



**UNIVERSIDAD SANTANDER**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

**Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas**

**ANÁLISIS DEL LLENADO VESICAL MEDIANTE IMÁGENES CONE BEAM CT EN  
TRATAMIENTOS RADIOTERAPÉUTICOS POR CÁNCER DE PRÓSTATA CENTRO  
ONCOLÓGICO HOSPITAL PAITILLA 2023**

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

**AUTORES:**

Nicole Jeanette Rodríguez Soto

Yuleidys Yaneth Quintero Salazar

Ana Gabriela Sánchez Batista

Michael Ángel Quiroz Ramos

**Directores:**

Dr. Rafael Arauz /Lic. Orquídea Dimas

**Codirector:**

Miguel Pérez

**Asesores metodológicos:**

PhD. Johana Gutiérrez Zehr /Lic. José Santamaría Sanjur

**Panamá, 1 de octubre de 2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía y por toda la fortaleza que me dio en cada paso de este camino.

A mis padres, quienes me han brindado amor incondicional, apoyo constante y sacrificio. Ellos han sido pilares fundamentales en mi vida, contribuyendo a formar la persona que soy hoy y motivándome continuamente a alcanzar este objetivo.

También a mi novio, por su amor, paciencia y por estar siempre a mi lado, apoyándome en cada desafío.

A los profesores y licenciados, por compartir su conocimiento y sabiduría, inspirándome a dar siempre lo mejor de mí.

Igualmente, a todos aquellos que, de una manera u otra, han contribuido a la realización e inspiración de este proyecto.

Este logro también es de ustedes.

**Yuleidys Yaneth Quintero Salazar.**

Mis primeras palabras son de agradecimiento a Dios, porque sin él, no soy nada. Es quien me ha dado las fuerzas, la sabiduría y el coraje para resistir, persistir y nunca desistir en este camino. Le dedico este trabajo a mi padre, quien es mi ángel en el cielo, que sé, que me ha acompañado durante todos mis días; también a mi madre, quien me ha forjado valentía, en hacer las cosas con amor y a esforzarme cada día en ser de mí, mejor versión, quien con su amor me ha inculcado que sea un ser de luz a donde sea que vaya, y que todo lo que me propongan lo alcance con perseverancia y resiliencia. Gracias mamá por ser mi mayor ejemplo, por ser mi mejor amiga y por siempre estar a mi lado.

A mi compañero de vida, quien ha estado conmigo en mis buenos y malos momentos en este trayecto, gracias por nunca dejar que me rindiera y siempre motivarme; gracias por tu amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mi familia y amistades, le doy gracias por el amor, la fortaleza y motivación que me brindaron durante todos estos años. Los amo con mi vida entera.

A cada uno de los licenciados, profesores, doctores, que, con su amor y mano amiga, han permitido forjarme día a día. Y con mucha gratitud y amor les digo que este logro no es solo mío, también es de todos ustedes.

**Nicole Jeanette Rodríguez Soto.**

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios, ya que, gracias a él, por su gracia y amor incondicional que me demuestra cada día, en este caso brindándome sabiduría, para poder concluir mi carrera. Todo se lo debo a Él.

A mis padres, Ángel Quiroz y Elizabeth Ramos, que han estado a mí lado apoyándome y dándome consejos, por enseñarme a no rendirme y perseverar en los momentos difíciles, lo que contribuye en mi formación para ser una mejor persona.

A mi grupo de Tesis, por su apoyo y el esfuerzo en conjunto, por compartir este viaje, por los consejos y hacer más llevadero este reto. Cada uno de ustedes contribuyó en este logro.

Especialmente, a Yuleidys Quintero, no solo por ser mi compañera en este camino profesional, sino también en la vida. Tu amor y comprensión han sido una gran motivación, para este logro tan tuyo como mío, me siento orgulloso de ti.

Este trabajo es el resultado de la colaboración, el esfuerzo y el apoyo de muchas personas queridas. A cada uno de ustedes, les dedico este logro con profundo agradecimiento y todo mi cariño.

**Michael Ángel Quiroz Ramos.**

Este proyecto lo dedico a Dios, mi guía y refugio en los momentos de incertidumbre. Su presencia ha sido constante en cada paso de este camino, brindándome la fuerza necesaria para superar los desafíos y la sabiduría... Para continuar adelante. A Él agradezco por haberme dado las capacidades y la voluntad para alcanzar este logro.

También a mi sagrada madre, cuyo amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza. Mamá, tus sacrificios, tus palabras de aliento y tu fe inquebrantable en mí, siendo la fuerza impulsora detrás de mi éxito, cuando las cosas se tornaban difíciles. Cada logro alcanzado lleva impreso el esfuerzo y el amor que has depositado en mí desde el principio. Este proyecto es tanto tuyo como mío. Gracias por ser mi mayor inspiración y mi mayor apoyo en todo momento.

**Ana Gabriela Sánchez Batista.**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, quien nos ha proporcionado la sabiduría y las fortalezas necesarias para alcanzar este hito en nuestra vida académica.

También damos las gracias a nuestras familias por su amor incondicional y su apoyo constante, tanto emocional como económico. Sus sacrificios y confianzas en nosotros han sido fundamentales para llegar hasta aquí. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible.

También agradecemos profundamente a los profesores y tutores, en particular al Dr. Rafael Arauz, por su orientación y paciencia, por compartir su extenso conocimiento con nosotros; al Mg Miguel Pérez por su gran colaboración. Sus valiosos consejos y enseñanzas han sido cruciales para la realización de este proyecto. También extendemos nuestra gratificación a la Licenciada Orquídea Dimas, por su apoyo incondicional y por estar a nuestro lado durante todo el proceso con su sabiduría y experiencia. A los asesores metodológicos PhD. Johana Gutiérrez Zehr y Lic. José Santamaría Sanjur, quienes nos brindaron su orientación y dedicación para lograr esta nueva etapa en nuestras vidas.

## RESUMEN

El cáncer de próstata es uno de los más predominantes, estadísticamente hablando, en los hombres, y la radioterapia es un tratamiento clave para su control. Es papel importante de la radioterapia, no solamente como tratamiento curativo de la próstata, sino también, reducir efectos secundarios y proteger órganos adyacentes. Una vejiga, adecuadamente llena, mantiene la anatomía de la misma, libre de las consecuencias de la radiación.

Este estudio tiene como objetivo el análisis de la variabilidad del llenado del volumen de la vejiga con el uso del CBCT entre las fracciones de radioterapia.

Se realizó un estudio retrospectivo de n°19 pacientes con diagnóstico de adenocarcinoma de la próstata no operados en el Centro Oncológico del Hospital Paitilla durante el 2023, tratados con radioterapia de Intensidad Modulada o Volumétrica en Arco guiada por imagen CBCT. Se delinearon 181 volúmenes de vejiga tomadas con CBCT durante las 8 semanas de tratamiento. Se tomaron las medias de llenado de vejiga en la simulación y las medias de llenado de vejiga en cada sesión de CBCT. Se analizaron imágenes Cone Beam CT (CBCT) para evaluar el llenado vesical en distintas sesiones de radioterapia, de igual manera se hicieron análisis comparativos con la TC de simulación y también el cálculo de porcentajes de llenado vesical. Los datos fueron procesados y analizados utilizando Microsoft Excel e INM SPSS Statix para medir la variabilidad del llenado vesical.

Los resultados indicaron una variabilidad significativa entre la cuarta y sexta semana de radioterapia. La media de llenado de vejiga en la simulación fue mayor que en la media de los CBCT entre fracciones en el llenado vesical a lo largo del tratamiento. Como recomendación, es

importante mantener una supervisión en la ingesta de líquidos para el llenado vesical adecuado, lo que rendirá en una mejor calidad de vida del paciente con cáncer de próstata.

Palabras clave: Cáncer de próstata, radioterapia, llenado vesical, Cone Beam CT.

## ABSTRACT

Prostate cancer is one of the most common cancers in men, and radiotherapy is a key treatment for its control. Its important role of radiotherapy is not only curative treatment to the prostate, but also to reduce side effects with the protection of healthy organs. Adequate filling of the bladder volume keeps the bladder anatomy free from the consequences of radiation. This study aims to analyze the variability of bladder volume filling with the use of CBCT between radiotherapy fractions.

A retrospective study was performed on n°19 patients diagnosed with non-operated prostate adenocarcinoma at the Paitilla Hospital Oncology Center during 2023, treated with Intensity Modulated or Arc Volumetric radiotherapy guided by CBCT image. A total of 181 bladder volumes taken with CBCT during the 8 weeks of treatment were delineated. Mean bladder filling at sham and mean bladder filling at each CBCT session were taken. Cone Beam CT (CBCT) images were analyzed to evaluate bladder filling in different radiotherapy sessions, as well as comparative analysis with simulation CT and calculation of bladder filling percentages. Data were processed and analyzed using Microsoft Excel and INM SPSS Statix to measure bladder filling variability.

The results indicated significant variability between the fourth and sixth week of radiotherapy. The mean bladder filling in the simulation was higher than the mean CBCT between fractions in bladder filling throughout treatment. As a recommendation, it is important to maintain supervision of fluid intake for adequate bladder filling which will result in a better quality of life for the prostate cancer patient.

Key words: Prostate cancer, radiotherapy, bladder filling, Cone Beam CT.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: .....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1. Descripción del Problema de Investigación .....	4
1.1.1 Planteamiento del Problema o Pregunta de Investigación.....	6
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo general. ....	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	8
1.4. Delimitación de la Línea y Sublínea De Investigación .....	8
<b>CAPÍTULO 2: .....</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Marco Teórico.....</b>	<b>10</b>
2.1. Marco Histórico.....	10
Inicios de la radioterapia.....	11
Radioterapia aplicada al tratamiento del cáncer de próstata.....	13
Desarrollo del Cone Beam CT (CBCT).....	14
2.2. Antecedentes.....	16
2.3. Marco legal.....	20
Nacionales. ....	20
Internacionales.....	21
Institucional. ....	21

2.4. Marco referencial .....	22
Próstata. ....	22
Cáncer de próstata. ....	23
Epidemiología.....	24
Etiología.....	24
Diagnóstico clínico.....	25
Tratamientos. ....	26
Escala Gleason.....	28
Terapia de radiación para el cáncer prostático.....	28
Simulación para Radioterapia.....	30
Simulación para radioterapia en el carcinoma prostático.....	30
Terapia de Radiación con Modulación de Intensidad (IMRT). ....	32
Radioterapia de Arcos Volumétricos Modulados (VMAT). ....	33
IGRT. ....	33
CONE BEAM CT (CBCT).....	35
Generalidades. ....	35
CBCT para cáncer prostático.....	37
Llenado vesical en radioterapia para cáncer de próstata. ....	38
2.5. Marco contextual.....	40
Renuencia del tratamiento y detección.....	41
Hospital Paitilla. ....	42
<b>CAPÍTULO 3: .....</b>	<b>46</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>46</b>
<b>3. Metodología de investigación .....</b>	<b>47</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	47
3.2. Unidades de análisis.....	47
3.2.1. Población. ....	47
3.2.2. Muestra. ....	47

3.2.3. Criterios de inclusión y exclusión. ....	47
3.3. Variables de la investigación .....	49
3.3.1. Definición conceptual.....	49
3.3.2. Definición operacional. ....	50
3.4. Consideraciones éticas .....	52
3.5. Métodos para la recolección de los datos.....	53
3.6. Procedimiento.....	53
<b>CAPÍTULO 4: .....</b>	<b>55</b>
<b>PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
4.1. Presentación de los resultados.....	56
4.2. Discusión de los resultados .....	79
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 1.</b> Cronograma de actividades.....	<b>90</b>
<b>Anexo 2.</b> Presupuesto .....	<b>91</b>
<b>Anexo 3.</b> Inscripción del proyecto.....	<b>92</b>
<b>Anexo 4.</b> Carta de aprobación por el Comité de Bioética .....	<b>93</b>
<b>Anexo 5.</b> Carta de no objeción del Hospital Paitilla.....	<b>95</b>
<b>Anexo 6.</b> Carta de aceptación del director técnico .....	<b>96</b>

<b>Anexo 7.</b> Instrumento de recolección de datos .....	<b>97</b>
<b>Anexo 8.</b> Protocolo .....	<b>99</b>
<b>Anexo 9.</b> Carta de revisión de profesor de español y diploma .....	<b>104</b>
<b>Anexo 10.</b> Folleto para los pacientes con cáncer de próstata del COHP .....	<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características demográficas y patologías de los 19 pacientes tratados con radioterapia. .....	<b>58</b>
<b>Tabla 2.</b> Análisis de varianza del volumen de la vejiga según semana de CBCT. ....	<b>66</b>
<b>Tabla 3.</b> Tamaño de la próstata en simulación vs el tamaño de la próstata en la última sesión de CBCT. ....	<b>71</b>
<b>Tabla 4.</b> Volumen de llenado vesical en simulación vs el llenado vesical del último CBCT de la semana 8 de tratamiento.....	<b>75</b>
<b>Tabla 5.</b> Volumen de llenado vesical en simulación vs el promedio de llenado por sesión de tratamiento. ....	<b>76</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentajes de pacientes según intervalos de edad. ....	<b>60</b>
<b>Figura 2.</b> Porcentajes de pacientes según intervalos de PSA tomados al inicio del tratamiento. ....	<b>61</b>
<b>Figura 3.</b> Porcentajes de pacientes según resultados de Gleason Score al inicio del tratamiento. .....	<b>62</b>
<b>Figura 4.</b> Porcentajes de pacientes que recibieron Hormonoterapia junto con la radioterapia..	<b>63</b>
<b>Figura 5.</b> Porcentajes de pacientes según Dosis Total (cGy) de radiación a la próstata. ....	<b>64</b>
<b>Figura 6.</b> Porcentajes de pacientes según Estadio T. ....	<b>65</b>
<b>Figura 7.</b> Media de volumen de llenado de la vejiga (cc) por paciente durante el tratamiento de la radioterapia. ....	<b>67</b>
<b>Figura 8.</b> Análisis descriptivo de los volúmenes de llenado de vejiga por semana de CBCT a los 19 pacientes con adenocarcinoma prostático. ....	<b>68</b>
<b>Figura 9.</b> Dinámica de llenado de la vejiga por semana según CBCT de los pacientes tratados con radioterapia de la próstata. ....	<b>69</b>
<b>Figura 10.</b> Tamaño de próstata en simulación. ....	<b>72</b>
<b>Figura 11.</b> Tamaño de la próstata en el último CBCT.....	<b>73</b>
<b>Figura 12.</b> Comparación entre el tamaño de próstata en la simulación vs el tamaño de la próstata al finalizar la radioterapia. ....	<b>74</b>
<b>Figura 13.</b> Tamaño de vejiga en simulación. ....	<b>77</b>
<b>Figura 14.</b> Tamaño de vejiga del último CBCT. ....	<b>78</b>
<b>Figura 15.</b> Comparativa del tamaño de la vejiga de la simulación y el promedio de llenado de vejiga de cada paciente durante radioterapia. ....	<b>78</b>

## INTRODUCCIÓN

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) ha emergido como una herramienta esencial en la planificación y monitoreo del tratamiento del cáncer de próstata, particularmente en el contexto de la evaluación del llenado de la vejiga. En el Centro Oncológico Hospital Paitilla, el Acelerador Lineal Varian IX con OBI (CBCT: Cone Beam CT) ofrece una precisión avanzada para la obtención de imágenes tridimensionales de alta resolución, facilitando una evaluación detallada del estado de la vejiga durante las sesiones de radioterapia.

La siguiente investigación está enfocada, precisamente en el Análisis del Llenado Vesical Mediante Imágenes “Cone Beam CT” en Tratamientos Radioterapéuticos por Cáncer de Próstata, tal como se titula nuestra tesis, y resaltando a la vez, que nuestro trabajo investigativo se da dentro del contexto físico del Centro Oncológico Hospital Paitilla.

Para una mejor comprensión y aporte científico, el estudio de investigación se ha dividido en 4 capítulos.

El primero aborda el problema de investigación, es decir, las dificultades de la población del estudio. A su vez el mismo cuenta con una justificación, objetivos y delimitación de la línea y sublínea de la investigación (Radiología e Imagenología-Imagen médica).

El segundo capítulo abarca el marco teórico, marco histórico, antecedentes, marcos legales, marco referencial y marco contextual.

El tercero alude a la Metodología de Investigación, desarrollando unidades de análisis, variables de la investigación, consideraciones éticas, métodos y procedimientos.

En el cuarto y último, se muestran los resultados, a través de figuras ilustrativas que contienen tablas de porcentajes, algunas gráficas estadísticas, entre otras.

Con este trabajo investigativo, se pretende hacer un aporte a futuras investigaciones y profesionales.

**CAPÍTULO 1:**  
**EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

# 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## *1.1. Descripción del Problema de Investigación*

La radioterapia es una de las principales modalidades terapéuticas que existe contra el cáncer, donde se administra al paciente altas dosis de radiación ionizante, enfocadas en un volumen específico, que puede destruir células cancerosas, para obstaculizar su multiplicación. La misma se administrará en varias sesiones, en donde los intervalos y tiempos, dependerán de la lesión tumoral, la ubicación y propia situación clínica del paciente. De acuerdo a Arauz (comunicación personal,2024) antes de que el paciente inicie su tratamiento se le realiza una simulación con el uso de un tomógrafo, este procedimiento ayuda a mapear el sitio de tratamiento, asegurar la cantidad de radiación que va recibir el área de interés y limitar la radiación que reciben los tejidos cercanos.

Araúz (2024) afirma que en el tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata, suelen aparecer errores por distintos cambios anatómicos en la morfología del tumor, por el movimiento interno que presentan algunos órganos; por cambios en el posicionamiento diario del paciente o por no tener la vejiga óptimamente llena, siendo este último punto de gran relevancia para el trabajo de investigación, debido a que la vejiga presenta una gran variabilidad en su llenado, que puede causar cambios en la posición de la próstata, de hasta varios milímetros, por lo que se necesita, exactitud submilimétrica para restringir y controlar la dosis de radiación que incide en los tejidos sanos y poder minimizar el riesgo de efectos adversos, maximizándola en el tumor, evitando una subdosificación o a una sobredosificación de los tejidos circundantes.

En la República de Panamá el carcinoma prostático, es el preminente de tumores malignos, siendo la radioterapia parte del tratamiento curativo; donde hace décadas atrás los pacientes tenían

menos adaptabilidad. Hoy día la radioterapia goza de mejor popularidad por sus beneficios, ya que determina modificaciones a la calidad de imagen, en el método de reposicionamiento y aplicación de la terapia. (Araúz, comunicación personal, 2024)

El Centro Oncológico Hospital Paitilla abrió sus puertas en julio del año 2000, con el primer acelerador lineal Clinac C 2100 en toda Centroamérica y Panamá, cuando aún se utilizaban equipos antiguos de cobalto, proporcionando asistencia en teleterapia y braquiterapia. En el año 2012 se decidió hacer la renovación para actualizar toda la plataforma de radioterapia, encaminada a utilizar la radioterapia modulada volumétrica en arco, con el equipo Rapid Arc de Varian Medical Systems, el cual ya tenía incorporado un equipo de adquisición de imágenes con rayos X con flujo de Kv, conocido como Cone Beam CT (CBCT). Actualmente, este centro oncológico trata pacientes con distintos tipos de cáncer, que han sido referidos de otros centros públicos y privados, donde este sistema se ve involucrado para identificar con precisión la localización del tumor; En cuanto al cáncer de próstata, permite una evaluación precisa en tiempo real, visualizar sus tejidos y órganos circundantes, permitiendo obtener una imagen de tomografía axial, para poder compararlas con la imagen obtenida en simulación (mediante tomografía) y evitar irradiar zonas innecesarias no establecidas en el tratamiento. (Araúz, comunicación personal, 2024)

Una vez que el paciente inicia su primera sesión de terapia, se sugiere al paciente tomar 500 cc de agua 10 minutos antes, para asegurarse de que la vejiga está llena al momento del tratamiento y garantizar que el mismo se mantiene dentro de los límites de lo cual fue planificado; sin embargo, el Centro Oncológico Hospital Paitilla, no cuenta con un registro donde se vea evidenciado las variabilidades en el llenado vesical de los pacientes durante las fases del tratamiento, garantizando que los mismos cumplieron con un llenado mínimo del 60%; creando

así, una evidencia que da certeza que con las indicación de los 500 cc de agua antes de cada sesión, el paciente logra un llenado óptimo de la vejiga. ( Araúz, comunicación personal, 2024).

