

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA



“DOSIS DE RADIACIÓN DISPERSA A TESTÍCULO DURANTE EL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA EN CÁNCER DE RECTO”

Por

DRA. KAREN ILEANA SÁNCHEZ VILLEGAS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN RADIO ONCOLOGÍA**

DICIEMBRE 2021

**““DOSIS DE RADIACIÓN DISPERSA A TESTÍCULO DURANTE
EL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA EN CÁNCER DE
RECTO”**

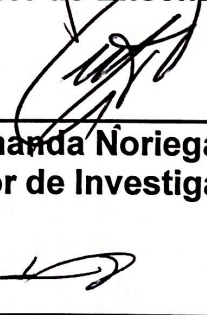
Aprobación de la tesis:



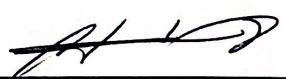
**Dr. MSc. Rafael Piñeiro Retif
Director de la tesis**



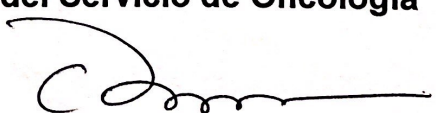
**Dra. Daneli Ruiz Sánchez
Coordinador de Enseñanza**



**Dra. María Fernanda Noriega Iriondo
Coordinador de Investigación**



**Dr. med. Oscar Vidal Gutiérrez
Jefe del Servicio de Oncología**



**Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado**

DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos y tía, por su gran apoyo incondicional a través de este largo camino.

A la M.Sc. Frecia Rodríguez del LIBAC y a los físicos y dosimetristas del departamento de Radio Oncología por su invaluable ayuda en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

| Capítulo I | Página |
|---------------------------------|--------|
| 1. RESÚMEN | 1 |
| Capítulo II | |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| Capítulo III | |
| 3. HIPÓTESIS | 10 |
| Capítulo IV | |
| 4. OBJETIVOS | 10 |
| Capítulo V | |
| 5. MATERIAL Y MÉTODOS | 11 |
| Capítulo VI | |
| 6. RESULTADOS | 13 |
| Capítulo VII | |
| 7. DISCUSIÓN | 16 |
| Capítulo VIII | |
| 8. CONCLUSIÓN | 18 |

Capítulo IX

9.BIBLIOGRAFÍA 19

Capítulo X

10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO 23

INDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|---------------------------------------|---------------|
| 1.Parámetros clínicos evaluados | 10 |

LISTA DE ABREVIATURAS

IMRT: Intensity-modulated radiation therapy

CTV: clinical target volume

PTV: planning target volume

ADN: ácido desoxirribonucleico

Gy: Gray

cGy: centigray

TPS: treatment planning system

CAPITULO I

1. RESUMEN

El cáncer colorrectal es una neoplasia maligna originada de las células epiteliales localizadas en la región del colon y el recto. Es la tercera neoplasia maligna más frecuentemente diagnosticada a nivel mundial, correspondiendo al 10 % de los casos nuevos de cáncer, y es el tercer cáncer más común en hombres siendo el 10.6 % de los casos en dicha población. La supervivencia a 5 años para el cáncer colorrectal ha mostrado un incremento, siendo en el periodo del 2009 al 2015 de un 64 % aproximadamente. Entre las modalidades de tratamiento para el cáncer de recto se encuentra la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia, requiriéndose para un plan óptimo de tratamiento una adecuada estadificación del tumor y evaluación multidisciplinaria. Durante el tratamiento con radiación puede haber dosis de radiación que llega a los tejidos que se encuentran fuera del blanco de tratamiento, pudiendo causar efectos deletéreos en los tejidos circundantes. A pesar de que los testículos no se encuentran dentro del campo de tratamiento del cáncer de recto, debido a su cercanía al campo pueden recibir radiación dispersa provocando alteraciones en su función. Este es un estudio observacional, retrospectivo, descriptivo, cuyo objetivo primario es medir de la dosis de radiación medida en centigray recibida en el volumen testicular en el tratamiento de cáncer de recto con IMRT a la región pélvica. La población de estudio corresponde a pacientes masculinos

con diagnóstico de cáncer de recto tratados con IMRT en el Centro Universitario Contra el Cáncer durante el periodo de 2017 a diciembre del 2020.

