no tendría repercusiones para las instituciones participantes.

### 2.2. Parámetros usados en este estudio

Tabla 1: Equipos considerados en el estudio.

Marca/Modelo	Unidades	Tecnología
General Electric Alpha RT	4	CR
General Electric Senographe DMR	4	CR
General Electric Senographe DS	1	DR
General Electric Senographe Essential	1	DR
General Electric Senographe 600	1	CR
GE Healthcare	2	DR
Philips MammoDiagnost DR	1	DR
Siemens 300 Nova	2	CR
Siemens Mammomat 3000	1	CR
Siemens Mammomat 1000	1	CR
Siemens Mammomat Balance	1	CR
IMS Giotto	1	DR

Los programas de control de calidad en mamografía en la región, dadas las condiciones de la Secretaría Seccional de Salud de Antioquia, se han venido realizando cada cuatro años desde el 2006; esto permitió elegir los centros que cumplieran con todos los parámetros de aceptación. Sin embargo, en los centros ya elegidos para este trabajo, se determinó el rendimiento para las técnicas más usadas y la capa hemirreductora.

Con relación a las mujeres involucradas en el estudio se consideraron: las técnicas utilizadas en cada proyección, el espesor de la mama comprimida, edad y peso del paciente; además cabe resaltar que sólo se incluyeron los estudios en los cuales el radiólogo diera su aceptación desde el punto de vista de imagen diagnosticable. En este estudio se consideraron equipos digitales directos y equipos computarizados (CR), la Tabla 1 contiene la referencia de los equipos considerados y sus cantidades. No se consideraron equipos de tomosíntesis o estudios con configuraciones ánodo-filtro para los cuales no se encontraron factores  $s$  en la literatura.

### 2.3. Dosis Glandular Media

Como unidad de medida de la dosis se utilizó la DGM ya que esta representa el riesgo radiológico en pacientes de mamografía. El cálculo de la DGM se realizó de acuerdo con el trabajo de Dance y colaboradores (Dance *et al.*, 2000) por medio de la Ecuación (1).

$$DGM_{[mGy]} = ESAK \times g \times c \times s \quad (1)$$

En estudios anteriores, el cálculo de DGM consideraba los términos  $s$  y  $c$  como 1 debido a la combinación ánodo-filtro y la consideración de una mama con proporción de 50 % en tejido glandular y 50 % en tejido adiposo (Dance, 1990). El término ESAK hace referencia al kerma en aire en la superficie de entrada (Sociedad Española, 2002), la cual es considerada como la unidad más frecuentemente usada en dosimetría. El ESAK fue obtenido a partir de la medida de rendimiento de los equipos (ver Ecuación (2)), los cuales fueron previamente evaluados durante el control de calidad. El factor  $g$  es un factor de conversión de kerma en aire sin retro dispersión a DGM;  $g$  depende de la calidad del haz de rayos X utilizado y el espesor de la mama comprimida (Dance *et al.*, 2000). El factor  $c$  es introducido por Dance (Dance, 1990) y depende de la capa hemirreductora, el espesor de la mama comprimida y el porcentaje de glandularidad (Dance & Young, 2014). Finalmente, el factor  $s$  es la corrección que se introduce dependiendo de la combinación ánodo-filtro.

$$DGM_{[mGy]} = \frac{R_{[mGy \times \frac{m^2}{mAs}]} \times C_{[mAs]}}{DFP_{[m]}^2} \quad (2)$$

donde  $R$  es el rendimiento a 1 m, correspondiente a la combinación ánodo-filtro utilizado y el kV aplicado,  $C$  es la corriente aplicada en mAs y DFP es la distancia foco-paciente.

### 2.4. Elección de los pacientes y clasificación

Los estudios de Dance (Dance *et al.*, 2000) abarcan un rango de edades entre 40 y 64, por tanto, las pacientes que se consideraron en este estudio son aquellas que se encuentran dentro de este rango de edades. Debido a este primer filtro, un total de 155 pacientes fueron descartadas, quedando 573 mujeres, adicionalmente no se consideraron mujeres con mastectomía o prótesis mamaria. Para estudiar las variaciones en la población se construyeron varios histogramas para: 1) Observar la distribución de edades de los pacientes, 2) Observar

la variación de los espesores de mama y 3) Estudiar la distribución de los porcentajes de glandularidad, para lo cual se hizo uso de la fórmula de Dance (Dance *et al.*, 2000) dada en la Ecuación 3.

$$\%Glandularidad = at^3 + bt^2 + ct \times d \quad (3)$$

donde  $t$  es el espesor de mama comprimida y  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son los coeficientes para el ajuste polinomial como función del espesor de la mama según lo reportado por Dance.