### **1.1.1 Planteamiento del Problema o Pregunta de Investigación.**

¿Cuál es la magnitud de la variabilidad del llenado vesical en pacientes con cáncer de próstata durante las sesiones de radioterapia en el Centro Oncológico Hospital Paitilla durante el 2023?

### **1.2. Justificación**

La tomografía computarizada se utiliza como punto inicial en el tratamiento de radioterapia para obtener una imagen y realizar la planificación de la radioterapia para el paciente, logrando así la reconstrucción exacta del tamaño y forma del tumor, como también proporcionar precisión y localización del mismo, obteniendo así la imagen de simulación.

La implementación del Cone Beam CT en radioterapia de intensidad modulada es fundamental, puesto que las imágenes que brinda son designadas para la visualización de tejidos blandos, lo que permite garantizar un tratamiento preciso y eficaz para el paciente. Pero este sistema brinda más beneficios para la oncología, con el manejo del carcinoma prostático, el cual se basa en corregir las deformidades e inestabilidades, permitiendo visualizar con mayor eficacia la forma del tumor y las áreas de interés para el personal.

El principal conocimiento que se generará, es que las imágenes Cone Beam CT permitirán visualizar cuál fue el llenado de la vejiga y el tamaño de las estructuras de interés, considerando también que en cada sesión se requiere de una mayor capacidad vesical por parte del paciente. A su vez conocer la importancia de un correcto llenado vesical, para tratar los carcinomas prostáticos durante las sesiones de radioterapia, ya que la vejiga es un órgano que puede tener modificaciones durante las sesiones de tratamiento, donde la posición de la próstata puede verse afectada debido

a los cambios significativos que proporciona el volumen de la vejiga, provocando desplazamientos y comprometiendo los órganos sanos a una sobreirradiación; por ende, se busca que el tratamiento se mantenga dentro de los límites de lo cual fue planificado.

Obteniendo así, que los pacientes están recibiendo un tratamiento satisfactorio y las indicaciones correctas en cuanto a la hidratación, lo que explica por qué mantienen una tasa baja de efectos secundarios por una sobreexposición a la radiación.

A través de este trabajo de investigación, se contará con la posibilidad de tener un estudio por medio de un registro, con el objetivo de contar con un protocolo, que describa indicaciones precisas a los pacientes y a los colegas que orientan de igual manera a los usuarios del servicio, el cual quedará como evidencia de que se cumple con el estándar apropiado de llenado vesical, lo que permitirá al personal, evaluar de primera mano si el paciente, durante las sesiones de tratamiento, se está hidratando de manera correcta para evitar sobreirradiar la vejiga y observar las variaciones de la misma. Al poder tener la posibilidad de analizar y recolectar adecuadamente los datos, este trabajo investigativo brindará la posibilidad de conocer la utilidad que tiene el Cone Beam CT y el potencial del mismo para un mejor manejo del volumen vesical dentro de la oncología, contribuyendo a la literatura existente y a la vez que funcione como referencia en futuros estudios para el campo de la radioterapia sobre el cáncer de próstata. La misma se hará mediante una publicación escrita en *Ecancermedicalscience*, que es una revista médica de libre acceso, donde refiere artículos e investigaciones vinculados al cáncer.

### ***1.3. Objetivos***

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Analizar mediante imágenes Cone Beam CT el llenado de vejiga en los tratamientos

radioterapéuticos por cáncer de próstata en el Centro Oncológico Hospital Paitilla durante el 2023.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Comparar el tamaño de la próstata y vejiga en simulación versus la del último día de tratamiento radioterapéutico en el Centro Oncológico Hospital Paitilla durante el 2023.
- Calcular el porcentaje del llenado vesical en los tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata mediante Imágenes Cone Beam CT en el Centro Oncológico Hospital Paitilla durante el 2023.
- Determinar la variabilidad del llenado vesical durante los tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata en el Centro Oncológico Hospital Paitilla durante el 2023.

### ***1.4. Delimitación de la Línea y Sublínea De Investigación***

Línea: Radiología e imagenología

Sublínea: Imagen médica

**CAPÍTULO 2:**  
**MARCO TEÓRICO**

## **1. Marco Teórico**

### ***2.1. Marco Histórico***

El cáncer de próstata tiene una historia de casi dos siglos. En 1817, Langstaff describió casos de la enfermedad, denominándolos tumores fungantes, que a menudo resultaban ser metástasis. En ese tiempo, el diagnóstico se basaba en la observación macroscópica durante las autopsias, ya que el examen histológico aún no se aplicaba en la práctica clínica. Durante el siglo XIX, la detección temprana del cáncer en la glándula prostática, fue mejorando significativamente con la utilización de las biopsias preoperatorias, la introducción del antígeno prostático específico y brindando una mejor atención médica, obteniendo una gran reducción de la mortalidad por esta enfermedad.

El Instituto Nacional del Cáncer (2022) señala que en 1986, la FDA aprobó el uso del PSA con el fin de supervisar el carcinoma prostático en personas previamente diagnosticadas, lo que permitió a los médicos observar el avance del padecimiento, así como la eficacia de la terapia. La FDA en el año 1994, concedió la autorización para la utilización del PSA, en calidad de método de identificación precoz de carcinoma prostático en hombres asintomáticos, marcando un hito importante, ya que facilitó la identificación del cáncer en etapas más tempranas y más tratables. Con el tiempo, se han introducido mejoras en la prueba de PSA, como la medición del PSA libre y total, la velocidad del PSA (cómo varía la concentración de antígeno prostático específico a lo largo del tiempo), así como el nivel de PSA en relación con el tamaño de la próstata. Estas innovaciones han aumentado la precisión de la prueba y reducido los falsos positivos.

El esquema de gradación tumoral (Gleason), es fundamental para determinar el carcinoma prostático, ya que ofrece información vital sobre la agresividad del tumor. Este sistema fue creado

en el año 1960, por el Dr. Donald F. Gleason, un patólogo del Minneapolis Veterans Affairs Medical Center, quien buscaba una manera de clasificar los carcinomas prostáticos, fundamentado en el aspecto microscópico y en los tejidos neoplásicos. En 1966, Gleason y sus colegas publicaron un artículo titulado: "Classification of prostatic carcinomas", que describía en detalle este nuevo sistema de puntuación. El sistema se fundamentaba en la observación de patrones arquitecturales del tejido neoplásico prostático, otorgando una valoración de 1 a 5, a los dos tipos más habituales en un fragmento de material biológico.

El sistema de Gleason es ahora el estándar global para clasificar el cáncer de próstata, siendo empleado por diversos especialistas médicos, como: patólogos, urólogos y oncólogos, y también para planificar tratamientos y prever el pronóstico de los pacientes.

De acuerdo a Vásquez (2022) el primer caso registrado de cáncer de próstata se documentó en 1853 por J. Adams, un cirujano del Hospital de Londres. En su informe, Adams describió el cáncer de próstata como una enfermedad extremadamente rara en esa época. Sin embargo, hoy en día, el cáncer de próstata se ha convertido en un problema de salud significativo. De acuerdo con la red Globocan 2020, este tipo de cáncer es el segundo más común a nivel mundial, solo por detrás del cáncer de mama.

### **Inicios de la radioterapia**

El desarrollo de la radioterapia inicia en los últimos años del último quinquenio del siglo XIX, con el descubrimiento del físico alemán Wilhelm Konrad Roentgen, de los rayos X en noviembre de 1895, en un gabinete de laboratorio de la Universidad de Würzburg en Baviera, el 8 de noviembre de 1895, en Alemania, "un nuevo tipo de rayos" con propiedades inusuales e increíbles "rayos X". Un par de días después de descubrirlo, se realizó la primera imagen

radiográfica en la historia con Anna Bertha, conyugue de Roentgen, revelando la opacidad de los huesos y el anillo que llevaba. Casi inmediatamente después de su descubrimiento, algunos médicos con una intuición deslumbrante vieron la posibilidad de utilizar los rayos X en el tratamiento de enfermedades oncológicas. Emil Grubbe un mes después del informe de rayos X, trató a un paciente en Chicago con recurrencia local de cáncer de mama. Seis meses después, Victor Despeignes de Lyon fue tratado por un cáncer de estómago sangrante. Leopold Freund de Viena, en diciembre de 1896, trató con éxito gran área de enfermedad de la piel (nevus peludo), en el tórax de una adolescente. Este fue uno de los primeros usos médicos de los rayos X. Los dos primeros pacientes murieron poco después.

La evolución de la radioterapia, una técnica esencial en el tratamiento del cáncer, se extiende a lo largo de más de cien años de progresos e innovaciones. Algunos momentos claves para su desarrollo fueron:

Hallazgo de la radiactividad (1898): se identificaron los elementos radiactivos, polonio y radio, por los físicos Pierre Curie y Marie Curri, quienes marcaron un avance significativo que inauguró nuevas posibilidades en el campo del tratamiento médico.

Radioterapia temprana (1900-1920): durante este período inicial, se empieza a emplear la radiación ionizante para tratar tumores cancerosos, con contribuciones significativas de Marie Curie en el desarrollo de técnicas pioneras para su aplicación médica.

Desarrollo de técnicas y tecnologías (1930-1950): se establecen las primeras máquinas de radioterapia externa y se introduce la braquiterapia, facilitando la ubicación exacta procedente de materiales radiactivos cercanos o situados en el tejido tumoral.

Cobalto-60: el isótopo radiactivo del cobalto (cobalto-60), fue descubierto en 1936, y las características físicas se describieron en 1937. A principios de la década de 1940 surgieron ideas de su posible uso como fuente de radiación de alta energía para uso médico.

### **Radioterapia aplicada al tratamiento del cáncer de próstata**

Menéndez (2021) plantea que los primeros informes sobre la aplicación de terapia con radiación para abordar el carcinoma prostático, se abordaron a comienzos del siglo XX, para entonces, se utilizaban fuentes radiactivas que se introducían por la uretra y el recto como una opción de tratamiento paliativo para pacientes que no podían someterse a cirugía. En este mismo siglo, la radioterapia externa se empezó a utilizar solo como tratamiento complementario, con radioterapia intersticial, ya que los equipos de kilovoltaje no eran adecuados ni suficientemente avanzados para tratar de forma definitiva neoplasias más profundas, como el cáncer de próstata. Los primeros informes sobre terapia a pacientes afectados por carcinoma prostático a través de la cobaltoterapia, se dirigieron a quienes padecían de enfermedad no operable. Posteriormente, se publicaron los primeros informes de casos de pacientes que aparentemente fueron curados con cobaltoterapia. Estos informes fueron realizados por el Dr. Juan del Regato, quien, con sus esfuerzos, en colaboración con organizaciones internacionales, así como en conjunto con colegas abrieron un compás para demostrar que la oncología radioterapéutica estaba trascendiendo, permitiendo la posibilidad de ver potencialmente la radioterapia como una opción de tratamiento en el carcinoma prostático.

“Durante los años setenta, la radioterapia comenzó a desarrollarse de manera significativa en Europa y América. En las décadas posteriores, los avances tecnológicos en los años ochenta y noventa permitieron que la radioterapia evolucionara de técnicas

bidimensionales a la radioterapia tridimensional conformacional, y más adelante hacia la radioterapia de intensidad modulada (IMRT) y la radiocirugía”. (pág. 49)

La radioterapia con más de un siglo de experiencia y enriquecida por los avances recientes en tecnología y radiobiología, se establece como un componente esencial del tratamiento multidisciplinario del cáncer, aprovechando las innovaciones tecnológicas, implementando técnicas de IGRT, intraoperatoria (IORT), radioterapia dinámica, la terapia de arco volumétrica (VMAT) y la radiocirugía robótica, entre otros desarrollos, que permiten garantizar tratamientos más eficientes y con menos efectos secundarios.

### **Desarrollo del Cone Beam CT (CBCT)**

Finlayson (2008) señala que “En 1917, Radón formuló las bases teóricas de la tomografía, demostrando que un objeto tridimensional puede ser reconstruido a partir de un número infinito de proyecciones bidimensionales tomadas desde diversos ángulos”. (pág.126).

Un ingeniero electrónico llamado Sir Godfrey Hounsfield, fue quien diseñó el primer equipo de TC marcando el inicio de una rápida evolución tecnológica en este campo, con cuatro generaciones sucesivas. Los escáneres de la primera generación, incluyendo el modelo de Hounsfield y los primeros comercializados en 1972, empleaban un único detector que capturaba un haz de rayos X, y medía la integral de los coeficientes de atenuación lineal a lo largo de una línea. Luego, se desplazaba horizontalmente para capturar la siguiente línea y, tras completar las mediciones en una posición, tanto el detector como la fuente, rotaban un grado en un proceso de traslación-rotación. Estos primeros dispositivos estaban diseñados exclusivamente para escanear la cabeza. Sin embargo, en poco tiempo fue evolucionando, hasta obtener un nivel necesario donde

las imágenes fueran nítidas, con prototipos más sofisticados, no solo para el cerebro, sino para todas las superficies del cuerpo.

A principios de la década del 2000, el CBCT empezó a ser utilizado en radioterapia, principalmente para aumentar la precisión de los tratamientos.

Dávila (2017) señala que La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) fue inventada en Italia en 1997, con la creación de la unidad Newton. Aunque similar a la TC convencional, en la CBCT el paciente se acuesta en una máquina con un orificio abierto para la exposición a radiación. A diferencia del haz de abanico usado en las TC convencionales, la CBCT utiliza un haz en forma de cono. (pág. 58)

La tomografía computarizada convencional contaba con escáneres que fueron diseñados para un escaneo rápido y completo del cuerpo, siendo estos de gran tamaño y de muy altos costos, implementados para minimizar artefactos en órganos en movimientos, como el corazón, pulmones e intestinos. Con la búsqueda de la creación de escáneres más pequeños y asequibles, se diseñó para la imagenología dentomaxilofacial, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), donde fue implementada inicialmente en el campo de la odontología; desarrollando los primeros equipos para obtener imágenes detalladas de los dientes, los maxilares y otras estructuras faciales.

Según Fernández y Serrano (2017) “El CBCT fue desarrollado en la década de los 90 para su uso en radioterapia y en aplicaciones de imagen vascular”. (pág. 13)

Durante los años 2000, el CBCT se consolidó como un estándar en la radioterapia guiada por imágenes (IGRT). Los avances tecnológicos facilitaron la obtención de imágenes con mayor claridad y resolución y para disminuir la cantidad de radiación aplicada al paciente. Esta técnica ha sido empleada extensamente en diversas aplicaciones industriales y biomédicas. Uno de los

avances cruciales en radioterapia ha sido el aumento en la exactitud durante la aplicación de radiación hacia el área planificada. Para optimizar la ubicación del objetivo de tratamiento, se han desarrollado sistemas de inmovilización más avanzados, como lo es la IGRT, la misma emplea imágenes ortogonales o tomografías computarizadas realizadas directamente en la máquina de tratamiento, como el CBCT (Cone Beam Computed Tomography), para garantizar una mayor precisión en la entrega de la radiación.

## ***2.2. Antecedentes***

El CBCT ha marcado un avance importante en el posicionamiento del paciente durante la radioterapia, convirtiéndose en una parte integral del IGRT. El método de integración del CBCT ha sido empleado durante años con el SPECT, con la implementación de un equipo CBCT que utiliza un tubo de rayos X clínico y una placa plana.

La tomografía computarizada puede ser sincronizada automáticamente con imágenes previas tomadas durante la planificación del tratamiento para asegurar un reposicionamiento preciso del paciente en el isocentro del equipo. El avance en el desarrollo del CBCT para radioterapia ha sido notable, impulsado por el crecimiento de la radioterapia guiada por imágenes. Varios estudios han comenzado a documentar los aspectos técnicos y clínicos iniciales del CBCT basada en kilovoltaje (kV), destacando cómo esta tecnología ha evolucionado con el tiempo. (Lehmann, 2007, pág. 22)

A continuación, una revisión de la literatura que aborda estudios de otros autores relacionados con el tema:

Chunga (2021) Afirma en su trabajo de investigación sobre los desafíos diarios para los pacientes con cáncer prostático implementando el CBCT, en donde su objetivo fue

evaluar el margen de error en la ubicación del Volumen Blanco Clínico (CTV) y medir el movimiento de los órganos, usando CBCT diario, con el fin de establecer un margen adecuado alrededor de la próstata.

Empleando el sistema de inmovilización Combifix, se efectuaron todas las TC mientras el paciente estaba en la posición de tratamiento (decúbito supino) que asegura las rodillas y pies. Aquí se hace énfasis sobre la reproducibilidad, que es un factor clave en radioterapia. Se estableció la necesidad de mantener el mismo estado de la vejiga y el recto. Ya que estudios indican que el llenado de estos órganos puede alterar la posición y aumentar el riesgo de sobreexposición. Así que, se recomienda que la vejiga esté parcialmente distendida y la cavidad rectal desocupada antes de cada sesión. En sus resultados observaron que en dirección cefalocaudal y en dirección transversal, las variaciones son mínimas, mientras que en dirección frontal la dispersión es mayor. Esto es asociado con la distensión del recto, el cambio en la posición de vejiga y el movimiento peristáltico del paciente. De igual forma encontraron los bordes necesarios en la glándula prostática entre el volumen de objetivo clínico (CTV) y el volumen de planificación del objetivo (PTV), los mismos son de 3,3 mm en dirección cefálico caudal, en dirección sideal 3,7 mm y en la dirección fronto dorsal 4,4 mm. (pág. 13)

Dávila (2017), mencionan que, en el ámbito particular de la glándula prostática se identifican dos estructuras clave en complicación con las contracciones ondulatorias continuas. Dada su proximidad para el tumor, es crucial analizar estos límites internos de estrategia, para garantizar una cobertura completa de la lesión y una óptima para las estructuras comprometidas. Este trabajo evaluó el análisis de las imágenes CBCT de 15

pacientes, donde los resultados mostraron una variación del 3% en el volumen de la próstata, del 17% en la vejiga y del 20% en el recto. (pág. 5)

La radioterapia sincronizada con las funciones corporales y sus imprecisiones relacionadas, hace énfasis en que para la próstata se deben diseñar protocolos de tratamientos, en los que la vejiga y/o el recto deben de estar en unas condiciones óptimas de llenado o vaciado, previamente establecidas, ya que, según experiencia propia, se logra minimizar los desplazamientos del área de tratamiento durante el transcurso de todas las sesiones programadas. (Martínez, 2015)

García (2017) llevo un estudio sobre “Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata”, de carácter observacional, de tipo descriptivo, prospectivo y con seguimiento longitudinal. Se realizó la verificación de imágenes CBCT para 15 pacientes, para evaluar la reproducibilidad del posicionamiento, analizando las variaciones en las imágenes, empleando una ficha de recolección de datos como herramienta, en la que anotaban los desplazamientos, dando como resultado el análisis de 150 imágenes adquiridas, obteniendo como resultado de los desplazamientos un porcentaje de 82.2% con fiabilidad optima.

Chiao-Ling (2009) Evalúa el estado de llenado de vejiga y su impacto en la posición del objetivo durante la radioterapia de intensidad modulada (IMRT) diaria mediante CBCT, donde se incluyeron 23 pacientes con cáncer de próstata (78 Gy en 39 sesiones), indicándoles a todos, que debían tener la vejiga llena. Los Cambios en las dimensiones de la vejiga se midieron desde la parte superior de la próstata, hasta el hueso púbico, y desde la parte superior de la próstata, al isocentro de tratamiento; utilizando desviación estándar

en todas las fracciones. En total se evaluaron 867 imágenes CBCT, concluyendo que, aunque no fueron insignificantes, los cambios en el estado de llenado de la vejiga no tuvieron un impacto significativo en la posición objetivo.