CAPITULO II

2. INTRODUCCIÓN

ETIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DEL CÁNCER COLORRECTAL

El cáncer colorrectal es una neoplasia maligna originada de las células del epiteliales localizadas en la región del colon y el recto, en su mayoría (> 90%) son adenocarcinomas (neoplasias malignas que se originan en el epitelio glandular), y en menor proporción incluye el carcinoma de células escamosas, carcinoma adenoescamoso, carcinoma indiferenciado y carcinoma de células fusiformes. Tienen una etiología multifactorial, incluyendo factores genéticos y ambientales. La mayoría de casos, aproximadamente 60-65 %, se originan de manera esporádica, es decir, en individuos en los cuales no hay antecedentes familiares de cáncer colorrectal o que no presentan alguna alteración genética que les confiera un riesgo mayor de desarrollar esta patología. Los casos con antecedentes familiares de cáncer colorrectal corresponden al 25 % y solo un 5 % de los casos están asociados con síndromes genéticos¹.

En su mayoría los tumores malignos colorrectales se originan de pólipos adenomatosos benignos localizados en la pared del colon y el recto. Aquellos pólipos con apariencia verrugosa, con presencia de células displásicas o que

son de gran tamaño (> 2 cm) tienen un riesgo mayor de progresión hacia malignidad. La acumulación de una serie de alteraciones genéticas, tales como inactivación de genes de supresión tumoral o activación de oncogenes, está relacionada con el proceso de transformación maligna de los pólipos adenomatosos².

El cáncer colorrectal es un problema de salud pública siendo la tercera neoplasia maligna más frecuentemente diagnosticada a nivel mundial, con 1,931,590 casos diagnosticados el año 2020, correspondiendo al 10 % de los casos nuevos de cáncer, y es el tercer cáncer más común en hombres siendo el 10.6 % de los casos en dicha población³. Tiene una mayor incidencia en la población masculina con 23.4 casos por cada 100,000 habitantes, en comparación con la población femenina la cual presenta una incidencia 16.2 casos por cada 100,000 habitantes⁴.

Se presenta más frecuentemente en la sexta década de la vida, con una edad media de presentación de 67 años⁵. En estadísticas recientes se ha observado que la tasa de incidencia en personas de ≥ 65 años ha ido disminuyendo aproximadamente 3.3 % por año, en cambio en poblaciones más jóvenes se ha visto un incremento en las tasas de incidencia siendo en individuos de 50 a 64 años un 1 % y en aquellos menores de 50 años un 2 % anualmente⁶. En base a las tendencias actuales, se ha estimado que para el año 2030 en la población de 20 a 34 años habrá un incremento en las tasas de incidencia en los cánceres de colon de recto de 90 % y 124.2 % respectivamente⁷.

La supervivencia a 5 años para el cáncer colorrectal ha mostrado un incremento, siendo a mediados de 1970 de un 50 % y en el periodo del 2009 al 2015 de un 64 % aproximadamente, esto consecuencia de los avances en las técnicas de imagen, detección más temprana de la enfermedad mediante la aplicación de tamizaje y mejoría de los tratamientos⁶.

TRATAMIENTO DEL CÁNCER COLORRECTAL

Entre las modalidades de tratamiento para el cáncer de recto se encuentra la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia, requiriéndose para un plan óptimo de tratamiento una adecuada estadificación del tumor y evaluación multidisciplinaria.

El tratamiento quirúrgico es la piedra angular de tratamiento curativo del cáncer de recto localizado, y su meta principal es lograr una resección completa del tumor y mesorecto alcanzando márgenes libres de tumoración⁸. Según la extensión y localización tumoral se pueden utilizar diferentes técnicas de abordaje quirúrgico entre las que se encuentra la escisión local, resección anterior baja, resección abdominopélvica y la escisión mesorectal total, siendo esta última el estándar de tratamiento⁹.

Debido a que el cáncer de recto presenta un alto riesgo de enfermedad locorregional, las terapias neoadyuvante (previo al tratamiento principal) y adyuvante (posterior al tratamiento primario) se incluyen en el tratamiento locorregional en las etapas II y III¹⁰.