## 2.5. Niveles de Referencia

Dado que el alcance de este estudio se limitó solo al departamento de Antioquia, y específicamente en el Valle de Aburrá; los NR que se establecen en este estudio son de tipo local de acuerdo a la clasificación definida por el ICRP publicación 135 (ICRP, 2017). Como cantidad del NR se usó la DGM, y de acuerdo con las recomendaciones de esta publicación, se tomó el tercer cuartil de las medianas de las DGM calculadas para cada centro.

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra un histograma con la distribución de las edades de todas las pacientes que participaron en el estudio, incluyendo las pacientes que posteriormente fueron descartadas. Se tuvo un total de 728 pacientes que luego de aplicar los diferentes filtros (edad, prótesis, mastectomía, combinación ánodo-filtro) se redujo a un total de 520 pacientes. Como se puede ver en la Figura 1 la mayor cantidad de pacientes se encuentran entre el rango de edades que va de los 40 a los 75 años lo que corresponde a un 95 % de la población de estudio.

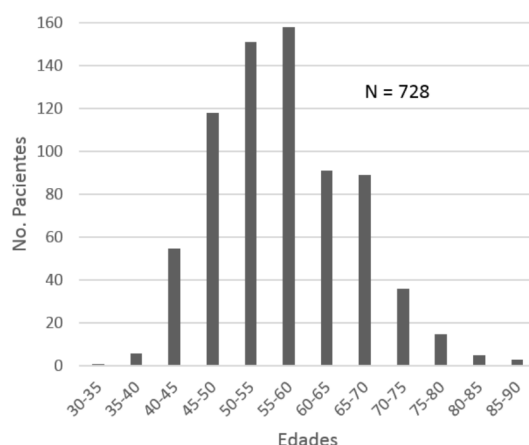


Figura 1: Distribución de edades de los pacientes encuestados en el estudio. Fuente: Elaboración propia.

Resulta interesante ver también la distribución de los espesores de mama comprimida por proyección, la Figura 2 muestra cómo se distribuyen los espesores entre las 520 pacientes que participaron en el estudio. En esta figura, se puede ver que el espesor de mama tiende a ser mayor en la proyección CC, sin embargo, no es una tendencia que se mantenga fija ya que para espesores mayores a 55 mm se invierte, si se toma el promedio total de los espesores para cada proyección, se encuentra que para la proyección MLO el espesor promedio es de  $55.62 \pm 12.38$  mm, en tanto que para la proyección CC se tiene  $53.09 \pm 12.45$  mm. Esto último concuerda con lo reportado en algunos estudios (Avramova-Cholakova & Vassileva, 2008; Vioria, 2010), donde en general el espesor promedio de la proyección MLO es mayor debido a que en esta proyección se considera parte del pectoral. Por otro lado, se tomaron los espesores combinados de ambas proyecciones y se obtuvo que el espesor promedio para la mujer adulta antioqueña es  $54.50 \pm 11.98$  mm.