Un ensayo aleatorio de Mullaney (2014) compara la consistencia del volumen de la vejiga durante la radioterapia fraccionada de próstata, a través de un ensayo controlado prospectivo, indicando que el movimiento de los órganos es un factor que contribuye en el cambio de la localización de la glándula prostática y los órganos en riesgo durante un ciclo de radioterapia. Los criterios de valoración secundaria fueron: evaluar la incidencia de toxicidad genitourinaria y gastrointestinal aguda y tardía, para los usuarios y su satisfacción con las instrucciones sobre el llenado de la vejiga. Ciento diez pacientes fueron asignados aleatoriamente a 1 de 2 protocolos de llenado de vejiga; 540 ml (3 tazas) de agua o 1080 ml de agua (6 tazas), teniendo como resultado una variación significativamente menor en el grupo de 540 ml, siendo más reproducible a lo largo de la radioterapia, sin ningún deterioro del estado de salud, ni toxicidades en comparación según el protocolo de 1080 ml. Estos son solo algunos autores que han estudiado el cáncer de próstata y que nos servirán de referencia para nuestro trabajo de investigación, ya que han buscado reconocer con estos estudios la importancia actual del CBCT dentro de la radioterapia, la cual sirve como un recurso exacto para dirigir la adquisición de imágenes, proporcionando un método alternativo para ajustar en las sesiones diarias de tratamiento, y más aún, con la acumulación de orina en la vejiga, ya que estos órganos se encuentran relativamente juntos.

### **2.3. Marco legal**

#### **Nacionales.**

- **Capítulo 6°: Salud, seguridad social y asistencia social de la Constitución Política de Panamá**

**Artículo 109.** Es responsabilidad del Estado garantizar la salud de la población de la República. Cada individuo, como miembro de la comunidad, tiene derecho a promoción, protección, conservación, restitución y rehabilitación de la salud, así como la obligación de mantenerla, entendida como el bienestar integral físico, mental y social.

- **Decreto Ejecutivo N°846 (2015)**

Dicho Decreto Ejecutivo establece “Una estrategia nacional sobre la prevención y control integral de enfermedades no transmisibles y sus factores de riesgo”.

- **El Decreto Ejecutivo N°770 (2010)**

Contiene artículos que afirman que las actividades y operaciones relacionadas con la protección y seguridad radiológica deben ser realizadas por especialistas, profesionales y técnicos idóneos en la materia. Aprobados por el Consejo Técnico de Salud, para la práctica de libre ejercicio en dichas actividades a nivel nacional.

- **En base legal el Ministerio de Salud (2019)** “los profesionales deben cumplir con el registro de los datos, siguiendo las normas, procedimientos y protocolos establecidos para la ejecución eficaz de la atención, así como la recolección de información estadística, importante para los estudios y análisis de salud de la población”.

### **Internacionales.**

En una publicación de la OMS (2021) titulada: “Especificaciones Técnicas de Equipos de Radioterapia para el Tratamiento del Cáncer”, se mencionan normas y condiciones para garantizar la seguridad en los dispositivos de programación de tratamientos de radioterapia. (pág. 29)

Cabe mencionar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) proporcionan directrices sobre el uso de equipos de radioterapia para tratar el cáncer.

En 2022 ambas organizaciones pusieron en desarrollo el programa Rayos de Esperanza, para promover el desarrollo y la expansión de las unidades de tratamiento con radioterapia e imágenes médicas para personas que padecen de cáncer, en países donde la radioterapia es poco accesible.

En un boletín informativo de la OIEA que esta descrito por Laura Gil, se plantea el tema de las disposiciones que rigen la aplicación de radiación para tratar el cáncer. (2019)

### **Institucional.**

Hospital Paitilla (2019) obtuvo las certificaciones UNE EN ISO 9001:2015 y UNE EN ISO 14001:2015, las cuales reflejan su compromiso con los estándares internacionales en calidad y gestión ambiental. Estas certificaciones, no solo mejoran el bienestar de los pacientes y aumentan la motivación del personal, sino que también optimizan la eficiencia económica del hospital. Al obtener estas acreditaciones, el Hospital Paitilla se ha consolidado como el primer hospital privado en Panamá en alcanzar estos altos estándares, reafirmando su dedicación de brindar un servicio de máxima calidad y seguridad para sus pacientes.

## ***2.4. Marco referencial***

### **Próstata.**

La próstata, una glándula exocrina del sistema reproductor masculino, está situada en la región pélvica, por debajo de la vejiga urinaria y en frente del recto. Con una estructura piramidal invertida, la misma está compuesta por tejido fibromuscular y glandular. Rodea la porción inicial situada justo debajo del cuello de la vejiga, donde su función principal es la producción y secreción de un líquido lechoso que constituye una parte significativa del semen, contribuyendo a la movilidad, protección y viabilidad de los espermatozoides durante la eyaculación. Este líquido, junto con otras secreciones, facilita la reproducción al optimizar el ambiente en el tracto.

Pérez (2013), señala que, Aumüller et al, 1979, la próstata en hombres jóvenes y sanos, posee un tamaño similar al de una nuez, pesando alrededor de 20 gramos, permaneciendo estable hasta los 40 años. A partir de esa edad, comienzan a ocurrir ciertos cambios histológicos que pueden hacer que la glándula crezca, obstruyendo la uretra o la vejiga, lo que puede causar dificultad para orinar y afectar las funciones sexuales, conduciendo a una hiperplasia benigna de próstata (HBP). (pág. 9)

La hiperplasia es la proliferación celular anormal que ocurre cuando los mecanismos reguladores del ciclo celular promueven un aumento en la replicación de células somáticas dentro de un tejido u órgano específico, sin que haya un cambio en su estructura fundamental. Este proceso, aunque inicialmente está controlado, puede predisponer al desarrollo de condiciones patológicas si la proliferación se vuelve excesiva o se acompaña de otros cambios celulares.

El agrandamiento benigno de la próstata (HPB), se vuelve más prevalente con la edad avanzada, aunque generalmente no está relacionada con el incremento en la probabilidad de desarrollar cáncer de próstata; sin embargo, si no se aborda adecuadamente, predispone a la glándula a cambios celulares adversos, como la displasia, que potencialmente podría evolucionar hacia un carcinoma prostático.

Refiriéndose Pérez (2013) a la hiperplasia maligna, está el denominado, cáncer, que según (Camargo et al, 2004) mencionan lo siguiente:

El término cáncer no se puede describir como una sola enfermedad. Es el nombre de una variedad de enfermedades muy distintas entre sí y que se caracteriza por el crecimiento anormal y desordenado de las células del cuerpo. Esto es causado por alteraciones genéticas en este tipo de células, por lo que éstas reciben mensajes erróneos. La célula cancerosa pierde el control de su propio desarrollo, de modo que se divide en mayor número y a mayor velocidad que el resto de las células de los tejidos a los que pertenece, sin cumplir las funciones para las que han sido creadas. (pág. 3).

### **Cáncer de próstata.**

El tipo predominante de cáncer de próstata es el adenocarcinoma acinar, siendo esta una neoplasia glandular originada en las células de la glándula prostática. El cáncer prostático puede desarrollarse en cualquier zona de la glándula, aunque suele ser más frecuente en la parte posterior. Existen diversas formas de cáncer prostático, como los sarcomas primarios, los carcinomas de células pequeñas, los tumores neuroendocrinos y los carcinomas de células transicionales. El cáncer de próstata tiene la capacidad de diseminarse a través del torrente sanguíneo, afectando

otras partes del organismo. Comúnmente, las metástasis se localizan en los huesos y los ganglios linfáticos, aunque también puede comprometer gravemente los pulmones, el hígado y los riñones.

### **Epidemiología.**

El cáncer prostático es más común en varones mayores. Cerca del 60% de los casos se diagnostican en personas de 65 años o más, siendo bastante infrecuente en individuos menores de 40 años (0.1%). La edad media en el momento del diagnóstico es de aproximadamente 67 años. Además, es común encontrar cáncer prostático subclínico en hombres mayores de 50 años. La incidencia está en aumento, afectando a 1 de cada 9 hombres. A nivel global, se registran alrededor de 1,400,000 nuevos casos anuales, y aproximadamente 1 de cada 39 hombres muere a causa de esta enfermedad.

### **Etiología.**

**Edad:** el riesgo de desarrollar cáncer prostático crece con la edad, siendo más común en hombres mayores de 50 años.

**Etnia:** la prevalencia es mayor en varones de origen afroamericano, en este grupo, la enfermedad tiende a presentar una mayor agresividad.

**Historia familiar:** existe una fuerte asociación hereditaria con el cáncer de próstata. Los individuos con antecedentes parientes de primer grado que han sido diagnosticados con cáncer prostático, así como aquellos que han tenido otros tipos de cáncer, como el de mama, colorrectal, ovarios, páncreas o melanoma.

**Hormonas:** la testosterona, la principal hormona androgénica en los varones. La enzima 5-alfa reductasa convierte la testosterona en dihidrotestosterona (DHT). Esta hormona es

fundamental para el crecimiento de la próstata, pero cualquier desequilibrio en su producción puede influir en la aparición del cáncer prostático.

Manifestaciones clínicas: el cáncer de próstata puede presentar dificultades al orinar, flujo urinario débil, molestias o sensación de ardor al orinar, así como la presencia de sangre en la orina o en el semen e incomodidad en la zona pélvica.

### **Diagnóstico clínico.**

Análisis de sangre: el Antígeno Prostático Específico (PSA), una proteína generada por las células prostáticas, se encuentran principalmente en el semen, aunque también puede encontrarse en la sangre de manera imperceptible. En los hombres, los niveles de PSA en sangre suelen ser bajos; sin embargo, un aumento en estos niveles puede indicar la presencia de cáncer. Si los resultados tanto de PSA, como el examen rectal digital (DRE) o de otras pruebas indican la posible presencia de carcinoma prostático, puede ser necesario realizar una biopsia de la próstata. El valor normal de PSA es  $<4$  ng/ml, sin embargo, esta prueba no es específica para hacer un diagnóstico de cáncer de próstata, debido a que sus niveles suelen alterarse por diversas causas, como lo pueden ser las actividades sexuales, hipertrofias prostáticas, infecciones urinarias, entre otras.

Examen rectal: este procedimiento lo realiza el médico para examinar el recto y la próstata, palpando el área final del tubo digestivo. Permite evaluar aspectos como el tamaño, la firmeza y la movilidad de la próstata. Dado que el cáncer de próstata frecuentemente se localiza en la periferia de esta glándula, si se detectan anomalías durante el examen rectal, se puede recomendar una biopsia, independientemente de los resultados del PSA.

Biopsia prostática: este procedimiento se utiliza para extraer pequeñas muestras de tejido de la próstata, con el fin de confirmar el diagnóstico mediante análisis anatómo-patológicos. Es el método definitivo para determinar la presencia de cáncer.

### **Tratamientos.**

Vigilancia activa: en casos de tumores de bajo riesgo, se puede optar por una estrategia de monitoreo cercano, sin intervención terapéutica inmediata, para observar la progresión del cáncer.

Prostatectomía: procedimiento quirúrgico radical, realizado de manera abierta o laparoscópica, destinado a la extirpación completa de la glándula prostática.

Radioterapia: puede ser radioterapia radical, adyuvante, de rescate y paliativa para destruir las células cancerosas.

Terapia hormonal: bloqueo de las hormonas que alimentan el crecimiento de la enfermedad prostática.

Quimioterapia: se administran fármacos citotóxicos con el propósito de inducir la muerte celular en células neoplásicas. Este enfoque sistemático se emplea para tratar casos avanzados o metastásicos de carcinoma prostático con una respuesta inadecuada a los tratamientos hormonales o a otras modalidades terapéuticas. La quimioterapia actúa interfiriendo con la replicación celular y la proliferación de células tumorales, contribuyendo así a la disminución del tamaño del tumor y la mejora de supervivencia.

Una vez que se ha realizado el diagnóstico, es importante conocer, que tan avanzado se encuentra el cáncer, es por ello, que la estadificación permite a médicos y cirujanos evaluar el

tamaño del tumor y determinar su extensión en el cuerpo. El sistema TNM es el enfoque más utilizado a nivel global para clasificar el cáncer.

La clasificación TNM, es una herramienta estándar utilizada en oncología para evaluar y describir la extensión del cáncer en un paciente. En este sistema, la "T" hace referencia a las proporciones y la ubicación del tumor original, "N" cuantifica el grado afectado de las glándulas linfáticas regionales por células cancerosas, y la "M" identifica la presencia de metástasis, que implica la propagación del cáncer desde su origen hacia otras áreas del cuerpo.

El puntaje T en el sistema de estadificación TNM se emplea para valorar la magnitud y la extensión local del cáncer de próstata, proporcionando una estimación del riesgo de progresión tumoral. Este puntaje ayuda a predecir la probabilidad de crecimiento tumoral, la diseminación local del cáncer en ausencia de tratamiento y la posibilidad de recurrencia tras la intervención terapéutica. La evaluación precisa del puntaje T es fundamental para la planificación del tratamiento y la evaluación del pronóstico en individuos con cáncer de próstata.

Es por ello que se deben tomar en cuenta, para determinar las opciones iniciales del tratamiento que incluyen terapia hormonal, a menudo combinada con quimioterapia o radioterapia, cirugía para aliviar síntomas, observación en pacientes mayores o con problemas graves de salud, y participación en estudios clínicos de nuevos tratamientos.

El cáncer de próstata y su tratamiento afectan ampliamente el estado general de salud de los pacientes, influyendo en la función urinaria, sexual y digestiva. Además, los pacientes pueden enfrentar alteraciones en su percepción de la esperanza de vida, su integridad física y sus relaciones interpersonales.

### **Escala Gleason.**

El sistema de puntuación Gleason se utiliza para medir la severidad del cáncer de próstata, basándose en las características microscópicas del tejido tumoral obtenidas mediante biopsia. Los patrones de diferenciación celular se clasifican entre 1 a 5, donde el 1 es el de menor agresividad y el de mayor agresividad el 5. La puntuación total es obtenida, mediante la suma de los dos patrones más predominantes, resultando en una puntuación que oscila de 2 a 10. Un puntaje elevado en el sistema Gleason, indica una mayor heterogeneidad celular y un comportamiento más agresivo del tumor. Este sistema es crucial para la planificación del tratamiento, incluyendo la radioterapia, ya que ayuda a determinar la intensidad y el enfoque de la terapia radiológica en función del grado de agresividad del tumor.

G0: la diferenciación del tumor no puede ser evaluada.

G1: cuenta con un puntaje de 2-4, anaplasia débil, bien diferenciado.

G2: cuenta con un puntaje de 5-6, anaplasia, pobremente indiferenciado.

G3-4: cuenta con un puntaje de 7-10, con anaplasia marcada, pobremente indiferenciado.

### **Terapia de radiación para el cáncer prostático.**

Esta es una modalidad terapéutica, donde se busca erradicar los tejidos cancerosos y reducir la masa tumoral. Este tratamiento puede clasificarse en varias formas, incluyendo radioterapia externa e interna (braquiterapia), donde las fuentes radiactivas son colocadas directamente en el tejido tumoral o cerca del mismo; afectando el material genético de las células cancerosas y bloqueando su habilidad para reproducirse, conduciendo a su muerte.

La precisión en la administración de dosis y la localización del tumor son fundamentales para optimizar los resultados del tratamiento y reducir el impacto en los tejidos cercanos. La selección del método de radioterapia se realiza considerando la fase del cáncer, la puntuación Gleason, el tamaño del tumor y las características individuales del paciente, siendo un componente integral en el manejo, tanto curativo como paliativo del cáncer de próstata. Es por ello que es esencial para el tratamiento del cáncer, los avances tecnológicos, teniendo un importante lugar en estos últimos años ya que han sido plasmadas nuevas modalidades de tratamiento radioterapéutico, siendo capaces de administrar la irradiación con una alta precisión.

Algunos beneficios del tratamiento de radiación para el cáncer prostático:

- Preservar la próstata y la función eréctil; permite tratar el cáncer sin extirpar el órgano, ayudando a mantener la función eréctil y una mejor calidad de vida.
- Eficaz en diferentes etapas; funciona bien tanto en etapas tempranas como avanzadas del cáncer, e incluso en casos metastásicos, puede controlar y aliviar síntomas.
- Menos efectos secundarios; los avances en técnicas de radioterapia han reducido los efectos secundarios, con menos complicaciones comparadas con la cirugía.

Fernández (2015) plantea que antes de iniciar el tratamiento radioterápico, se realiza una planificación que incluye que el médico encargado define y localiza las áreas importantes, diseña el método de irradiación, establece la dosis adecuada y calcula la duración del tratamiento por el servicio en radio física. Es crucial especificar la forma, tamaño y densidad de los tejidos en las zonas específicas que serán irradiadas. Este dato se obtiene a través de una tomografía computarizada de planificación, que ofrece imágenes tomográficas detalladas del paciente, las mismas permiten realizar una reconstrucción

virtual en 3D del paciente, conocida como "paciente virtual", que es esencial para ubicar con precisión el volumen tumoral, para la planificación de la radioterapia. (pág. 6)

### **Simulación para Radioterapia.**

La simulación en radioterapia es un procedimiento esencial que emplea técnicas de imagen avanzada para la planificación precisa del tratamiento radioterápico. Su principal propósito es identificar eficazmente la localización tumoral y los elementos anatómicos contiguos, lo que facilita la delineación de los volúmenes de tratamiento y la configuración de los campos de radiación. Este proceso garantiza que la radiación se administre de manera óptima, maximizando la dosificación hacia el tumor y minimizándolo en las estructuras sanas; A través de un enfoque tridimensional personalizado que se adapta a la anatomía del paciente.

#### **Simulación para radioterapia en el carcinoma prostático.**

- Evaluación preliminar

Registro médico y evaluación clínica: el oncólogo examina el historial médico del paciente y lleva a cabo una evaluación física detallada.

Discusión del plan terapéutico: se revisan los objetivos del tratamiento y se evalúan las opciones terapéuticas disponibles.

- Preparación del paciente

Instrucciones para la Vejiga y el Intestino: el paciente recibe indicaciones para preparar la vejiga y el tracto intestinal, que incluyen la ingesta de una cantidad específica de líquidos para distender la vejiga y seguir una dieta baja en residuos.

- Posicionamiento del paciente

Colocación en la mesa de simulación: el paciente es posicionado en la mesa de simulación en una postura estandarizada, usualmente en decúbito supino, con las extremidades inferiores extendidas y, en ocasiones, inmovilizadas mediante dispositivos de fijación.

Uso de dispositivos de inmovilización: se emplean férulas o moldes personalizados para asegurar una posición constante, reproducible durante el tratamiento.

- Toma de imágenes

Imágenes en simulación: adquiridas mediante CT o MRI, para la delimitación y localización de las estructuras de interés. El Cone Beam Computed Tomography (CBCT) puede ser utilizado para proporcionar imágenes tridimensionales de alta resolución.

Delimitación de estructuras: se identifican y contornean el volumen de la próstata, el margen del tumor (PTV), y los órganos adyacentes críticos como la vejiga y el recto.

- Planificación del tratamiento

Contorno de volúmenes: se realiza el contorneado de las regiones claves en las imágenes, incluyendo: volumen objetivo, como las estructuras con probabilidad de daño.

Planificación de Dosis: los físicos médicos y dosimetristas utilizan software especializados para diseñar el plan de irradiación, determinando la distribución y la dosis de radiación adecuada para maximizar la eficacia terapéutica y minimizar la exposición a tejidos sanos.

- Verificación y Ajustes

Revisión del plan: el plan de tratamiento es revisado exhaustivamente para asegurar su precisión y conformidad con los objetivos clínicos.

Simulación adicional: puede ser necesaria una simulación adicional para ajustar o verificar el plan de tratamiento.

- Instrucciones para el paciente

Sobre el Tratamiento: se proporciona al paciente información sobre el proceso de tratamiento, la gestión de efectos secundarios potenciales y las indicaciones para las sesiones de radioterapia.

### **Terapia de Radiación con Modulación de Intensidad (IMRT).**

Adapta la configuración y la fuerza del rayo de radiación dirigido al tumor, permitiendo altas dosis en el tejido maligno mientras se preserva el sano. Indicada para tumores de cabeza y cuello, cavidad torácica, gastrointestinales y pélvicos. Esta modalidad de tratamiento es una de las innovaciones técnicas más destacadas en la medicina actual, ofreciendo la habilidad de proporcionar tratamientos modernos, con la capacidad de ajustar la precisión de las dosis de radiación al área objetivo permitiendo tratar regiones cercanas a órganos sensibles con un alto grado de seguridad.