La quimioterapia puede ser utilizada en el escenario adyuvante como en el neoadyuvante. Se ha observado que el tratamiento sistémico adyuvante se relaciona con un menor riesgo de desarrollar metástasis a distancia (20 % vs 30 %) ¹¹, así como una mejoría en la supervivencia global y supervivencia libre de enfermedad ¹².

La radioterapia tiene un papel bien establecido en el tratamiento del cáncer de recto tanto de manera neoadyuvante como adyuvante, asociándose con una disminución en la recurrencia local ^{11, 12}. El campo del tratamiento con radioterapia incluye el tumor o el lecho quirúrgico y los ganglios linfáticos regionales (ganglios linfáticos mesorectales, presacos e iliacos internos, los ganglios iliacos externos e inguinales se agregan según la extensión de la tumoración). Los esquemas de tratamiento incluyen dosis de 45-50 Gy en 25 a 28 fracciones a la región pélvica, en el caso de tratamiento neoadyuvante también puede utilizarse un curso corto de radiación con dosis de 25 Gy en 5 fracciones ¹⁰.

RADIACIÓN DISPERSA

En radioterapia, para alcanzar un resultado terapéutico, la radiación es administrada a un volumen blanco, que corresponde al tumor y áreas de enfermedad microscópica, siendo este el clinical target volume (CTV) y al planning target volume (PTV), el cual es un margen que se agrega al CTV debido a la incertidumbre que puede haber durante el posicionamiento del

paciente. El tejido fuera del PTV no se beneficia de la radiación, pero es irradiado de manera inevitable, esta radiación que esta fuera del PTV recibe el nombre de dosis no-blanco. Esta radiación no-blanco debe minimizarse pues no ofrece beneficio terapéutico y puede provocar efectos deletéreos en los tejidos circundantes¹³.

Al administrarse un tratamiento con fotones mediante un acelerador lineal (linac) se puede obtener radiación no intencional de 3 fuentes: 1) dispersión del paciente, que es la dispersión del haz de tratamiento fuera del campo de tratamiento una vez que este ha entrado en el paciente; 2) dispersión del colimador, que es la dispersión de radiación en la cabeza del acelerador lineal, que sale de este a través de la abertura para el campo de tratamiento, pero que llega al paciente fuera del campo de tratamiento; 3) fuga de la cabeza, correspondiente al a radiación que penetra a través del blindaje de la cabeza del acelerador y llega al paciente fuera del campo de tratamiento¹³.

Entre los parámetros que afectan la dosis total de radiación fuera del campo de tratamiento están la distancia desde el borde del campo de tratamiento y el tamaño de campo de tratamiento. La distancia desde el borde del área de tratamiento es el parámetro más importante, pues la dosis no-blanco disminuye de manera exponencial con la distancia desde el borde del campo de tratamiento. El tamaño del campo también influye pues entre mayor sea el tamaño mayor dosis de dispersión del paciente¹³.

TOXICIDAD DEL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA

La radioterapia es una parte importante del tratamiento del cáncer de recto, y durante la aplicación de dicho tratamiento puede haber afectación de los tejidos circundantes que provocará morbilidad que afecta la calidad de vida de los pacientes.

En la patofisiología de la enfermedad pélvica por radiación se ha sugerido que una de las principales casusas es el daño oxidativo. El daño por estrés oxidativo afecta a las células expuestas a la radiación ionizante, provocando daño a todas las estructuras celulares, siendo el blanco de este el ADN nuclear. En las células afectadas se presenta alteración en las funciones del ADN nuclear, y, en consecuencia, una deformación en la transcripción del ADN. Además del daño en el ADN nuclear, también hay afectación de la membrana plasmática debido a alteración en su estructura por la destrucción de la bicapa rígida de fosfolípidos, dando como resultado cambios en el gradiente de la célula y alteración en la integridad celular. Debido al daño recibido, la célula utiliza múltiples mecanismos de reparación para arreglar los errores en la replicación y roturas en las hebras en un intento por salvarse. Estos mecanismos solo pueden mantenerse cuando hay niveles bajos de radiación, cuando existe exposición a niveles mayores se inicia la activación de mecanismos apoptóticos¹⁴.