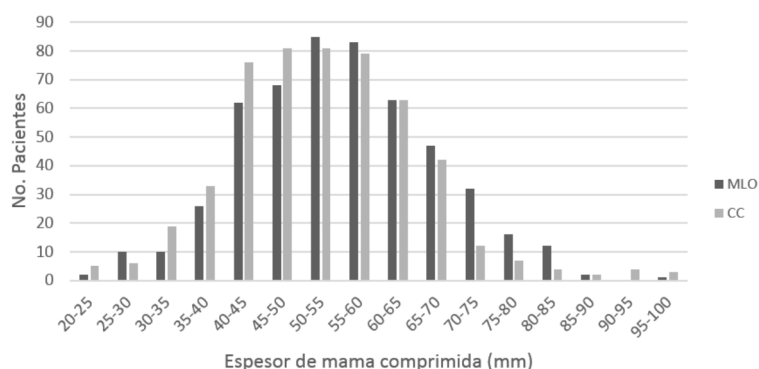


Figura 2: Distribución de espesor de mama comprimida para cada una de las proyecciones para las 520 pacientes. Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los porcentajes de glandularidad se muestra en la Figura 3 y corresponde a glandularidades de mama calculadas para cada una de las proyecciones quedando en evidencia la gran variación que presenta el porcentaje del tejido glandular. El número total de proyecciones (sumando cada una de las proyecciones CC y MLO) fue de 2168 y se usaron diferentes combinaciones ánodo-filtro, siendo el más común W-Rh como se muestra en la Figura 4.

Como se puede ver la combinación Mo-Mo es poco frecuente en estos estudios, lo que sugiere la necesidad de hacer énfasis en incluir el factor  $s$  diferente de 1 en los cálculos de la dosis glandular media. No se encontraron en la literatura valores del factor  $s$  para la combinación Mo-Al (Dance *et al.*, 2009; Sociedad Española, 2002), por lo que las proyecciones que fueron adquiridas con la unidad General Electric Senographe 600 que usaba esta combinación no se incluyeron en este estudio.

Los resultados del cálculo de DGM se presentan de tres formas distintas (Figuras 5, 6 y 7), resulta interesante ver cómo cambia la DGM comparado con los espesores de mama comprimida, esto se muestra en la Figura 5.

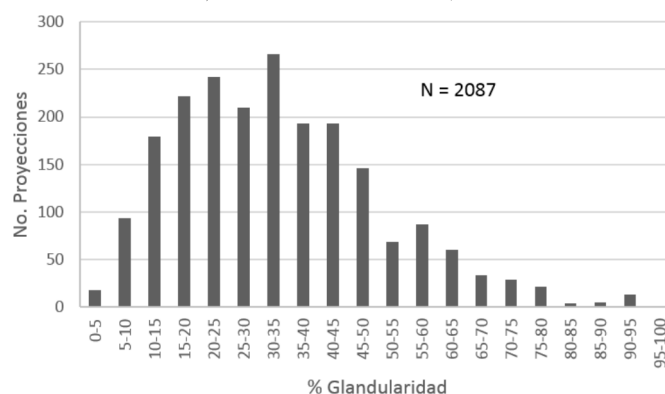


Figura 3: Distribución del % de glandularidad por proyección. Fuente: Elaboración propia.

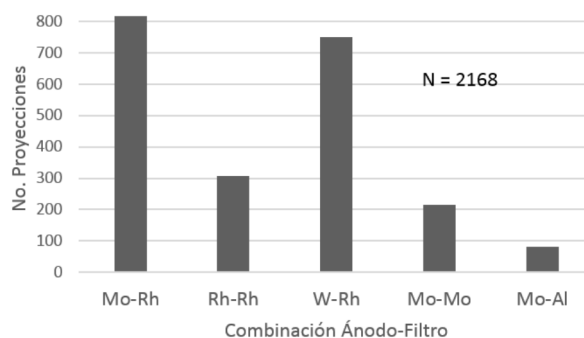


Figura 4: Combinaciones ánodo-filtro para las diferentes proyecciones. Fuente: Elaboración propia.

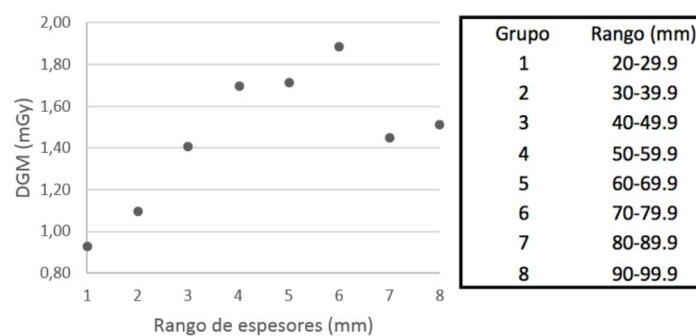


Figura 5: Variación de la DGM según el rango de espesor de mama comprimida. Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior concuerda con los estudios de Viloría (Viloría, 2010) y Avramova (Avramova-Cholakova & Vassileva, 2008), donde se observa lo que parece ser una relación proporcional entre el espesor de mama comprimida y la DGM. Esto significa que existe una tendencia de recibir mayor dosis a medida que aumenta el espesor. Esta relación se mantiene aun cuando se considera la DGM según el espesor para cada proyec-

ción como se puede ver en las Figuras 6 y 7.