Diversos estudios han evidenciado que incrementar la dosis de radioterapia puede mejorar notablemente el control del cáncer prostático, mostrando un incremento del 15-20% en la tasa de evaluación bioquímica. Las técnicas tradicionales de radioterapia limitan la dosis a 70-76 Gy, para evitar comprometer la tolerancia de órganos críticos como la vejiga, el intestino y el recto. Por otro lado, la Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT) ha demostrado ofrecer una precisión superior en la cobertura del área tumoral, reduciendo la exposición del recto y la vejiga a dosis de 75 Gy, en comparación con la radioterapia tridimensional (3D-RT). Este enfoque ha llevado a una disminución en la toxicidad gastrointestinal aguda y una tendencia a menos efectos secundarios en el área genitourinaria; además, la incidencia de sangrado rectal grave se redujo del 10% con 3D-

RT al 2% con IMRT. Las investigaciones más recientes, con un seguimiento medio de 7 años, han corroborado la eficacia y seguridad de IMRT, mostrando resultados excelentes en la evaluación bioquímica. Existe una relación dosis-respuesta en el cáncer prostático, y se están evaluando tratamientos de hipofraccionamiento utilizando las ventajas dosimétricas de IMRT, administrando dosis de 70 Gy en fracciones de 2,5 Gy (equivalente a 79-81 Gy en el tumor) en un período reducido de tiempo.

### **Radioterapia de Arcos Volumétricos Modulados (VMAT).**

Técnica de modulación de intensidad, se ajusta a la geometría del campo de radiación, mientras el acelerador lineal gira alrededor del paciente, reduciendo el tiempo de cada sesión.

El VMAT, en la anatomía se adapta a cada movimiento respiratorio del paciente, el mismo rota alrededor del paciente continuamente a 360°, mientras el Gantry, gira y se puede regular al mismo tiempo la velocidad de rotación y la intensidad de la dosis administrada.

### **IGRT.**

Técnica avanzada que incorpora imágenes de alta resolución en tiempo real para optimizar la precisión en la administración de radioterapia. Este enfoque permite la visualización y el monitoreo continuo del objetivo tumoral durante las sesiones de tratamiento. La IGRT utiliza diversas modalidades de imagen, como tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) o ultrasonido, para localizar con exactitud la posición del tumor y ajustar la planificación del tratamiento, en función de cambios en la ubicación o el tamaño del tumor. La integración de estas imágenes en el proceso de tratamiento ayuda a mejorar la conformación del haz de radiación al objetivo, minimizando la exposición de los tejidos sanos circundantes a la radiación. La implementación de IGRT es esencial para aumentar la precisión del tratamiento y mejorar los

resultados clínicos al reducir la incidencia de efectos secundarios y asegurar una mayor dosis efectiva al tumor.

La IGRT mejora la precisión del tratamiento al coordinar el rayo de radiación con los desplazamientos de los órganos, permitiendo tratar tanto órganos estáticos como en movimiento con alta exactitud.

Estos blancos incluyen:

- **Tamaño tumoral primario:** este es el área del tejido prostático donde se ha identificado el cáncer, definida mediante técnicas de imágenes como TC O RM. Con el objetivo de administrar radiación con alta dosis al volumen tumoral para erradicar las células cancerosas.
- **Volumen Clínico Objetivo (CTV):** incluye el volumen tumoral primario y las áreas circundantes que podrían contener células cancerosas no detectadas. El CTV se define para asegurar que se trate cualquier posible extensión local del cáncer.
- **Volumen de Planificación (PTV):** se define como el CTV más un margen de seguridad adicional para compensar las variaciones en el posicionamiento, movimiento de la tumoración ubicado en el paciente durante las sesiones de tratamiento. Con el PTV se asegura que la radiación sea administrada eficazmente en la zona de interés.
- **Órganos Críticos Adyacentes:** estos incluyen estructuras como la vejiga, el recto y los órganos reproductores, que deben ser protegidos para evitar efectos secundarios significativos.

La precisión en la delineación y tratamiento de estos blancos es crucial para maximizar la eficacia terapéutica de la radioterapia, mejorar los resultados clínicos y reducir la incidencia de toxicidad en tejidos sanos circundantes.

### **CONE BEAM CT (CBCT).**

La implementación de nuevas técnicas para la correcta colocación del paciente durante el tratamiento de RT, destaca la tomografía computarizada de haz cónico, siendo uno de los avances actuales en radioterapia guiada por imágenes. Esta tecnología permite reducir los errores por mal posicionamiento durante el tratamiento. Además, el CBCT facilita la obtención con el uso de imágenes de control previas a la irradiación, es posible verificar la ubicación exacta del paciente y, en ciertos casos, observar los cambios visibles en el Volumen Bruto del Tumor (GTV). Esta evaluación se efectúa al comparar las imágenes del CBCT con las imágenes obtenidas durante la planificación del CT o con otras series de imágenes del CBCT.

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), emplea una radiación de rayo X en forma de cono, a diferencia del TC espiral. En este proceso, el paciente permanece en el Gantry del escáner mientras el tubo y los sensores realizan una rotación completa alrededor de él. A diferencia del TC espiral, que requiere múltiples pasadas para obtener una imagen completa, el CBCT captura el volumen total en una sola rotación, eliminando la necesidad de ajustar la posición del paciente en la mesa.

### **Generalidades.**

Cone Beam Computed Tomography (CBCT), se conforma mediante un sistema de imagen tridimensional que utiliza un generador de rayos X, junto a un sensor de imágenes, dispuesto en

formato de anillo para capturar datos volumétricos del área de interés. La conformación del CBCT incluye los siguientes componentes y procesos:

- **Generador de Rayos X:** este dispositivo emite un haz de radiación, que gira alrededor del paciente en un arco completo, proporcionando proyecciones radiográficas en múltiples ángulos. Este movimiento rotacional permite la captura de imágenes en un volumen cilíndrico.
- **Detector de Imágenes:** el detector, que generalmente es un panel de detección digital, se encuentra en la contraparte del tubo de rayos X. Captura las radiaciones transmitidas a través del cuerpo del paciente y convierte estas señales en una forma digital que puede ser procesada computacionalmente.
- **Adquisición de Datos:** a medida que el generador de radiación, junto al detector, gira en sincronía y rodea al paciente, se obtienen múltiples proyecciones de rayos X. Estos datos son recogidos en un formato digital y almacenados para su procesamiento.
- **Reconstrucción de Imágenes:** los datos de rayos X adquiridos, se procesan mediante algoritmos de reconstrucción tomográfica, como el algoritmo de reconstrucción de filtros de retroproyección (FBP) o algoritmos iterativos avanzados. Este procesamiento transforma las proyecciones en imágenes tridimensionales del área de interés, permitiendo la visualización detallada de estructuras internas.
- **Visualización y Análisis:** las imágenes volumétricas generadas por el CBCT se visualizan en estaciones de trabajo de radiología, donde se puede realizar un análisis detallado, donde las imágenes permiten la delineación precisa de volúmenes tumorales y estructuras anatómicas críticas, facilitando el ajuste y planificación de la radioterapia.

## **CBCT para cáncer prostático.**

### Funcionamiento y aplicaciones

- **Localización Precisa del Tumor:** el CBCT proporciona imágenes detalladas de la próstata y de los tejidos circundantes, permitiendo visualizar la ubicación tumoral exacta. Esto permite adaptar la radioterapia a la posición precisa del tumor y ajustar la planificación del tratamiento según las variaciones en las dimensiones y la posición tumoral.
- **Corrección de Desviaciones:** durante el curso del tratamiento, el CBCT ayuda a detectar desplazamientos o cambios en la posición del tumor, tales como aquellos causados por variaciones en la posición del paciente o cambios fisiológicos, como el llenado de la vejiga. Esto permite realizar ajustes en la orientación del haz de radiación para mantener la precisión del tratamiento.
- **Planificación Adaptativa:** basándose en las imágenes obtenidas por el CBCT, se pueden modificar los planes de tratamiento para reflejar cambios en la anatomía del paciente o en la evolución del tumor. Esta planificación adaptativa optimiza la dosificación administrada en el área de interés, minimizando la exposición a tejidos sanos.

**Reducción de Toxicidad:** al asegurar que la radiación se dirige con alta precisión al volumen tumoral y no a los órganos críticos adyacentes, el CBCT contribuye a reducir la toxicidad y los efectos secundarios asociados con la radioterapia.

Sobre los volúmenes de interés en los tratamientos de cáncer de próstata, Sabadias (2018) determina lo siguiente:

El primer paso es definir el volumen tumoral visible (GTV), que abarca la localización y extensión del tumor detectable a simple vista. Este volumen no solo

incluye el tumor principal, sino también posibles áreas de metástasis, que suelen ser regiones con alta concentración de células cancerosas. A continuación, se establece el volumen clínico objetivo (CTV), que debe englobar, tanto el GTV, como cualquier enfermedad oculta que pueda estar presente. Este volumen es fundamental para asegurar un tratamiento eficaz en radioterapia. Tanto el CTV, como el GTV, son definidos en base a criterios clínicos y anatómicos. (pág. 10)

### **Llenado vesical en radioterapia para cáncer de próstata.**

En los tratamientos de la región abdomino pélvica (incluyendo el recto, la próstata, la vejiga, el útero, etc.), es necesario que el paciente asista en la sesión de planificación mediante TC, al simulador y al tratamiento en el acelerador con las mismas condiciones de llenado de vejiga y/o de recto e intestinos. Para asegurar esto, se le dan instrucciones detalladas, como realizarse un enema o beber una cantidad específica de líquido antes de cada sesión. Esto garantiza que el llenado y la posición interna de órganos como la vejiga y el recto se mantengan constantes, evitando discrepancias entre la simulación y el tratamiento, así como entre las distintas sesiones de tratamiento. (Fernández, 2015, pág. 57)

En RT para carcinoma prostático y el llenado vesical, alude a la gestión y control del volumen de la vejiga durante el tratamiento para optimizar la precisión de la radioterapia. El llenado vesical se aborda de la siguiente manera:

- Control del volumen vesical: el llenado vesical se refiere al volumen de líquido urinario en vejiga. Un llenado vesical consistente y controlado es esencial para mantener la vejiga en

una posición y tamaño predecibles, lo que ayuda a reducir la dosificación a tejidos cercanos, mejorando la conformación del haz hacia el volumen tumoral.

- Planificación y adaptación del tratamiento: durante la planificación del tratamiento, se realiza una evaluación del llenado vesical para determinar el volumen ideal que minimice la irradiación de la vejiga y estructuras adyacentes. Se establece un protocolo de llenado para que el paciente mantenga un nivel específico de llenado de la vejiga antes de cada sesión de radioterapia.
- Reducción de toxicidad: un llenado vesical controlado ayuda a desplazar la vejiga de manera predecible respecto al volumen de tratamiento, reduciendo la exposición de la vejiga, evitando efectos adversos como cistitis o la disuria.
- Monitoreo y ajuste en tiempo real: durante el tratamiento, se utiliza tecnología de imagen como el Cone Beam Computed Tomography (CBCT), para verificar el volumen de la vejiga y hacer ajustes en tiempo real si es necesario. Esto asegura que el llenado vesical sea consistente con el protocolo establecido.

El llenado vesical para el carcinoma prostático, es un aspecto crítico que implica la gestión precisa del volumen de la vejiga, el control y monitoreo.

Martínez (2015) aborda la adaptación de la radioterapia a los movimientos fisiológicos y a las incertidumbres relacionadas. Donde él, extrajo información en [Haken-1991], presentado los siguientes datos:

En este estudio, encontraron que el llenado de la vejiga provocaba el desplazamiento tanto de la glándula prostática, como vesículas seminales, en un rango máximo entre 1 a 8 mm y un desplazamiento promedio máximo de 2 mm (en el margen

posterior de la próstata). Por ende, con relación a este factor y a la distensión del recto los desplazamientos medios de la próstata varían entre 1 mm y 8 mm considerando la próstata como el centro de masas según las imágenes de TAC. (pág. 21)

Es de gran relevancia conocer que, al estar la vejiga llena, ejerce presión sobre el intestino, desplazándolo fuera del área de tratamiento. Esto contribuye a reducir los espasmos abdominales, la diarrea y los movimientos que puedan afectar el tratamiento.

### ***2.5. Marco contextual***

El carcinoma prostático, es una de las formas más frecuentes de cáncer en hombres en todo el mundo, constituyendo un problema considerable para los sistemas de salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que cada año se registran alrededor de 1,4 millones de nuevos casos de esta enfermedad, con más de 375,000 fallecimientos anuales. En Panamá, esta enfermedad ocupa el segundo lugar en cuanto a causas de muerte por cáncer entre los hombres, subrayando la importancia de contar con estrategias de detección temprana y tratamientos eficaces.

A nivel global, la prevalencia del cáncer de próstata varía significativamente dependiendo de la región. En Norteamérica y Europa, la incidencia es notablemente alta, con tasas de hasta 150 casos por cada 100,000 hombres, mientras que, en regiones como Asia y África, las tasas son considerablemente más bajas. En Panamá, la incidencia ha mostrado un aumento en los últimos años, con una prevalencia de 95 casos por cada 100,000 hombres.

El impacto del cáncer de próstata no solo se refleja en la mortalidad, sino también en el bienestar general de los afectados. Las intervenciones terapéuticas, que incluyen cirugía, radioterapia y hormonoterapia, pueden llevar a complicaciones significativas como incontinencia urinaria y disfunción eréctil. Además, la carga económica del tratamiento del cáncer de próstata es

significativa, tanto en el impacto sobre los pacientes, como en los recursos de los sistemas de salud, con costos que pueden variar ampliamente, dependiendo del carcinoma y las alternativas terapéuticas disponibles.

### **Renuencia del tratamiento y detección.**

Aunque se han logrado avances significativos en la detección y tratamiento del cáncer de próstata, todavía persisten desafíos relacionados con la renuencia, tanto para los pacientes como para los especialistas en salud. En nuestro país, muchos hombres son reacios a realizarse exámenes de detección temprana, debido a factores culturales y la falta de información. Además, la adopción de tecnologías avanzadas como lo es el CBCT, ha encontrado cierta resistencia debido a la curva de aprendizaje y los costos asociados.

En Panamá, los aceleradores lineales que disponen de CBCT, son utilizados como una tecnología avanzada en imagenología, dentro del ámbito de la radioterapia, proporcionando imágenes volumétricas detalladas que son fundamentales para la planificación y ejecución precisa del tratamiento oncológico.

Nacionalmente, las políticas de salud, están orientadas para optimizar la accesibilidad y la excelencia en la atención médica oncológica, aunque se requiere mayor inversión en tecnologías avanzadas. Internacionalmente, la tendencia es hacia una mayor personalización del tratamiento, con el CBCT jugando un rol clave en la radioterapia de precisión.

Es por ello que estos acelerados lineales con CBCT han comenzado a ser implementados en servicios públicos y privados en Panamá, como lo son:

Hospital Paitilla (cuenta con un equipo Varian)

CIRRO Hospital Nacional (cuenta con un equipo Varian)

Instituto Oncológico Nacional (cuenta con un equipo Elekta)

Con la próxima apertura en el Hospital de Cancerología CSS CIDELAS, contarán con tres equipos Elekta).

### **Hospital Paitilla.**

Desde 1975, el Hospital Paitilla ha mantenido su estatus, siendo uno de los hospitales privados más reconocidos en la Ciudad de Panamá.

A partir del mes de febrero, en el año 2018, el Hospital Paitilla se incorporó al Grupo Hospiten, una red de centros hospitalarios internacionales con ubicaciones en España, República Dominicana, México y Jamaica, reconocida por ofrecer servicios médico-hospitalarios de excelencia.

El Hospital Paitilla está respaldado por un equipo excepcional de expertos en diversas especialidades y cuenta con más de 600 profesionales. Actualmente, brinda una completa gama de servicios hospitalarios, así como tecnología avanzada para diagnósticos y tratamientos de altos niveles.

### **Aspiración**

Su objetivo es posicionarse como un centro hospitalario de referencia, reconocido por su excelencia en la ciencia, su continua innovación tecnológica, su enfoque humano y su sólido compromiso con la comunidad.

## **Compromiso**

Ofrecer y respaldar servicios médicos y hospitalarios, enfocados en la conservación y recuperación de la salud, garantizando siempre el respeto por la integridad y dignidad de cada persona.

## **Atención a los pacientes oncológicos**

Con más de 25 años de operación continua, el Centro Oncológico Paitilla fue establecido para ofrecer a la comunidad panameña los tratamientos oncológicos más avanzados. Esta misión se mantiene vigente mediante la actualización periódica de equipos, garantizando el acceso a la última tecnología disponible.

El Centro Oncológico del Hospital Paitilla, está respaldado por un equipo multidisciplinario altamente especializado, que incluye médicos, radio-oncólogos, oncólogos pediátricos y de adultos, físicos médicos, técnicos de radioterapia y enfermeras oncólogas. La combinación de su formación y experiencia, junto con su empatía y dedicación, transforma el proceso de tratamiento en una experiencia colaborativa, en la que tanto pacientes como familiares reciben apoyo continuo a lo largo del tratamiento.

## **Servicios que ofrece el Centro Oncológico Hospital Paitilla:**

- Radioterapia
- Quimioterapia
- Tratamientos paliativos
- Oncología pediátrica
- Manejo de síntomas de efectos secundarios.

## **Tecnología Hospital Paitilla**

La tecnología RapidArc, desarrollada por Varian Medical Systems, emplea un algoritmo avanzado que permite administrar un tratamiento de radioterapia de intensidad modulada (IMRT) completo mediante una sola rotación del acelerador lineal. Este sistema ajusta simultáneamente tres parámetros clave: la velocidad de rotación, la expansión del rayo conformacional, la dosificación para crear ajustes de la radiación que se ajustan con precisión a la forma y volumen del tumor, reduciendo al mínimo la irradiación de los tejidos saludables adyacentes.

RapidArc representa un avance significativo en la medicina. Los tratamientos IMRT que normalmente tomarían al menos diez minutos se pueden completar en menos de dos. Más importante aún, estudios de distribución de dosis demuestran que RapidArc permite una administración más precisa del haz, proporcionando dosis concentradas al tumor y protegiendo en mayor medida los tejidos sanos circundantes. Esto beneficia tanto a pacientes como a médicos. Además, proporciona tratamientos IMRT completos con una única rotación del dispositivo alrededor del paciente, eliminando la necesidad de múltiples rotaciones o ajustes repetidos del haz, que son necesarios en los métodos de tratamiento convencionales. Los estudios realizados por Varian han demostrado que las distribuciones de dosis de RapidArc son adecuadas para una variedad de sitios clínicos, incluidos carcinomas prostáticos, y en las áreas de cabeza y cuello.

RapidArc simplifica significativamente las planificaciones y administración de IMRT al reducir el número de pasos necesarios en comparación con los métodos convencionales que emplean múltiples ángulos de haz. La reducción del tiempo de tratamiento con IMRT y otras

formas de radioterapia de alta precisión puede elevar la calidad de atención y comodidad del paciente, además de hacer la oncología radioterápica más accesible.

En el Hospital Paitilla, la implementación de la tecnología CBCT ha permitido una mayor precisión en los tratamientos radioterapéuticos, mejorando los efectos clínicos para quienes padecen carcinoma prostático. A nivel regional, este enfoque es comparable con otros centros oncológicos de renombre, aunque persisten diferencias en el acceso a la tecnología.

El Centro Oncológico del Hospital Paitilla, se destaca por su enfoque integral en el tratamiento del cáncer, con un énfasis particular en la radioterapia de alta precisión. Con la incorporación de CBCT, el hospital ha mejorado significativamente la calidad de los tratamientos ofrecidos, proporcionando una mejor protección a los órganos en riesgo y asegurando la cobertura total del tumor. La población de pacientes, atendida en este centro, es diversa, abarcando tanto a la población local, como a pacientes de otras regiones, que buscan tratamientos avanzados.