La toxicidad relacionada con la radioterapia puede clasificarse, según el tiempo en que se presentan los síntomas, en toxicidad temprana y tardía. La toxicidad

temprana es aquella que se presenta en los primeros 90 días después del inicio de la radioterapia, y se puede observar durante el tratamiento o poco después de la finalización de este. Las toxicidades tempranas más frecuentes son la cistitis, diarrea y la dermatitis perianal. La toxicidad tardía corresponde a los efectos adversos que se presentan posterior a 90 días del inicio de la radioterapia, pudiéndose desarrollar después de un periodo de latencia de meses o incluso años. Entre los efectos tardíos que pueden observarse se encuentran la disfunción genitourinaria, fracturas pélvicas, incontinencia fecal, etc¹⁵.

TOXICIDAD TESTICULAR EN EL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA A PELVIS

A pesar de que los testículos no se encuentran dentro del campo de tratamiento del cáncer de recto, debido a su cercanía al campo pueden recibir radiación dispersa provocando alteraciones en su función.

La radiosensibilidad de los tejidos es directamente proporcional a su capacidad reproductiva e inversamente proporcional a su grado de diferenciación, y el tejido testicular debido a su alta tasa de proliferación y crecimiento es altamente radiosensible¹⁶.

La afectación de la función reproductiva y el tiempo para la recuperación de la cuenta espermática secundario a radiación dispersa es dependiente de la dosis recibida¹⁷. Se ha reportado que la aspermia puede presentarse con dosis

mayores de 150 cGy a 200 cGy, pudiendo provocar infertilidad permanente^{18,19}. La recuperación parcial de la espermatogénesis puede observarse con dosis menores a 150 cGy y con dosis menores a 100 cGy se puede lograr una recuperación completa de la función espermática en un periodo de 14 a 22 meses¹⁹.

Las hormonas sexuales masculinas pueden verse afectadas con el tratamiento con radioterapia a la pelvis. Las células de Leydig son más resistentes a la radiación que el epitelio germinal, por lo que solo son afectadas con dosis altas de radiación (> 30 Gy en hombres adultos). Alteraciones en la función de las células de Leydig pueden provocar hipogonadismo¹⁶. Se ha reportado aumentos transitorios en los niveles de FSH con dosis mayores de 20 cGy, y no se ha mostrado afectación en sus niveles con dosis menores¹⁷. En un estudio que incluyó 11 pacientes con diagnóstico de cáncer de recto se observaron alteraciones hormonales posterior al término del tratamiento con radioterapia, reportándose una dosis media a testículo de 3.56 Gy, y un aumento en los niveles de hormona luteinizante y hormona folículo estimulante en un 350 % y 185 % respectivamente, así como una disminución en los niveles de testosterona en un 78 %²⁰. También se han visto alteraciones en los niveles hormonales en pacientes sometidos a radiación pélvica por cáncer de próstata²¹.

La atrofia testicular puede presentarse más frecuentemente en pacientes con radiación pélvica. En pacientes con radiación a lecho prostático se ha reportado

atrofia testicular de un 78 % aproximadamente en comparación con un 21 % en aquellos sin antecedente de radiación²².

CAPITULO III

3. HIPÓTESIS

- Hipótesis alternativa

Durante la radioterapia en cáncer de recto la dosis de radiación dispersa a testículo supera la dosis de tolerancia máxima (150 cGy)

- Hipótesis nula

Durante la radioterapia en cáncer de recto la dosis de radiación dispersa a testículo no supera la dosis de tolerancia máxima (150 cGy)

CAPITULO IV

4. OBJETIVOS Y METAS:

4.1 Objetivo general y particulares.

- **Objetivo general:** Medición de la dosis de radiación medida en centigray recibida en el volumen testicular en el tratamiento con IMRT a la región pélvica

- **Objetivos particulares**

- Identificar a los pacientes con diagnóstico de cáncer de recto tratados con IMRT y que cuenten con una adecuada tomografía de simulación
- Determinar el porcentaje de la dosis prescrita que llega al volumen testicular

4.2 Productos esperados

En este proyecto se hará una medición de la cantidad de radiación recibida en los testículos, lo cual será a través de un cálculo matemático, que nos brindara la oportunidad de ofrecer al paciente estrategias para disminuir la dosis además de ofrecer al paciente asesoramiento acerca de los efectos adversos que se podrían presentar debido a tratamiento

4.3 Tiempo de ejecución:

1 año abarcando desde julio 2021 a julio 2022

CAPITULO V

5. MATERIAL Y METODOS

5.1 Diseño del estudio

Estudio observacional, descriptivo, retrospectivo y poblacional.