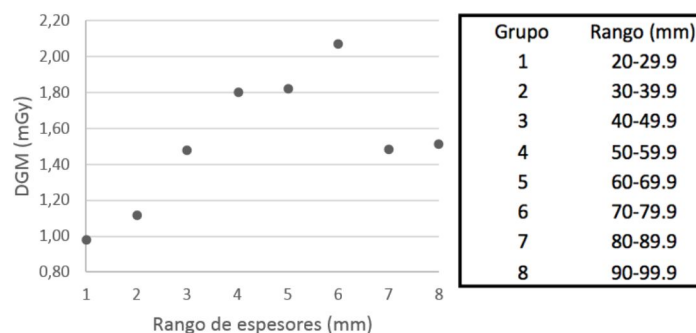


Figura 6: Variación de la DGM según el rango de espesor de mama comprimida para la proyección MLO. Fuente: Elaboración propia.

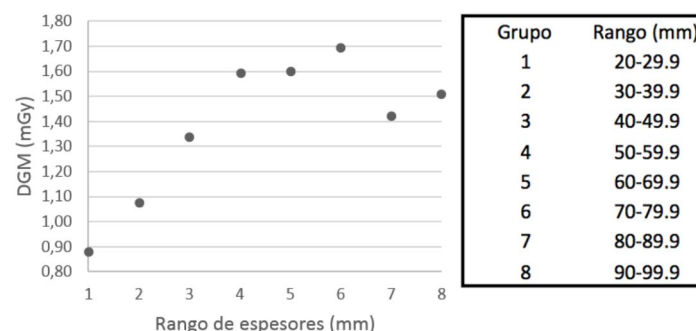


Figura 7: Variación de la DGM según el rango de espesor de mama comprimida para la proyección CC. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Figura 8 muestra los NR señalados a partir de Q3 en un histograma con la mediana de los valores DGM en cada una de las unidades mamográficas. La Figura 8 muestra una gran dispersión en los valores de DGM por unidad. Sólo 4 de las 19 unidades presentan valores de DGM superiores a 2 mGy, esto es debido a que las unidades 7, 9, 10 y 12 que son los que mayor dosis generan, cuentan a su vez con casi el 50% de la población estudiada, lo cual hace que el valor de Q3 incremente con respecto al DGM que registran las demás unidades. El nivel de dosis, notablemente alto en estas unidades, también podría ser atribuido al tipo de tecnología empleada (CR o DR), por esta razón se graficaron histogramas para cada tecnología, la Figura 9 muestra ambos histogramas lado a lado junto con sus respectivos Q3 y con la misma escala para facilitar su comparación.

De acuerdo con la Figura 9 se puede concluir que es necesario establecer NR para cada tipo de tecnología, sin embargo, sería recomendable considerar un mayor número de unidades tipo DR para establecer con mayor confianza este NR por tecnología. En este estudio se establecen los NR combinando ambas tecnologías



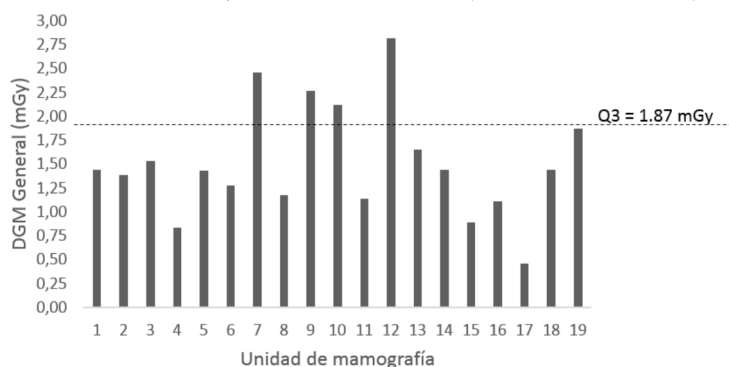


Figura 8: NR local, establecido a partir de Q3. Fuente: Elaboración propia.