**CAPÍTULO 3:**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### **3. Metodología de investigación**

#### ***3.1. Tipo y diseño de investigación***

La presente investigación se desarrolló bajo el concepto de estudio observacional, retrospectivo, analítico, con una metodología cuantitativa, centrando su unidad analítica en la recolección de datos sobre el llenado de vejiga en los tratamientos radioterapéuticos para el cáncer de próstata mediante las imágenes Cone Beam CT; las imágenes Cone Beam CT y todos los datos sobre el tratamiento son resguardados por un periodo de 20 años, y es recopilada en el Centro Oncológico del Hospital Paitilla.

#### ***3.2. Unidades de análisis***

##### **3.2.1. Población.**

El tamaño de población es finito y está conformada aproximadamente por 181 imágenes Cone Beam CT de un total de 19 varones, pertenecientes al grupo etario de 55 años y más, que se atendieron en el periodo 2023, para recibir tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata en el Centro Oncológico Hospital Paitilla, analizando las mismas por un periodo de dos meses.

##### **3.2.2. Muestra.**

El tamaño de individuos en la muestra corresponde al universo o censo poblacional, lo cual representa 181 imágenes del sistema Cone Beam CT en el tratamiento de 19 varones con carcinoma prostático, en el grupo etario de 55 años y más, durante el periodo 2023 en el Centro Oncológico Hospital Paitilla.

##### **3.2.3. Criterios de inclusión y exclusión.**

El estudio está enfocado en los tratamientos radioterapéuticos aplicados a pacientes que presentaron cáncer de próstata en el año 2023, utilizando las imágenes CBCT y registros

médicos, para recaudar la información del estudio. Estos criterios aseguran que los pacientes son lo más adecuados para responder a la pregunta de investigación y que los datos obtenidos son relevantes.

***Criterios de Inclusión.***

- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata del Centro Oncológico Hospital Paitilla.
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata, cuya confirmación histológica haya sido a través de biopsia prostática, y que cuenten con PSA, previo a la radioterapia junto a su Gleason Score.
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años que finalizaron su tratamiento de radioterapia por cáncer de próstata con un mínimo de 08 imágenes CBCT.

***Criterios de Exclusión.***

- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata que presentan cistectomía parcial o total (extirpación de la vejiga urinaria).
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata que usan sonda vesical.
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata que presenten incontinencia urinaria.
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer de próstata con antecedentes de cáncer en vejiga.
- Imágenes de pacientes mayores de 55 años con tratamiento radioterapéutico por cáncer

de próstata que han presentado en el diagnóstico afectación ganglionar y metástasis a distancia.

### ***3.3. Variables de la investigación***

#### **3.3.1. Definición conceptual.**

Edad: cada una de las fases en las que se segmenta la vida humana (Real Academia Española, 2024).

Nivel de PSA: indican la presencia de cáncer de próstata o de otras condiciones prostáticas no cancerosas, como una infección (prostatitis) o un agrandamiento benigno de la próstata. (MedlinePlus, 2022)

Escala Gleason: es un recurso esencial en el diagnóstico histopatológico que influye directamente en las decisiones terapéuticas para el cáncer de próstata y en la evaluación del pronóstico. (Vázquez, 2021)

Hormonoterapia: disminuir los niveles de andrógenos en la sangre, como la testosterona, que promueve el crecimiento de las células cancerosas. (Zamora, 2020)

Dosis terapéutica: la cantidad de radiación dependerá de la técnica empleada, siendo aconsejable el uso de radioterapia tridimensional (3D) o de Intensidad Modulada (IMRT). Para administrar dosis iguales o superiores a 78 Gy, se recomienda incorporar también la Radioterapia Guiada por Imágenes (IGRT). (Villafranca, 2020)

Tamaño vesical: cuando está vacía, la vejiga tiene aproximadamente entre 7 y 9 cm de ancho, 5 cm en el eje anteroposterior y de 5 a 8 cm en el eje cefalocaudal, excluyendo el uraco. (Isacaz, 2018)

Tamaño de próstata: una próstata sana suele tener un volumen que varía entre 15 y 20 cc. Sus dimensiones típicas son de aproximadamente 3 cm de altura y 4 cm de ancho. Generalmente, su forma y tamaño se asemejan a los de una nuez. (Cruz, 2024)

T riesgo de tumor: se relacionan con el riesgo de progresión de la enfermedad. (Auguet, 2024)

Llenado de vejiga: una vejiga en condiciones normales puede contener hasta unos 500 a 600 ml cuando está completamente llena. (Sosa, 2020)

### **3.3.2. Definición operacional.**

Edad: periodo referido en años por el paciente al momento del estudio.

Nivel de PSA: evaluación sanguínea para identificar cáncer prostático.

Escala Gleason: clasificación del nivel de agresividad del cáncer en la próstata.

Hormonoterapia: los niveles elevados de testosterona pueden promover la proliferación de células cancerosas en la próstata.

Dosis terapéutica: dosis máxima y mínima que se administra por unidad de tiempo, para erradicar un tumor.

Tamaño de vejiga: su función es la de almacenar la orina, mediante distensión.

Tamaño de próstata: tamaño normal de una próstata es de unos 15-20 cc o 20-25 gramos. De 30-40 cc, crecimiento que debe ser vigilado.

Llenado de vejiga: registros de volumen, empleado para calcular el nivel de orina en la vejiga.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Indicador de medición
Edad	Edad: cada una de las fases en las que se segmenta la vida humana (Real Academia Española, 2024).	Periodo referido en años por el paciente al momento del estudio.	Intervalo	55-65 años 66-75 años 76-85 años
Nivel PSA	Nivel de PSA: indican la presencia de cáncer de próstata o de otras condiciones prostáticas no cancerosas, como una infección (prostatitis) o un agrandamiento benigno de la próstata. (MedlinePlus, 2022)	Examen de sangre para identificar la presencia de cáncer de próstata.	Intervalo	Normal: 0-4 ng/ml Moderadamente elevado: 5-10 ng/ml Altamente elevado: >10 ng/ml PSA muy alto: >20 ng/ml (sugiere un riesgo elevado de cáncer de próstata).
Escala Gleason	Escala Gleason: es un recurso esencial en el diagnóstico histopatológico que influye directamente en las decisiones terapéuticas para el cáncer de próstata y en la evaluación del pronóstico. (Vázquez, 2021)	Clasificación para describir el nivel de agresividad del cáncer en la próstata.	Ordinal	Grado 1:3+3=6 Grado 2:3+4=7 Grado 3:4+3=7 Grado 4:4+4=8 Grado 5:9-10
Hormonoterapia	Hormonoterapia: disminuir los niveles de andrógenos en la sangre, como la testosterona, que promueve el crecimiento de las células cancerosas. (Zamora, 2020)	Las hormonas androgénicas, como la testosterona, tienen el potencial de promover el desarrollo del cáncer de próstata.	Nominal dicotómica	Si: _____ No: _____
Dosis terapéutica	Dosis terapéutica: la cantidad de radiación dependerá de la técnica empleada, siendo aconsejable el uso de radioterapia tridimensional (3D) o de Intensidad Modulada (IMRT). Para administrar dosis iguales o	Dosis máxima y mínima que se administra por unidad de tiempo, para erradicar un tumor.	Nominal	Dosis Total (cGy) de 7400 7600 7605 7683 7800

	superiores a 78 Gy, se recomienda incorporar también la Radioterapia Guiada por Imágenes (IGRT). (Villafranca, 2020)			Dosis Fraccionada (cGy) de 37 38 39
Tamaño de vejiga	Cuando está vacía, la vejiga tiene aproximadamente entre 7 y 9 cm de ancho, 5 cm en el eje anteroposterior y de 5 a 8 cm en el eje cefalocaudal, excluyendo el uraco. (Isacaz, 2018)	Su función es la de almacenar la orina, mediante distensión.	Intervalo	Optimo: 400-600 cc Normal: 250-300 cc No optimo: Menor a 150 cc
Tamaño de próstata	Una próstata sana suele tener un volumen que varía entre 15 y 20 cc. Sus dimensiones típicas son de aproximadamente 3 cm de altura y 4 cm de ancho. Generalmente, su forma y tamaño se asemejan a los de una nuez. (Cruz, 2024)	Tamaño normal de una próstata es de unos 15-20 cc o 20-25 gramos. De 30-40 cc crecimiento que debe ser vigilado.	Intervalo	Pequeño: <30 cc Moderado: 31-50 cc Grande: 51-80 cc Muy grande: >80 cc
T de estadiaje	Se relacionan con el riesgo de progresión de la enfermedad. (Auguet, 2024)	Clasificación de riesgo a extensión y severidad del cáncer	Ordinal	Riesgo: T2b T2c T3a T3b T3bN1 N (ganglios)
Llenado de vejiga	Una vejiga en condiciones normales puede contener hasta unos 500 a 600 ml cuando está completamente llena. (R. Sosa V. Burguera, 2020)	Registros de volumen que se emplean para calcular la cantidad de orina en la vejiga.	Intervalo	Bajo: <150 cc Moderado: 151-300 cc Alto: 301-500 cc Muy alto: >500 cc

### 3.4. Consideraciones éticas

La investigación cumplió con los principios éticos, de acuerdo con los reglamentos internacionales requeridos, de toda investigación que involucra sujetos humanos: Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (1964, 2013), Belmont Report (1979), Pautas éticas

CIOMS (2016) y, la Guía Tripartita para las Buenas Prácticas Clínicas (BPC) de la ICH (1996), la Ley 81 del 2019 de protección de datos personales, la Ley 84 del 2019 de investigación en salud, Ley 68/2003 de deberes y derechos de los pacientes y su Reglamentación, la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO (2005).

Los datos recogidos con el instrumento de medición serán guardados en un USB encriptado, por el coordinador de investigación, por un período de 5 años para luego ser destruidos.

### ***3.5. Métodos para la recolección de los datos***

Se examinó la base de datos de Eclipse para visualizar y analizar las imágenes CBCT, la cual es manejada por los médicos físicos o médico oncólogo del área de radioterapia. A través de la clave de un autorizado, con permiso de la dirección del hospital, mediante el número de cédula o de expediente, la información fue extraída durante dos meses, recopilando los datos en una computadora, con el uso del software Microsoft Excel. En el Eclipse se inició a pintar la vejiga en las imágenes Cone Beam CT de cada paciente seleccionado, pintando inicialmente el diafragma pélvico donde se encuentra la unión vesicouretral. Se delinearon todos los cortes, pasando por el triángulo, por el cuerpo de la vejiga, la pared anterior, posterior y el domo. También se pintó la próstata y vejiga obtenida en simulación y la del último día de tratamiento.

### ***3.6. Procedimiento***

Los investigadores fueron los encargados de la recopilación de información sobre las variables edad, nivel de PSA, escala Gleason, hormonoterapia, la dosis terapéutica y T de riesgo de tumor junto al director técnico (Dr. Rafael Arauz), obtenidas por medio de los expedientes médicos físicos de los pacientes, los cuales se encuentran en el departamento de oncología del Hospital Paitilla, recopilando los datos correspondientes bajo la supervisión del médico

oncólogo Dr. Rafael Araúz, con previa autorización del Dr. Ariel Saldaña, encargado de la Dirección Médica del Hospital Paitilla.

De igual manera, se examinó la base de datos de Eclipse para visualizar y analizar las imágenes CBCT, a la cual se accedió a través de la clave de un autorizado (Dr. Rafael Arauz), para extraer los datos correspondientes de los pacientes en una computadora, con el uso del software Microsoft Excel. Desde el programa Eclipse, se recopilaron los datos de las variables, tamaño de la vejiga, el tamaño de próstata y el llenado de vejiga de cada paciente elegido para este análisis. Se inició a pintar el volumen del llenado de las vejigas en las imágenes Cone Beam CT de cada uno de ellos, desde el diafragma pélvico donde se encuentra la unión vesiculouretral, delineando todos los cortes, pasando por el triángulo, por el cuerpo de la vejiga, la pared anterior, posterior y el domo; seguido se delineó el tamaño de la próstata inicial y la final.

**CAPÍTULO 4:**  
**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS**  
**RESULTADOS**

#### ***4.1. Presentación de los resultados***

De la base de datos inicial correspondiente a un total de n°42 casos, se extrajeron n°19 pacientes no operados, con diagnóstico de adenocarcinoma prostático, tratados con radioterapia externa de intensidad modulada o volumétrica en arco guiada por imágenes (IMRT/VMAT/IGRT) en el Acelerador Lineal Varian IX con OBI (CBCT: Cone Beam CT), en el Centro Oncológico Hospital Paitilla del periodo 2023.

La media de edad de los pacientes corresponde a 70 años, +/- 8.0 (rango de 55-81 años), con una media de PSA correspondiente a 23.4 ng/cc, +/- 20.8 (rango de 4-66.1 ng/cc). Los 19 pacientes se clasificaron según sus características patológicas del cáncer de próstata: Gleason Score: 3+3=6 (n:1,5%), 3+4=7 (n:5,28%), 4+3=7 (n:3,17%), 4+4=8 (n:5,28%), 9-10 (n:4,22%) y un neuroendocrino (n:1,5%). Según estadiaje T se clasificaron como T2b (n:4,21%), T2c (n:10, 53%), T3a (n:1,5%), T3b (n:2,10%), T3bN1 (n:2,11%).

Los pacientes recibieron radioterapia externa IMRT VMAT IGRT con CBCT con una media de dosis de 7.669 cGy +/- 133 (rango de 7400-7800 cGy), por un periodo de 37-39 fracciones. Se realizaron los CBCT según esquema de atención de los tratamientos de radioterapia en el Centro Oncológico (los primeros 3 días y luego 1 día por semana hasta la finalizar la RT).

Se realizó la delineación de los volúmenes de vejiga de la simulación y de cada sesión de CBCT en el Software Eclipse v.16 de Varian ® de los 19 pacientes con adenocarcinoma prostático. La media de llenado de vejiga en la simulación fue de 259 cc, +/- 171 (74.9 -638.8 cc). Se completó la delineación de 181 delineaciones de las vejigas de 19 pacientes tratados con radioterapia, donde 11 pacientes cumplieron 10 sesiones de CBCT, (58%), 9 sesiones (7 pacientes, 37%), 8 sesiones

(1 paciente, 5%). Y la media de volumen de llenado de las 181 vejigas delineadas fue de 146 cc, +/- 67.7 (rango 87.7-356.2 cc). Para las semanas donde se obtuvieron imágenes CBCT las medias de llenado vesical se estimaron de la siguiente manera: semana 1.1 con una media de 166 cc +/- 99.6, semana 1.2 con una media de 164 cc +/- 91.5, semana 1.3 con una media de 173.3 cc +/- 103.02, semana 2 con una media de 133.6 cc +/- 98.05, semana 3 con una media de 134 cc +/- 98.05, semana 4 con una media de 126 cc +/- 73, semana 5 con una media de 111 cc +/- 64.1, semana 6 con una media de 132.1 cc +/- 81, semana 7 con una media de 139.2 cc +/- 139.2 +/- 93, semana 8 con una media de 121.1 cc +/- 86.

Para determinar las diferencias significativas de llenado vesical durante las 8 semanas de radioterapia externa se realizó un análisis de varianza de las medias de cada sesión de CBCT de los 19 pacientes. Obteniendo los siguientes resultados: semana 1.1 con una Sig.: 0.171, semana 1.2 con una Sig.: 0.443, semana 1.3 con una Sig.: 0.118, semana 2 con una Sig.: 0,354, semana 3 con una Sig.: 0.511, semana 4 con una Sig.: 0.045, semana 5 con una Sig.: 0.035, semana 6 con una Sig.: 0.006, semana 7 con una Sig.: 0.279, semana 8 con una Sig.: 0.932.

La media del tamaño de la próstata en la simulación fue de 90 cc +/- 42.2 (26-198.3 cc) y la media del tamaño de la próstata al final del tratamiento fue de 55.4 cc +/- 18.2 (29-99.2 cc).

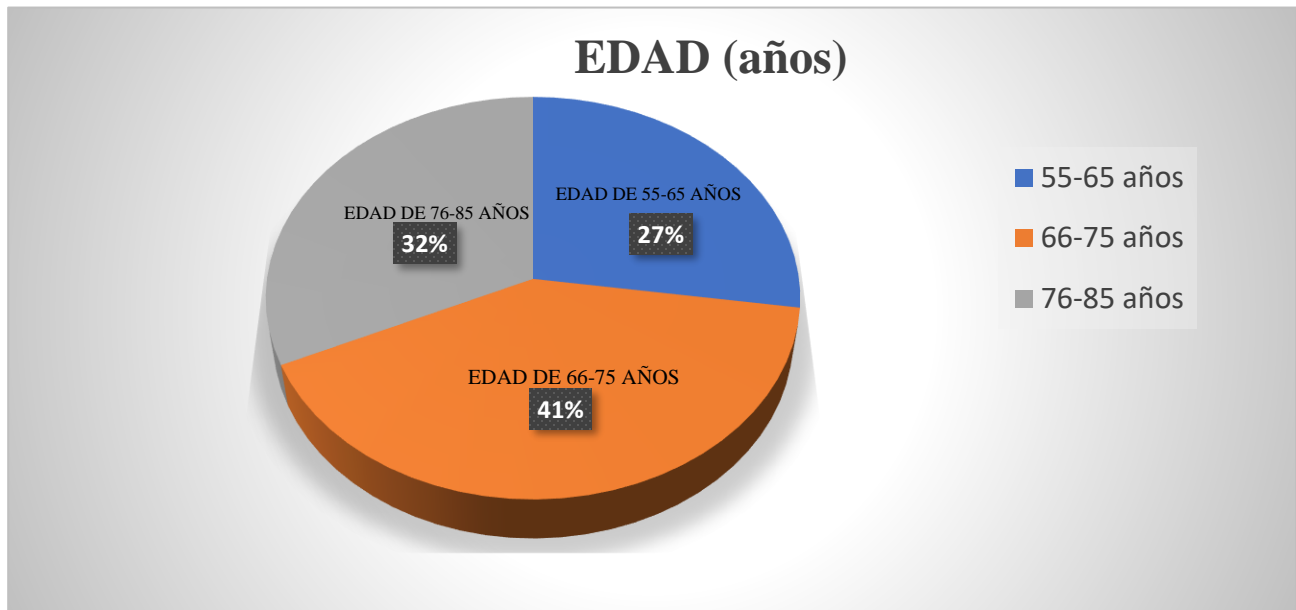
**Tabla 1. Características demográficas y patologías de los 19 pacientes tratados con radioterapia.**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>EDAD (AÑOS)</b>		
Media	70.1	
+/- DE	8.0	
Rango (min-max)	[55-81]	
<b>PSA</b>		
Media	23	
+/- DE	21	
Rango (min-max)	[4-66.1]	
<b>GLEASON SCORE</b>		
3+3	1	5%
3+4=7	5	28%
4+3=7	3	17%
4+4	5	28%
4+5/5+5	4	22%
<b>DOSIS TERAPÉUTICA (cGy)</b>		
Media	7669	
+/- DE	133	
Rango (min-max)	[7400-7800]	

<b>NÚMERO DE FRACCIONES</b>		
Media	39	
+/- DE	1	
Rango (min-max)	[37-39]	
<b>HORMONOTERAPIA</b>		
Si	14	74%
No	5	26%
<b>T ESTADIAJE</b>		
T2b	4	21%
T2c	10	53%
T3a	1	5%
T3b	2	10%
T3bN1	2	11%

Nota: Autores

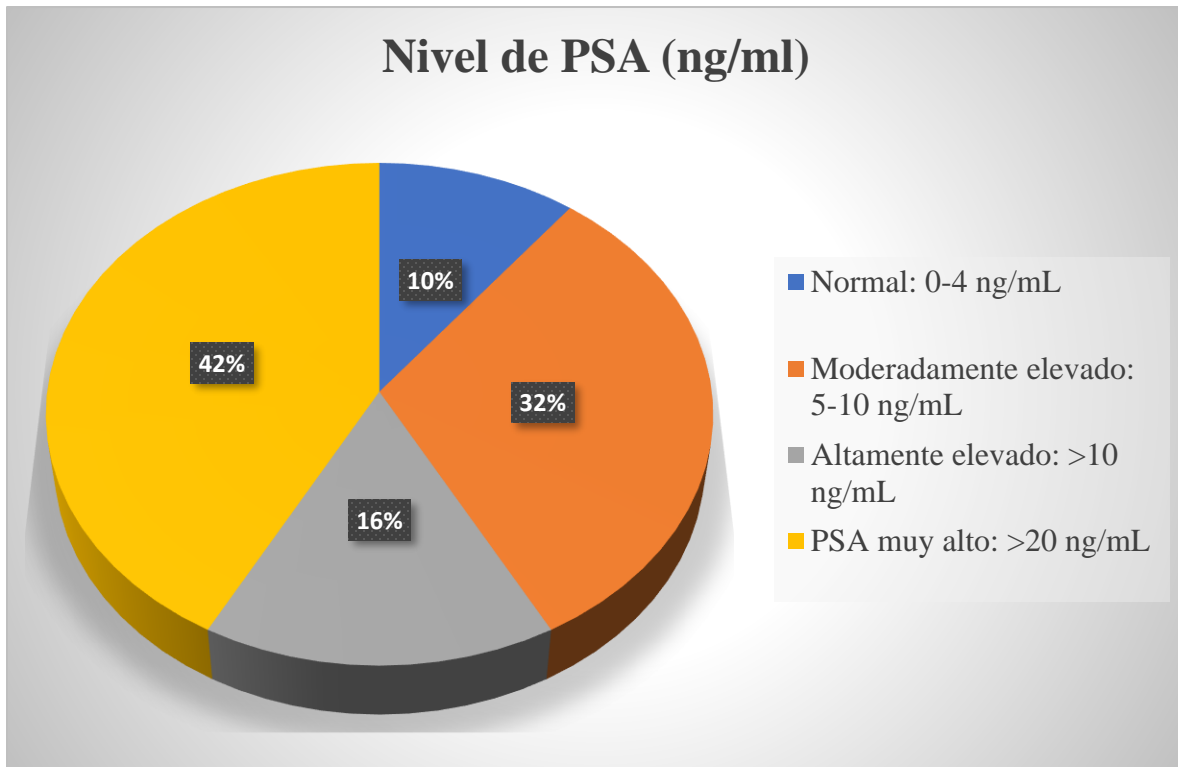
**Figura 1. Porcentajes de pacientes según intervalos de edad.**



Nota: Autores

La figura 1 nos muestra el resultado en porcentaje de las edades de los 19 pacientes analizados, en ella se muestra que el mayor porcentaje corresponde a un 41% con 9 pacientes en el rango de 66-75 años, el 32% corresponde a 7 pacientes en el rango de 76-85 años y el 27% corresponde a 6 de los pacientes en el rango de 55-65 años.