5.2 Población estudiada

El presente es un estudio retrospectivo que incluye a pacientes masculinos con diagnóstico de cáncer de recto que recibieron tratamiento con radioterapia a la región pélvica mediante IMRT durante el periodo de 2017 a diciembre 2020 en el Centro Universitario Contra el Cáncer, Hospital Universitario de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) en Monterrey, Nuevo León, México

5.3 Variables a estudiar

5.3.1 Edad

5.3.2 Dosis de radiación

5.4 Análisis Estadístico:

Las dosis de radiación máximas y medias recibidas en el volumen testicular serán obtenidas mediante el sistema de planeación del tratamiento y registradas en cada paciente, posteriormente se procederá a obtener la dosis promedio y desviación estándar para cada una de estas mediciones.

5.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes masculinos mayores de 18 años
- Diagnóstico confirmado mediante histopatología de cáncer de recto

- Tratamiento con radioterapia a pelvis mediante técnica de IMRT

5.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

5.6.1 Pacientes con antecedente de orquiectomía bilateral

5.6.2 Pacientes en los cuales no se incluyan los testículos en la tomografía de simulación

CAPITULO VI

6. RESULTADOS

Se encontró un total de 22 pacientes masculinos con diagnóstico de cáncer de recto tratados con radioterapia mediante técnica de IMRT en el CUCC durante el periodo de 2017 a diciembre del 2020. De estos pacientes 1 fue descartado debido a que su TAC de simulación no pudo ser recuperado y 5 pacientes fueron descartados a causa de que el TAC de simulación no incluyó la región testicular.

En total se incluyeron 16 pacientes para su evaluación, con una edad media de 58.1 años (rango 35-84 años).

La dosis total de radiación recibida al PTV variaba entre 30-59.4 Gy, con un promedio de 46.7 Gy.

En la tabla 1 se pueden observar los resultados de todos los pacientes respecto a la dosis media y dosis máxima recibida en el volumen testicular medida en cGy. Se hizo un cálculo de la dosis media \pm desviación estándar. La dosis media medida para todos los pacientes fue 494 cGy \pm 1036 cGy. Debe resaltarse la importante diferencia entre los rangos de dosis recibidas, los pacientes número 6 y 7 mostraron una dosis considerablemente mayor al resto de los pacientes (2,381 cGy y 3,750 cGy respectivamente), al revisar los planes de tratamiento se observó que se incluyó en el PTV los ganglios linfáticos inguinales. Cuando se excluía estos 2 pacientes la medición de la dosis media caía a 126 \pm 72 cGy. Las dosis máximas varían desde 38 cGy a 5095 cGy, con un promedio de 814 \pm 1303 para todos los pacientes, y al excluir a los pacientes número 6 y 7, se observa una caída de esta cifra a 363 \pm 359 cGy.

| Número de paciente | Dosis PTV | Dosis media (cGy) | Dosis máxima (cGy) |
|--------------------|-----------|-------------------|--------------------|
| 1 | 3000 | 32 | 38 |
| 2 | 4500 | 69 | 114 |
| 3 | 3000 | 70 | 111 |
| 4 | 5040 | 153 | 228 |
| 5 | 4500 | 95 | 148 |
| 6 | 3600 | 2381 | 2850 |
| 7 | 5040 | 3750 | 5095 |
| 8 | 5040 | 148 | 796 |
| 9 | 5940 | 97 | 146 |
| 10 | 4500 | 67 | 106 |
| 11 | 5000 | 73 | 103 |
| 12 | 5040 | 128 | 573 |
| 13 | 5400 | 163 | 328 |
| 14 | 5040 | 241 | 1116 |
| 15 | 5040 | 300 | 997 |
| 16 | 5040 | 139 | 290 |

Tabla 1. Dosis media y dosis máxima de todos los pacientes, calculado mediante TPS.

CAPITULO VII

7. DISCUSIÓN

El cáncer de recto es una de las neoplasias más frecuentemente diagnosticadas. En este estudio se observó una edad media de presentación de 58 años, siendo menor a la reportada en la literatura (67 años).