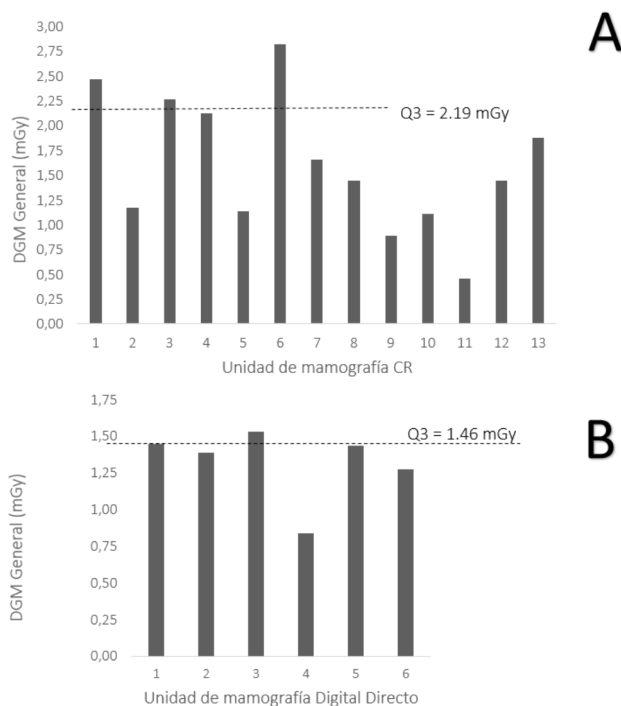


Figura 9: NR local por tecnología, CR (A) y Digital directo (B), establecido a partir de Q3. Fuente: Elaboración propia.

digitales (CR y DR). A continuación, se presenta la distribución de dosis por proyección y se establecen NR para cada una, ver Figuras 10 y 11). De estas figuras se puede ver que la DGM tiende a ser mayor en la proyección MLO que en la CC, lo cual concuerda con lo reportado por Hauge (Hauge *et al.*, 2013) y Oliveira (Oliveira *et al.*, 2009). Lo cual indica que un incremento en el espesor generalmente produce un incremento en la dosis, ya que como se mencionó anteriormente la proyección MLO considera un espesor mayor que la proyección CC, lo que puede generar mayor retro dispersión y por tanto un aumento de dosis.

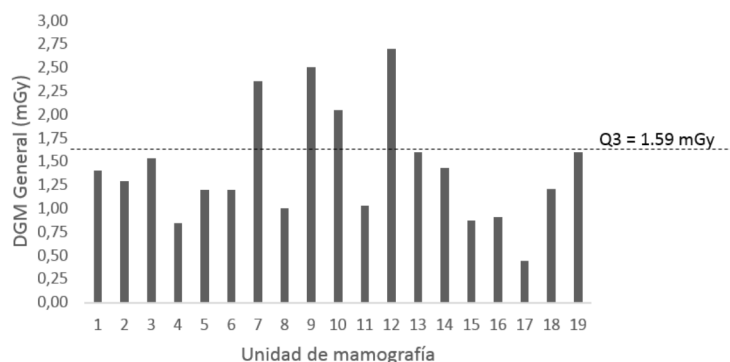


Figura 10: NR local para la proyección CC, establecido a partir de Q3. Fuente: Elaboración propia.

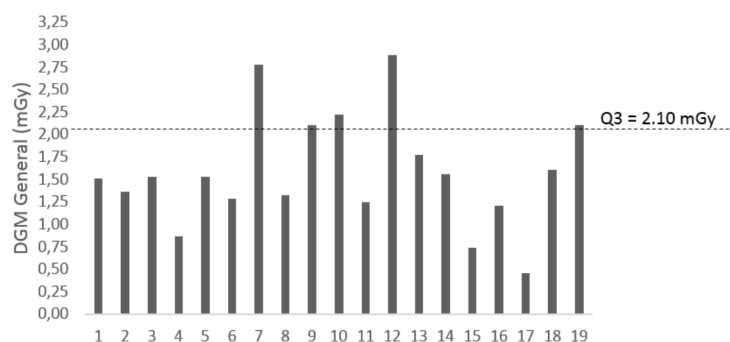


Figura 11: NR local para la proyección MLO, establecido a partir de Q3. Fuente: Elaboración propia.