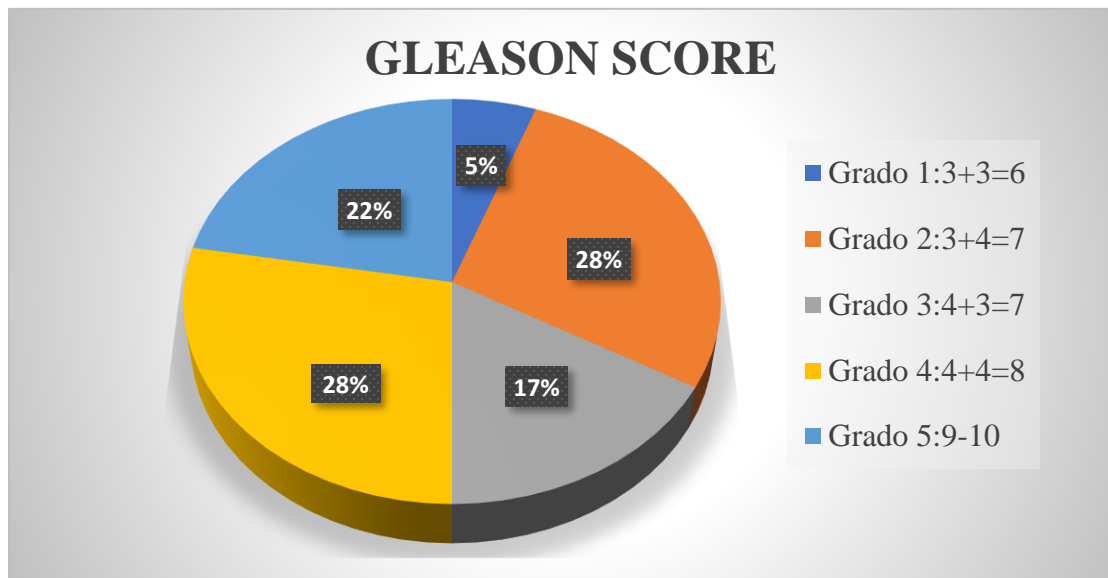
**Figura 2. Porcentajes de pacientes según intervalos de PSA tomados al inicio del tratamiento.**



Nota: Autores

En la figura 2 observamos el resultado del análisis de los niveles de PSA en los 19 pacientes, obteniendo que, en el rango Normal de 0-4 ng/ml se encontraban 2 pacientes en un 10%, en el nivel de 5-10 ng/ml se encontraban 6 pacientes con un 32%, en el >10 ng/ml se encontraban 3 pacientes en un 16%, y en el rango de >20 ng/ml se encontraban 8 pacientes con un 42%.

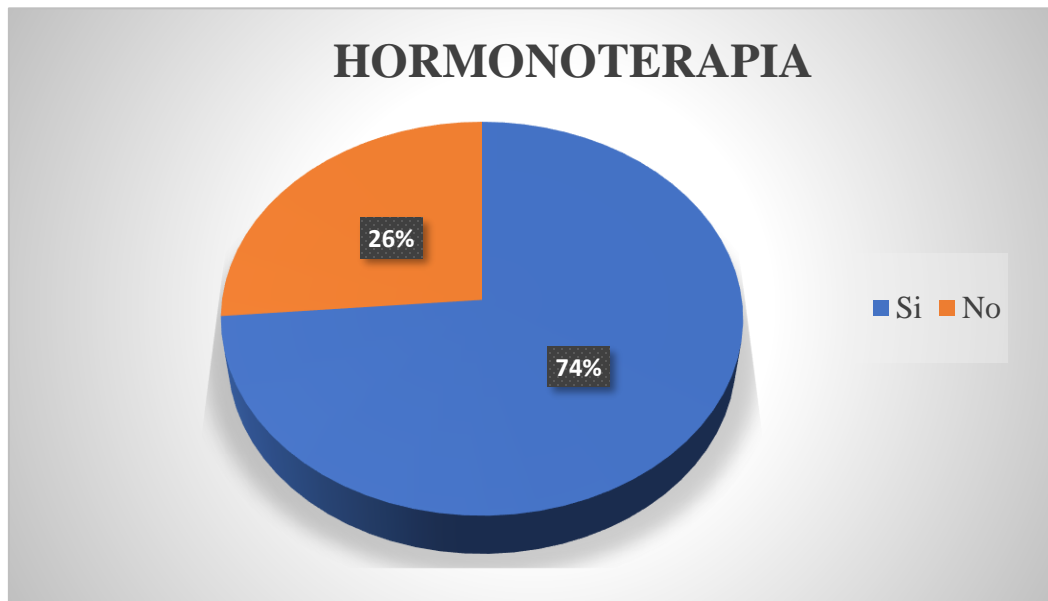
**Figura 3. Porcentajes de pacientes segun resultados de Gleason Score al inicio del tratamiento.**



Notas: Autores

En la figura 3 podemos observar la división porcentual del análisis de Gleason Score de los 19 pacientes estudiados, siendo el 28% correspondiente al grado 2:3+4=7 y al grado 4:4+4=8, siendo estos de mayor tamaño con 5 pacientes en cada uno de ellos. El de menor grado 1:3+3=6 solo presenta 1 paciente en un 5%, seguido el grado 3:4+3=7 con 3 pacientes en un 17%, y el grado de 5:9-10 con 4 pacientes en un 22%.

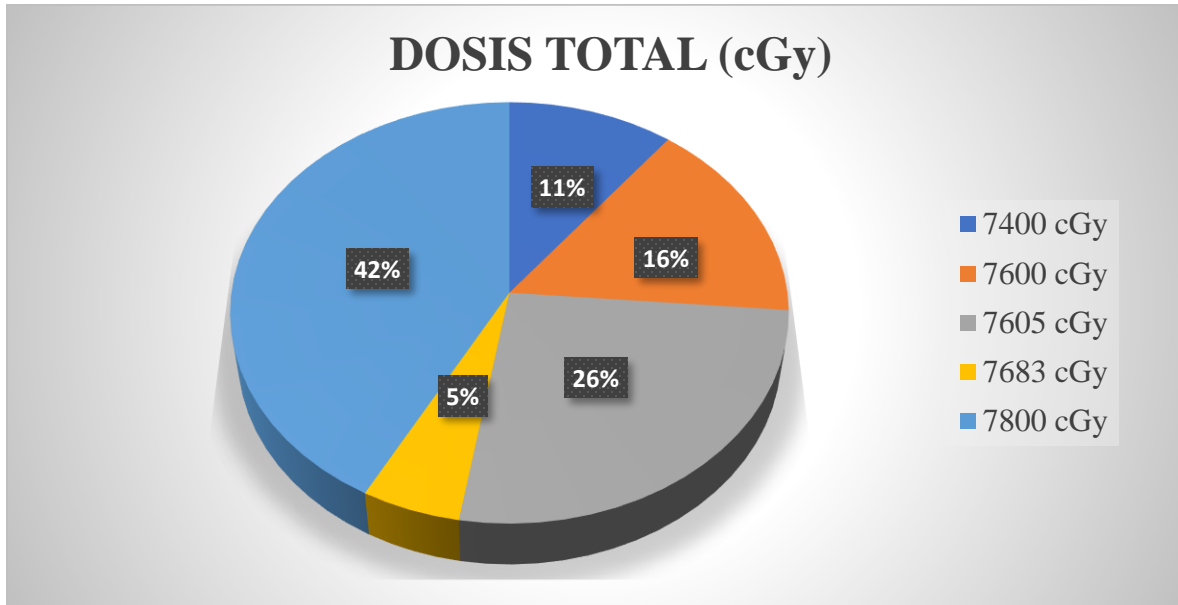
**Figura 4. Porcentajes de pacientes que recibieron Hormonoterapia junto con la radioterapia.**



Nota: Autores

La figura 4 corresponde a la cantidad de pacientes a los cuales se les suministró tratamientos de supresores androgénicos. Obteniendo como resultado, que el 74% corresponde a 14 pacientes que sí fueron tratados con hormonoterapia y 5 pacientes que no recibieron tratamiento con un 26%.

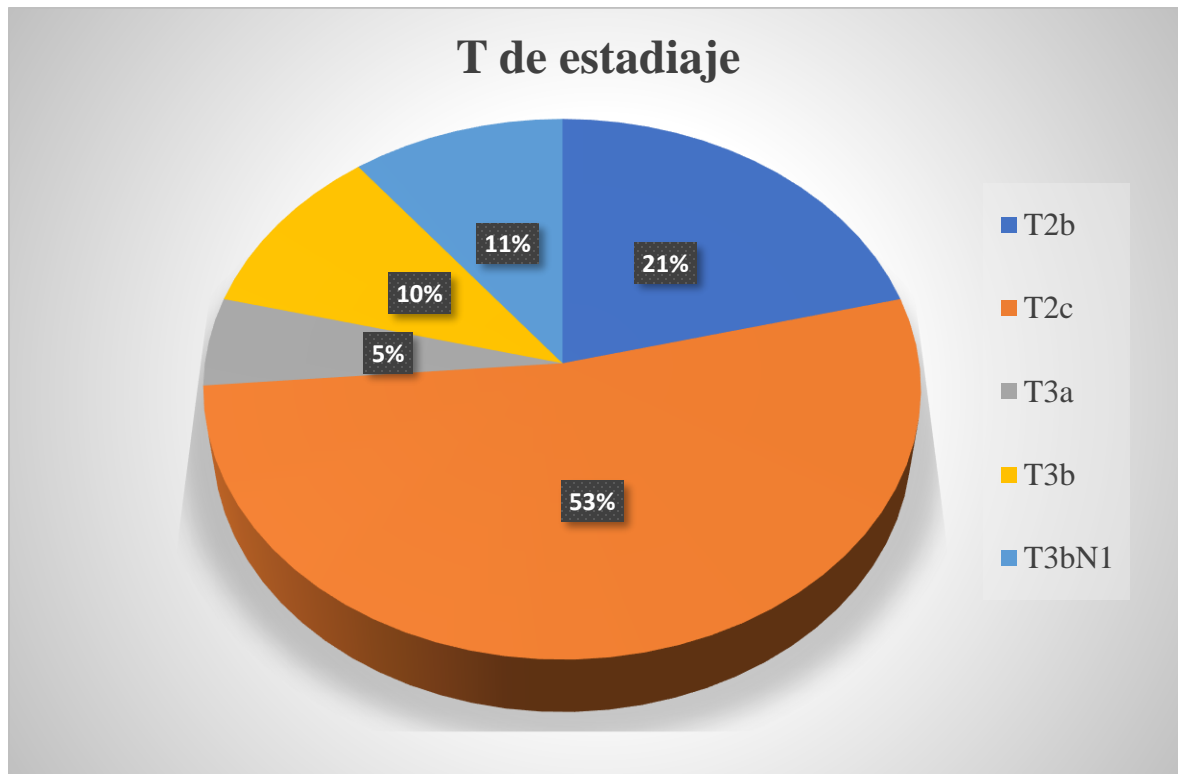
**Figura 5. Porcentajes de pacientes según Dosis Total (cGy) de radiación a la próstata.**



Nota: Autores

La figura 5 evidencia la división porcentual correspondiente a la dosis de tratamiento, suministrada a los 19 pacientes estudiados, donde el 42% corresponde a 8 pacientes tratados con una dosis de 7800 cGy, el 26% corresponde a 5 pacientes tratados con 7605 cGy, el 16% corresponde a 3 pacientes tratados con 7600 cGy, el 11% corresponde a 2 pacientes tratados con 7400 cGy y el 5% corresponde a 1 paciente tratado con 7683 cGy.

**Figura 6. Porcentajes de pacientes según Estadio T.**



Nota: Autores

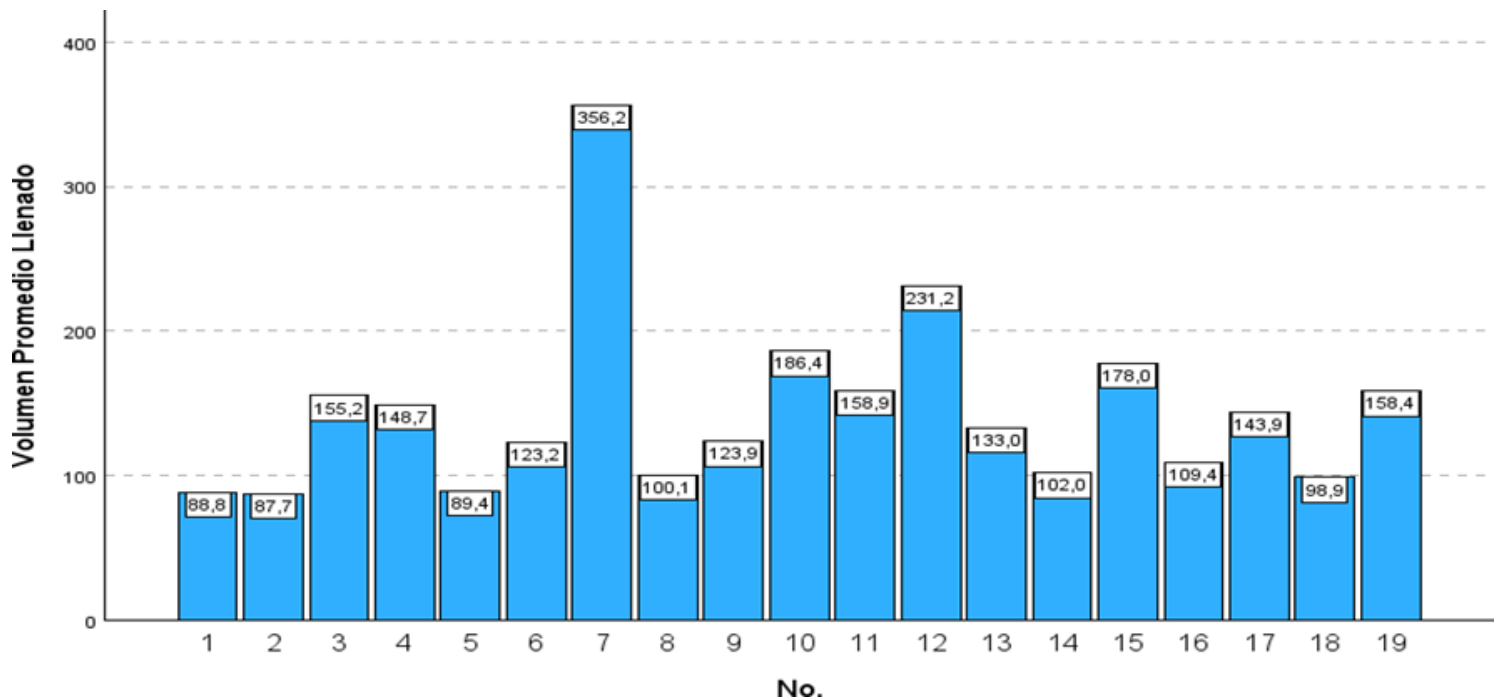
En la figura 6 podemos observar que, de los 19 pacientes analizados, el 53% corresponde a 10 pacientes en el estadio de tumor T2c, el 21% con 4 pacientes en el estadio T2b, el 11% con 2 pacientes en el estadio T3bN1, el 10% con 2 pacientes en el estadio T3b y el 5% con 1 paciente correspondiente al estadio T3a.

**Tabla 2. Análisis de varianza del volumen de la vejiga según semana de CBCT.**

VARIABLE	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	95% DE INTERVALO DE CONFIANZA DE LA DIFERENCIA		SIG. ESTADÍSTICA
					INFERIOR	SUPERIOR	
Vol. Semana 1.1	165.8	99.6	56.3	478.3	117.8	213.8	0.171
Vol. Semana 1.2	173.1	84.8	79.1	369.6	130.9	215.2	0.443
Vol. Semana 1.3	173.3	103	75.8	417.8	123.6	222.9	0.118
Vol. Semana 2	149.3	91.2	72.6	417.1	102.3	196.2	0.354
Vol. Semana 3	141	73.9	68.2	316.7	104.2	177.7	0.511
Vol. Semana 4	132.5	68.2	33.5	326.8	98.5	166.4	0.045
Vol. Semana 5	111	64.1	38.9	335.2	80.1	141.8	0.035
Vol. Semana 6	132.4	81	65.5	406.9	93.3	171.4	0.006
Vol. Semana 7	146.9	88.6	50.7	360.2	102.8	191	0.279
Vol. Semana 8	143.9	72.9	68	313.8	105.1	182.7	0.932
<b>VOL. P FINAL</b>	<b>55.4</b>	<b>18.2</b>	<b>29</b>	<b>99.2</b>	<b>46.7</b>	<b>64.2</b>	

Nota: Autores

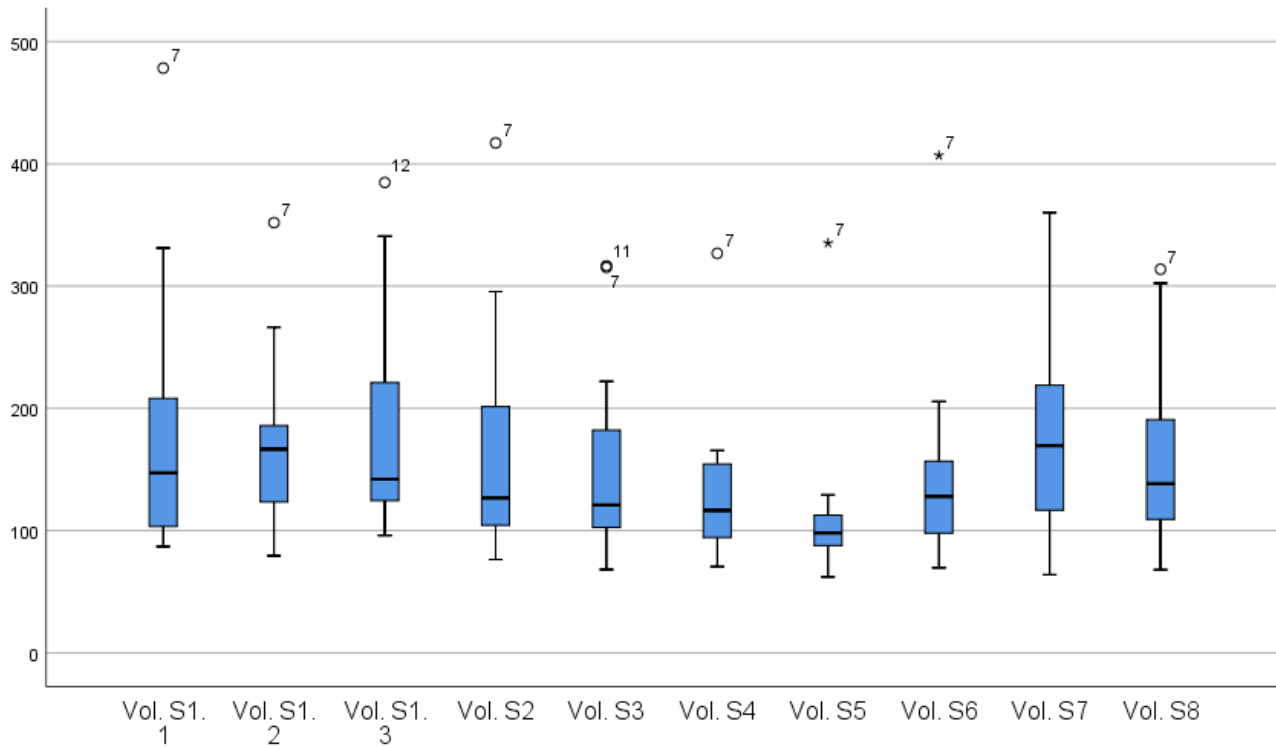
*Figura 7. Media de volumen de llenado de la vejiga (cc) por paciente durante el tratamiento de la radioterapia.*



Nota: Autores

Como se puede evidenciar, entre los 19 pacientes asistidos, se presentó desde un promedio mínimo de llenado con 87.7 cc hasta un llenado máximo de 356 cc.