El tratamiento con radioterapia juega un papel importante en el cáncer de recto. Si bien, los testículos no se encuentran dentro del campo de tratamiento, debido a su cercanía al volumen blanco, estos pueden recibir radiación dispersa durante el tratamiento.

La mayoría de la evidencia sobre la afectación de la función reproductiva y hormonal secundario a la radiación dispersa a gónadas durante el tratamiento con radioterapia proviene de estudios realizados en tumores testiculares y linfomas, y existe poca evidencia sobre la afectación de la función testicular con el tratamiento con radioterapia en cáncer de recto.

En las guías de tratamiento no se ha reportado una dosis de restricción a testículos. En la literatura se ha reportado que con dosis mayores de 100 cGy la recuperación del espermatogénesis es parcial y ≥ 150 cGy pueden provocar azoospermia permanente, además puede haber afectación en la función de las células de Ledyng con dosis > 30 Gy.

En el análisis de este estudio se observó que, en el tratamiento con radioterapia a pelvis en el cáncer de recto, la dosis recibida al volumen testicular fue en

promedio 494 cGy \pm 1036 cGy al tomar en cuenta la dosis recibida en todos los pacientes. En 2 de los pacientes analizados la dosis de radiación fue mucho mayor respecto al resto, en estos pacientes se observó la inclusión de ganglios linfáticos inguinales en el volumen de tratamiento. Al excluir estos pacientes del análisis se obtuvo una dosis menor de 126 \pm 72 cGy.

Con los datos obtenidos en este estudio y con la información encontrada en la literatura, se puede considerar que al administrar tratamiento con radioterapia a pelvis en cáncer de recto podría haber una afectación de la función reproductiva, y que en los pacientes en lo que se incluye el campo inguinal puede haber un riesgo importante de azoospermia permanente y alteración en la función hormonal debido a la alta dosis que se pueden alcanzar en la región testicular.

Con las técnicas modernas de radioterapia que permiten una mayor conformación de la dosis de radiación y una mejor preservación de los órganos sanos, se podrían diseñar estrategias para la reducción de la radiación dispersa que llega al volumen testicular y las toxicidades asociadas.

CAPITULO VIII

8. CONCLUSIONES

En el tratamiento con radioterapia a pelvis por cáncer de recto, la radiación dispersa que llega a la región testicular puede conllevar a una alteración en la función testicular.

Se debe tener especial cuidado en los pacientes en quienes se incluye el campo inguinal, debido a las dosis mayores de radiación dispersa recibida.

Se requiere un mayor seguimiento de estos pacientes y la realización de estudios de función testicular para el análisis del impacto de la radiación dispersa en la función reproductiva y hormonal.

Se debe asesorar a los pacientes sobre los efectos secundarios del tratamiento con radioterapia en la función reproductiva y hormonal.

CAPITULO IX

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Keum NN, Giovannucci E. Global burden of colorectal cancer: emerging trends, risk factors and prevention strategies. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2019;16(12):713-732. doi:10.1038/s41575-019-0189-8
2. Tepper JE. *Gunderson & Tepper's Clinical Radiation Oncology, E-Book.* 5th ed. Elsevier Health Sciences; 2019. <https://books.google.com.mx/books?id=xRTCDwAAQBAJ>
3. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209-249. doi:10.3322/caac.21660
4. World Health Organization. Age standardized (World) incidence rates, rectum, males, all ages. *Globcon.* 2020;876:1-2. Accessed May 25, 2021. <https://gco.iarc.fr/today>
5. Surveillance, Epidemiology and ER (SEER) P (www.seer.cancer.gov). SEER Cancer Stat Facts: Colorectal Cancer. Published online 2021.
6. Siegel RL, Miller KD, Goding Sauer A, et al. Colorectal cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(3):145-164. doi:10.3322/caac.21601
7. Bailey CE, Hu CY, You YN, et al. Increasing disparities in the age-related

incidences of colon and rectal cancers in the United States, 1975-2010. *JAMA Surg.* 2015;150(1):17-22. doi:10.1001/jamasurg.2014.1756