## 4. CONCLUSIONES

Como se pudo ver en este estudio, existe una gran cantidad de pacientes que se encuentra por fuera de los rangos de edades propuestos por Dance (entre 40 y 64 años), pues este rango, solo abarcó el 78 % de la población participante. Se tiene entonces la necesidad de ampliar este rango, cubriendo como mínimo el 95 % de la población que para el caso del Valle de Aburrá se cumpliría considerando un rango entre los 40 y 75 años. Se recomienda también extender el estudio a todo el país con el fin de establecer NR nacionales.

Los tamaños de mama comprimida promedio obtenidos en este trabajo, muestran que los phantom estándares, están fuera del rango del tamaño promedio de la mujer Antioqueña, lo cual indica que es recomendable obtener los NR a partir de estudios poblacionales y no con phantoms estándar.

El NR para el Valle de Aburrá es 1.87 mGy considerando ambas proyecciones (CC y MLO) y tecnologías (DR y CR), comparando con otros estudios realizados en Estados Unidos (USA) y Reino Unido (UK) para

los cuales el NR es 1.6 mGy y 2.5 mGy respectivamente, se tiene que el NR de Antioquia se encuentra por encima del valor establecido en USA y por debajo del valor para UK. Considerando por separado la proyección CC y MLO, los NR son 1.59 y 2.10 mGy respectivamente.

En vista de que las tecnologías están en constante desarrollo, se recomienda realizar este tipo de estudios al menos cada 3 años e incluir un mayor número de centros con el fin de establecer los niveles de referencia para el departamento de Antioquia y finalmente extender el estudio a todo el país para tener niveles de referencia nacionales. Adicionalmente, se recomienda realizar anualmente intercomparaciones entre los centros con el fin de analizar como cambian los niveles de referencia en el tiempo.

## Referencias

- Avramova-Cholakova, S. & Vassileva, J. (2008). Pilot study of patient and phantom breast dose measurements in Bulgaria. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, 14(1), 21-32. <https://doi.org/10.2478/v10013-008-0003-3>
- Dance, D. R. (1990). Monte-Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Physics in Medicine and Biology*, 35(9), 1211-1219. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/35/9/002>
- Dance, D. R.; Skinner, C. L.; Young, K. C.; Beckett, J. R. & Kotre, C. J. (2000). Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol. *Physics in Medicine and Biology*, 45(11), 3225-3240. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/45/11/308>
- Dance, D. R. & Young, K. C. (2014). Estimation of mean glandular dose for contrast enhanced digital mammography: Factors for use with the UK, European and IAEA breast dosimetry protocols. *Physics in Medicine and Biology*, 59(9), 2127-2137. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/59/9/2127>
- Dance, D. R.; Young, K. C. & Van Engen, R. E. (2009). Further factors for the estimation of mean glandular dose using the United Kingdom, European and IAEA breast dosimetry protocols. *Physics in Medicine and Biology*, 54(14), 4361-4372. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/54/14/002>
- El Tiempo. (2016). Que no se nos vaya la vida. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/multimedia/especiales/cancer-de-seno-y-mamografia/14696795/1/>
- Hauge, I. H. R.; Bredholt, K. & Olerud, H. M. (2013). New diagnostic reference level for full-field digital mammography units. *Radiation protection dosimetry*, 157(2), 181-192.
- ICRP. (1996). *ICRP Publication 73: Radiological Protection and Safety in Medicine* (Vol. 22). Elsevier Health Sciences. Recuperado de <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP Publication 73>

- ICRP. (2017). ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Annals of the ICRP*, 46(1), 1-144. <https://doi.org/10.1177/0146645317717209>
- Oliveira, L. C. G.; Dias, T. K.; Lopes, R. T. & Kodlulovich, S. (2009). Evaluation of the entrance surface air kerma in mammographic examinations in Rio de Janeiro, Brazil. *Radiation Protection Dosimetry*, 133(3), 136-143. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncp031>
- Sociedad Española. (2002). Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. *Aspectos técnicos. Revisión, 1*.
- Viloria, C. M. (2010). *Evaluación de la dosis glandular media en exámenes de mamografía*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.