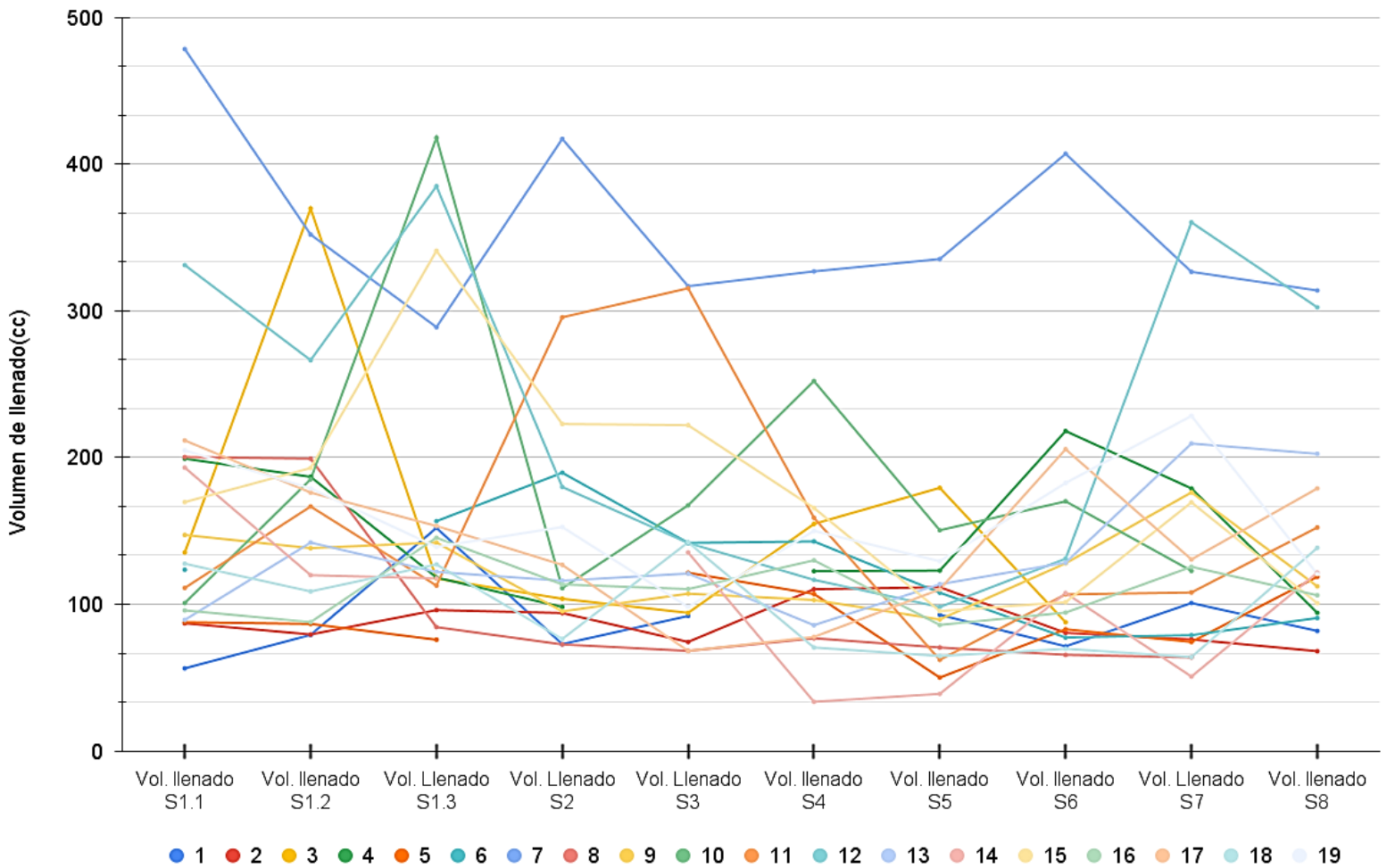
**Figura 8. Análisis descriptivo de los volúmenes de llenado de vejiga por semana de CBCT a los 19 pacientes con adenocarcinoma prostático.**



Nota: Autores

Tanto en la tabla 2 y la figura 8 y 9, se logra evidenciar que la media de llenado de vejiga fue significativamente menor en las semanas 4, 5 y 6, donde se aplicó CBCT. Logrando normalizar la media de vejiga en las subsecuentes semanas. Cabe destacar, que, en la mayoría de los casos, en estas semanas, los pacientes comienzan a presentar problemas a la hora de hidratarse, debido a diversas índoles como: incontinencia urinaria, disuria, uretritis o simplemente no se hidratan correctamente por temor a miccionar dentro del equipo durante el tratamiento.

**Figura 9. Dinámica de llenado de la vejiga por semana según CBCT de los pacientes tratados con radioterapia de la próstata.**



Nota: Autores

Con estos resultados se evidencia los 19 pacientes con adenocarcinoma prostático tratados en el Centro Oncológico Hospital Paitilla, durante las 8 semanas de tratamiento, en el análisis de 181 imágenes CBCT.

Para determinar el porcentaje de volumen del llenado de la vejiga, se obtuvo a partir de la media de volumen de llenado de vejiga de cada paciente, dividido entre la media de volumen del llenado de vejiga de la simulación, obteniendo un resultado del 78.5% (tabla 5).

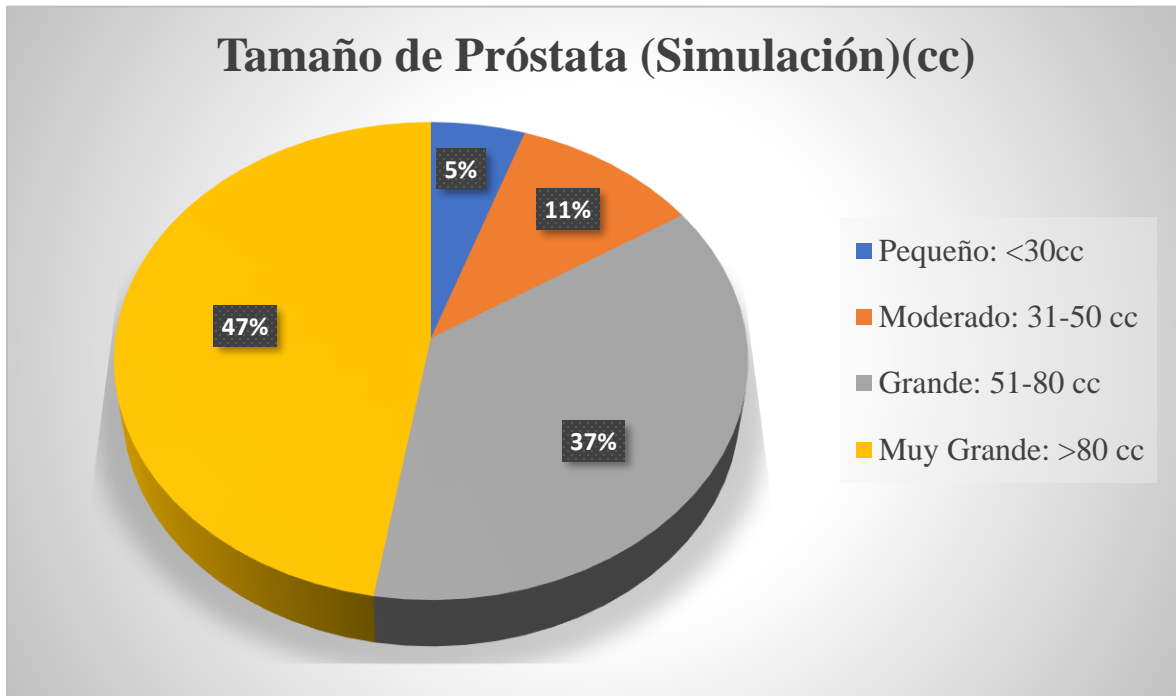
También comparamos el porcentaje de volumen del llenado de vejiga del último CBCT dividido entre el volumen de llenado de vejiga de simulación de cada paciente, obteniendo una media del 75.6% (tabla 4). De igual forma, se comparó el tamaño de la próstata de simulación dividido entre el tamaño de próstata del último día, obteniendo un resultado del 72.4% (Tabla 3).

**Tabla 3. Tamaño de la próstata en simulación vs el tamaño de la próstata en la última sesión de CBCT.**

VOL. DE PRÓSTATA (SIMULACION) (CC)	VOL. DE PRÓSTATA (ULTIMO CBCT) (CC)	PORCENTAJE DE LLENADO
55.8	35.4	63.4%
26	45.5	175%
136.1	29	21.3%
108.6	78.2	72%
109	99.2	91%
127.7	39.9	31.2%
69.1	57.7	83.5%
198.3	79.2	39.9%
61.5	49.5	80.5%
67.3	50.6	75.2%
73.4	53.5	72.9%
128.7	66	51.3%
48	43.3	90.2%
140.3	72.5	51.7%
70.7	61.5	87%
72.8	39.5	54.3%
86.9	68.9	79.3%
42.2	46.9	111.1%
81.9	37	45.2%
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>		<b>72.4%</b>

Nota: Autores

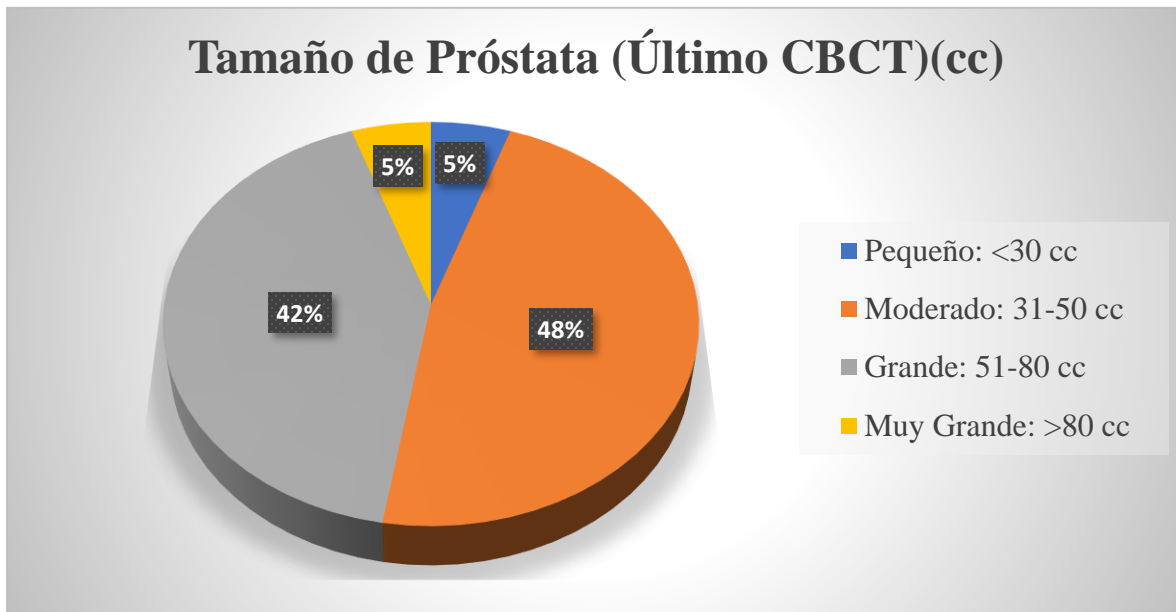
**Figura 10. Tamaño de próstata en simulación.**



Nota: Autores

En la tabla 3 y la figura 10 se puede observar cuáles fueron los tamaños de próstata, tanto en la simulación, como la del último día de tratamiento con CBCT de los 19 pacientes del estudio. En la simulación con un 47%, nueve de los pacientes presentaban un tamaño de próstata muy grande (>80cc), siete presentaban próstata grande (51-80 cc) con un 37%, con un 11% dos de los pacientes presentaban un tamaño moderado (31-50 cc), y con el 5%, un paciente presentaba la próstata de tamaño pequeño (<30 cc).

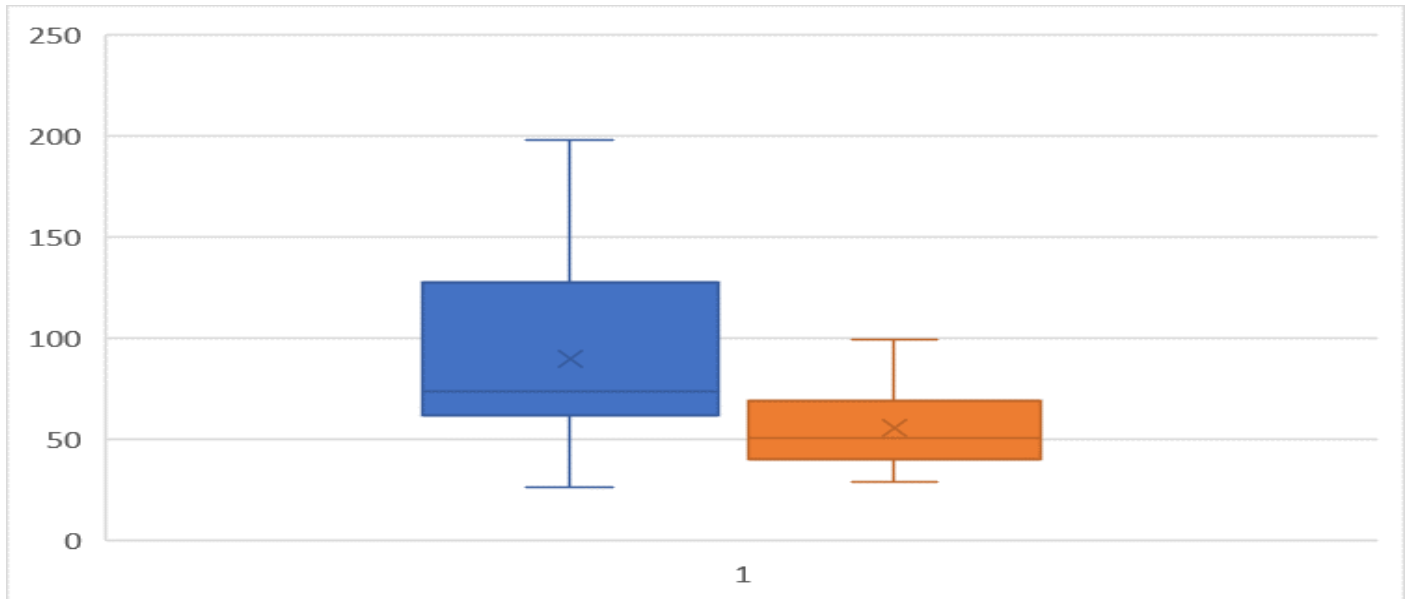
**Figura 11. Tamaño de la próstata en el último CBCT.**



Nota: Autores

En la figura 11 queda evidenciado la división porcentual de los tamaños de próstata de los 19 pacientes estudiados con adenocarcinoma de próstata con el último CBCT. Donde el 48%, de los tamaños de próstata corresponden a un tamaño moderado (31-50 cc) con un número de nueve pacientes, con el 42%, ocho pacientes presentaban una próstata grande (51-80 cc), con un 5%, un paciente presenta la próstata de tamaño muy grande (>80 cc), y con un 5%, un paciente presenta la próstata de tamaño pequeño (<30 cc).

**Figura 12. Comparación entre el tamaño de próstata en la simulación vs el tamaño de la próstata al finalizar la radioterapia.**



Nota: Autores

En la figura 12 se puede observar la diferencia de los tamaños de próstata inicial vs la del último CBCT de los 19 pacientes; donde el 89%, corresponde a 17 de los pacientes que presentaron una disminución en el tamaño de la próstata, y un 11%, con dos pacientes, presentaron un aumento.