8. Keller DS, Berho M, Perez RO, Wexner SD, Chand M. The multidisciplinary management of rectal cancer. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2020;17(7):414-429. doi:10.1038/s41575-020-0275-y
9. Juloori A, Yu JS, Chao ST, et al. *Essentials of Clinical Radiation Oncology.* 1st ed. (Ward Rahul D.; Videtic, Gregory M. M. MC. T, ed.). Springer Publishing Company; 2017. doi:10.1891/9780826168559
10. National Comprehensive Cancer Network. Rectal cancer (Version 1.2021). Accessed May 28, 2021. https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/rectal_blocks.pdf
11. Thomas PRM, Lindblad AS. Adjuvant postoperative radiotherapy and chemotherapy in rectal carcinoma: A review of the gastrointestinal tumor study group experience. *Radiother Oncol.* 1988;13(4):245-252. doi:10.1016/0167-8140(88)90219-8
12. Fisher B, Wolmark N, Rockette H, et al. Postoperative adjuvant chemotherapy or radiation therapy for rectal cancer: Results from NSABP protocol r-01. *J Natl Cancer Inst.* 1988;80(1):21-29. doi:10.1093/jnci/80.1.21
13. Kry SF, Bednarz B, Howell RM, et al. AAPM TG 158: Measurement and calculation of doses outside the treated volume from external-beam radiation therapy. *Med Phys.* 2017;44(10):e391-e429.

doi:10.1002/mp.12462

14. Durankus NK, Duygu Sezen, Selek U, Yasemin Bolukbasi. Toxicity Management for Pelvic Tumors in Radiation Oncology. In: Ozyigit G, Selek U, eds. *Prevention and Management of Acute and Late Toxicities in Radiation Oncology*. 1st ed. Springer International Publishing; 2020:231-266. doi:10.1007/978-3-030-37798-4
15. Joye I, Haustermans K. Early and late toxicity of radiotherapy for rectal cancer. *Recent Results Cancer Res*. 2014;203:189-201. doi:10.1007/978-3-319-08060-4_13
16. De Felice F, Marchetti C, Marampon F, Cascialli G, Muzii L, Tombolini V. Radiation effects on male fertility. *Andrology*. 2019;7(1):2-7. doi:10.1111/andr.12562
17. Hansen PV, Trykker H, Svennekjæ IL, Hvolby J. Long-term recovery of spermatogenesis after radiotherapy in patients with testicular cancer. *Radiother Oncol*. 1990;18(2):117-125. doi:10.1016/0167-8140(90)90137-L
18. Ash P. The influence of radiation on fertility in man. *Br J Radiol*. 1980;53(628):271-278. doi:10.1259/0007-1285-53-628-271
19. Greiner R. [Spermatogenesis after fractionated, low-dose irradiation of the gonads]. *Strahlentherapie*. 1982;158(6):342-355.
20. Hermann RM, Henkel K, Christiansen H, et al. Testicular dose and hormonal changes after radiotherapy of rectal cancer. *Radiother Oncol*. 2005;75(1):83-88. doi:10.1016/j.radonc.2004.12.017

21. Farhood B, Mortezaee K, Haghi-Aminjan H, et al. A systematic review of radiation-induced testicular toxicities following radiotherapy for prostate cancer. *J Cell Physiol.* 2019;234(9):14828-14837. doi:10.1002/jcp.28283
22. Daniell HW, Tam EW. Testicular atrophy in therapeutic orchiectomy specimens from men with prostate carcinoma: association with prior prostate bed radiation and older age. *Cancer.* 1998;83(6):1174-1179. doi:10.1002/(sici)1097-0142(19980915)83:6<1174::aid-cnrcr17>3.0.co;2-2

CAPITULO X

10. RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Karen Ileana Sánchez Villegas

Candidata para el grado de Especialista en Radio Oncología

Tesis: DOSIS DE RADIACIÓN DISPERSA A TESTÍCULO DURANTE EL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA EN CÁNCER DE RECTO.

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Datos personales: nacida en Monterrey, Nuevo León, hija de Alfonso Sánchez

Ponce y Veneranda Villegas Ayala.

Educación: curso la carrera de Médico Cirujano y Partero en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León durante el periodo del 2009 al 2015. Servicio social en el departamento de Otorrinolaringología y cirugía de Cabeza y Cuello del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" durante el periodo de julio 2015 a julio 2016.