**Tabla 4. Volumen de llenado vesical en simulación vs el llenado vesical del último CBCT de la semana 8 de tratamiento.**

<b>VOL. DE VEJIGA (SIMULACION) (CC)</b>	<b>VOL. LLENADO S8</b>	<b>PORCENTAJE DE LLENADO</b>
146.6	81.8	55.8%
74.9	68	90.8%
93.1	94.1	101.1%
140	118.7	84.8%
199.2	90.6	45.5%
638.8	313.8	49.1%
99.5	112.2	112.8%
514	152.3	29.6%
521	302.3	58%
270.6	202.5	74.8%
171.8	121.5	70.7%
184.4	100.7	54.6%
143.1	106.1	74.1%
158.3	178.9	113%
92.2	138.4	150.1%
271.4	120.6	44.4%
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>		<b>75.6%</b>

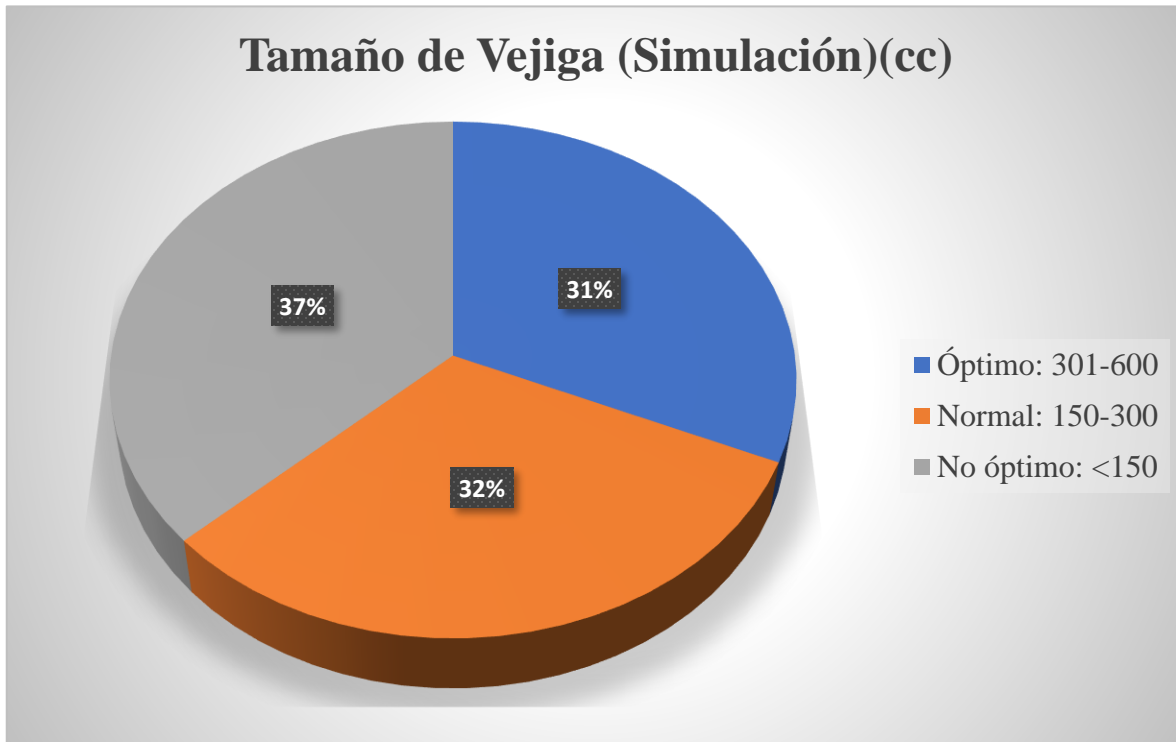
Nota: Autores

**Tabla 5. Volumen de llenado vesical en simulación vs el promedio de llenado por sesión de tratamiento.**

VOL. DE VEJIGA (SIMULACION) (CC)	PROMEDIO LLENADO VESICAL	PORCENTAJE DE LLENADO
146.6	88.8	60.6%
74.9	87.7	117.1%
93.1	148.7	159.8%
140	89.4	63.8%
199.2	123.2	61.9%
638.8	356.2	55.8%
99.5	123.9	124.5%
514	158.9	30.9%
521	231.2	44.4%
270.6	133	49.1%
171.8	102	59.4%
184.4	178	96.6%
143.1	109.4	76.5%
158.3	143.9	90.9%
92.2	98.9	107.3%
271.4	158.4	58.4%
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>		<b>78.5%</b>

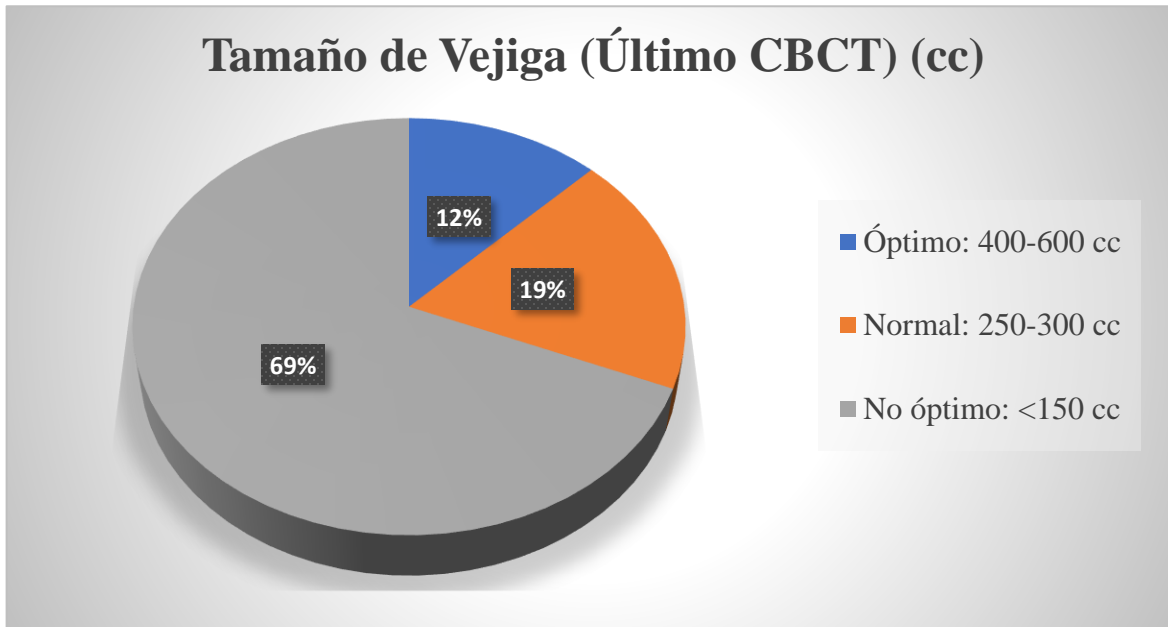
Nota: Autores

*Figura 13. Tamaño de vejiga en simulación.*



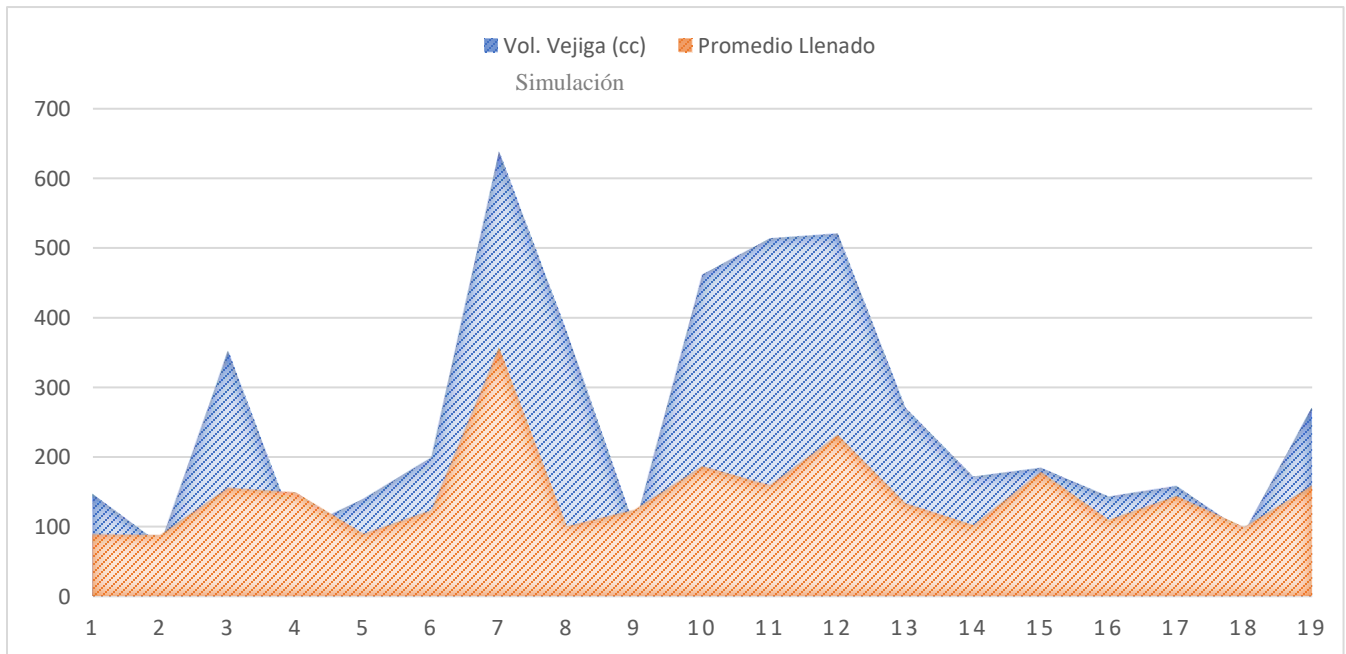
Nota: Autores

**Figura 14. Tamaño de vejiga del último CBCT.**



Nota: Autores

**Figura 15. Comparativa del tamaño de la vejiga de la simulación y el promedio de llenado de vejiga de cada paciente durante radioterapia.**



Nota: Autores

En la tabla 4, en la figura 13 y 14 podemos observar la comparación de los tamaños de vejiga de 16 pacientes que cumplieron con las 10 sesiones en simulación vs la del último CBCT. Donde en la simulación, el 37% (7 pacientes) presentaron un tamaño <150 cc, con 32% (6 pacientes) un tamaño de 150-300 cc, y con un 31% (6 pacientes) presentaron un tamaño de vejiga de 301-600 cc. En los tamaños de vejiga del último CBCT el 69% corresponde a 11 pacientes con un tamaño <150 cc, el 19% (3 pacientes) con un tamaño de 250-300 cc, y 12% correspondiente a dos pacientes con un tamaño de 400-600 cc.

En la tabla 5, pudimos observar la comparación de los tamaños de vejiga de 16 pacientes que cumplieron con las 10 sesiones en simulación vs el promedio de llenado vesical.

En la figura 15 el análisis presenta que, de los 19 pacientes con adenocarcinoma prostático, el 84% corresponde a 16 pacientes que presentaron una disminución en el volumen de la vejiga, y un 3% presentó un aumento. Cabe destacar, que los pacientes durante la simulación esperan un tiempo de 40-45 minutos antes de realizarse la tomografía, a diferencia en los días de tratamiento que esperan de 10-15 minutos antes de entrar a recibir su tratamiento. Por lo tanto, las vejigas de simulación van a presentar un mayor tamaño. Ningún paciente entra al equipo durante las sesiones de tratamiento con la vejiga vacía, sin embargo, sí pueden presentar poco volumen.

#### ***4.2. Discusión de los resultados***

La planificación de la radioterapia en cáncer de próstata toma en cuenta el volumen de llenado de vejiga en la simulación, para el cálculo de la dosis de la radioterapia a la próstata. Es motivo por el que las variaciones de llenado de vejiga pueden causar diferencias dosimétricas, de lo cual, ya son previamente advertidas. Por ello, es esencial establecer directrices claras para el

llenado de la vejiga y realizar un seguimiento regular mediante imágenes CBCT para ajustar la planificación según sea necesario.

En este estudio, se examinó el llenado de la vejiga utilizando imágenes Cone Beam CT (CBCT) durante los tratamientos de radioterapia para cáncer de próstata, en el Centro Oncológico Hospital Paitilla en 2023. Un aspecto clave de este trabajo es el análisis de la variabilidad del volumen de la vejiga y mantener una adecuada entrega de dosis al objetivo de entrega que es la próstata. Es uno de los objetivos primordiales de la radiación reducir las dosis innecesarias a órganos sanos. Sin embargo, en este estudio logramos demostrar que existen variabilidades en el volumen de llenado de vejiga entre sesiones con CBCT en un mismo paciente y esto podría tener consecuencias o efectos secundarios agudos en el paciente. Estos resultados son comparables con investigaciones previas que han identificado la variabilidad del llenado vesical como un desafío importante en la radioterapia para cáncer de próstata, destacando la necesidad de estrategias para asegurar una adecuada ingesta de líquidos. Un estudio aleatorio realizado por Mullaney en 2014 comparó dos protocolos de llenado de vejiga durante la radioterapia fraccionada para próstata, uno con 540 ml y otro con 1080 ml de agua. Los resultados mostraron que el protocolo de 540 ml tuvo una variabilidad significativamente menor en comparación con el de 1080 ml, sin afectar el estado de salud ni causar toxicidades adicionales.

Nuestros hallazgos sugieren que la variabilidad en el llenado vesical no es exclusiva del Centro Oncológico del Hospital Paitilla; diversos estudios han reportado hallazgos similares. Mantener un llenado óptimo puede ser complicado para algunos pacientes debido a restricciones fisiológicas o problemas de hidratación. Las evaluaciones realizadas mediante CBCT permitieron identificar fluctuaciones significativas en momentos claves, lo que representa una gran ventaja.

El análisis comparativo entre la simulación inicial y el último CBCT, mostró una reducción esperada en el tamaño de la próstata debido a la radiación y a la hormonoterapia, confirmando la respuesta tumoral. Por otra parte, el análisis del llenado de la vejiga resalta la necesidad de mantener el control de llenado vesical durante el tratamiento. El momento de mayor fluctuación de llenado de vejiga se dio entre la cuarta y sexta semana de radioterapia, esto se debe a los síntomas de cistitis, y mejora en la séptima y octava semana al reducir el campo de radiación a solo la próstata.

Finalmente, el análisis estadístico con INM SPSS Statix, reveló una correlación entre la variabilidad en el llenado vesical y los resultados observados. Los datos sugieren que los pacientes pueden requerir un volumen mayor de la ingesta de agua para mantener un llenado óptimo de vejiga.

La integración del CBCT en la práctica diaria, ha sido un avance significativo en el tratamiento del cáncer de próstata, ya que es una herramienta valiosa con el propósito de mejorar la calidad de vida de los pacientes con cáncer.

## CONCLUSIONES

1. El análisis de las imágenes Cone Beam CT, ha permitido evaluar el llenado vesical en pacientes sometidos a radioterapia por cáncer de próstata. Los resultados indicaron que el llenado vesical variaba entre sesiones, y por ende, la variabilidad demuestra la necesidad de optimizar la toma de agua de los pacientes para mantener una mejor protección de la vejiga sana.
2. La comparación entre el tamaño de la próstata y la vejiga en simulación en el último día del tratamiento con CBCT, mostró una reducción significativa en el tamaño prostático, debido a la radioterapia y hormonoterapia. Esta disminución se esperaba y está alineada con la respuesta al tratamiento; sin embargo, el volumen de llenado de las vejigas estudiadas presentó variaciones debido a múltiples factores.
3. El cálculo de los porcentajes de llenado vesical reveló una variabilidad considerable entre sesiones, la cual corresponde al menos entre un 78.5 y 75,6%.
4. Existe un rol importante, en la participación del técnico de radioterapia en la educación, toma de imagen de CBCT y la verificación del llenado de vejiga, durante el tratamiento de radioterapia por cáncer de próstata.

## RECOMENDACIONES

1. Considerar el aumento del tiempo de espera antes del tratamiento de 10-15 minutos, se podría optar por un aumento de 25-30 minutos, ya que al proporcionar más tiempo a los pacientes desde la toma de los 500 cc, la vejiga puede tener un mayor llenado.
2. Uso de líquido tibio: sugerir el consumo de agua tibia, que puede ser más fácil de absorber y podría ser más rápido alcanzar el llenado vesical necesario.
3. Revisión inicial: ofrecer un breve período para ajustes si el llenado vesical no es adecuado al momento de la sesión. Proporcionar recomendaciones personalizadas para futuras sesiones según la experiencia del paciente.
4. Fraccionar la ingesta para aquellos pacientes que tienen dificultades en retener grandes cantidades de líquidos y proponer el consumo de agua en pequeñas dosis, a lo largo del tiempo recomendado.
5. Ajuste continuo: adaptar las indicaciones de consumo de líquidos, basándose en la experiencia y el desempeño del paciente en sesiones anteriores para asegurar un llenado vesical adecuado.
6. Recordatorios y seguimiento: utilizar recordatorios, como mensajes de textos o llamadas telefónicas, para asegurar que los pacientes sigan las indicaciones y mantengan el llenado vesical adecuado, y notificar al técnico de radioterapia acerca de la aparición de efectos secundarios.

## Referencias

Auguet, P. (08 de mayo de 2024). Pronóstico, riesgos y complicaciones del cáncer de próstata. <https://urologiapepauguet.com/blog/pronostico-riesgos-y-complicaciones-del-cancer-de-prostata/>

MedlinePlus. (31 de agosto de 2022). Prueba de PSA (antígeno prostático específico). [https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-psa-antigeno-prostatico-especifico/#:~:text=Si%20usted%20se%20realiza%20una,prostatitis\)%20o%20agrandamiento%20de%20pr%C3%B3stata](https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-psa-antigeno-prostatico-especifico/#:~:text=Si%20usted%20se%20realiza%20una,prostatitis)%20o%20agrandamiento%20de%20pr%C3%B3stata)

Fernández, C. y Serrano, C. (24 de abril de 2017). Tesis Doctoral. Análisis Radiológico y Clínico de la Tomografía Volumétrica de Haz Cónico: Su interés en Salud Pública. [archivo pdf]. [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/10630/13701/1/TD\\_FERNANDEZ-CREHUET\\_SERRANO\\_Carolina.pdf](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/10630/13701/1/TD_FERNANDEZ-CREHUET_SERRANO_Carolina.pdf)

Chunga Palomino, S. L. (28 de octubre de 2021). Incertidumbres en la radioterapia a pacientes con cáncer de próstata con tomografía computarizada de haz cónico día a día. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río. Pág. 13. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v25n5/1561-3194-rpr-25-05-e5209.pdf>

Cruz, N. (05 de abril de 2024). ¿Cuál es el tamaño normal de la próstata?. Andromedi. <https://www.andromedi.com/cual-es-tamano-normal-prostata/>

Fernández, C. (28 de septiembre de 2015). Simulación de Tratamientos en Radioterapia. [archivo pdf]. [https://www.cog.es/wp-content/uploads/2021/08/Simulacion\\_Radioterapia\\_COG.pdf](https://www.cog.es/wp-content/uploads/2021/08/Simulacion_Radioterapia_COG.pdf)

Finlayson, A. y Epifanio, R. (13 de noviembre de 2008). La Tomografía Computarizada de Haz Cónico. Revista Ustasalud. Pág. 126. [file:///C:/Users/andre/Downloads/Dialnet-LaTomografiaComputarizadaDeHazConico-8863713%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/andre/Downloads/Dialnet-LaTomografiaComputarizadaDeHazConico-8863713%20(7).pdf)

Decreto Ejecutivo N°770 de 2010. Ministerio de Salud. Por lo cual se establece el reglamento de protección radiológica. 16 de agosto de 2010.

[https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/decreto\\_ejecutivo\\_770\\_reglamento\\_de\\_proteccion\\_radiologica.pdf](https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicacion-general/decreto_ejecutivo_770_reglamento_de_proteccion_radiologica.pdf)

Decreto Ejecutivo N°846 de 2015. Ministerio de Salud. Por lo cual se establece la estrategia nacional para la prevención y el control integral de las enfermedades no transmisibles y sus factores de riesgo. 04 de agosto de 2015.

[https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/27841\\_C/GacetaNo\\_27841c\\_20150807.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/27841_C/GacetaNo_27841c_20150807.pdf)

García Cruz, L. A. (2018). Reproducibilidad del posicionamiento en pacientes que reciben tratamiento con radioterapia externa para cáncer de próstata. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/323345338.pdf>

Gil, L. (26 de marzo de 2020). Las leyes que regulan el uso de la radiación para el tratamiento del cáncer: una oportunidad para la medicina. IAEA. <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/las-leyes-que-regulan-el-uso-de-la-radiacion-para-el-tratamiento-del-cancer-una-oportunidad-para-la-medicina>

Hospital Paitilla. (2019). Nuestro centro. <https://hospitalpaitilla.com/nuestro-centro>

Instituto Nacional del Cáncer. (11 de marzo de 2022). Prueba del antígeno prostático específico (PSA). <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/prostata/hoja-informativa-psa>

Isacaz N. (26 de abril de 2018). Pesos y medidas de los órganos del cuerpo humano. Elsevier. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/pesos-y-medidas-de-los-organos-del-cuerpo-humano>

La reina Chiao-Ling, Jian Kuen Wu, Chun Wei Wang; et al. (12 de septiembre de 2009). Uso de la tomografía computarizada de haz cónico para evaluar el impacto del estado de llenado de la vejiga en la posición del objetivo en la radioterapia de próstata. Volumen 185, páginas 588–595. Springer Link. <https://doi.org/10.1007/s00066-009-1987-7>

Lehmann, J. (2007). Experiencia de puesta en marcha de tomografía computarizada de haz cónico para radioterapia guiada por imágenes. Física de la oncología radioterápica. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1120/jacmp.v8i3.2354>

Reinado Martínez, D. (2015). Radioterapia adaptada a los movimientos fisiológicos. Incertidumbres asociadas. [Tesis Doctoral, Universidad de Valencia]. <https://roderic.uv.es/items/9c107626-fd66-4d46-8d7b-c6d23dd199b0>

Lara Menéndez, R. (2021). Historia de la Radioterapia en Latinoamérica. ARAN EDITION. [https://www.alatro.org/files/portalcontenidos/20/documentos/Historia-radioterapia\\_.pdf](https://www.alatro.org/files/portalcontenidos/20/documentos/Historia-radioterapia_.pdf)

Ministerio de Salud. (28 de marzo de 2023). Manual de procedimientos para usuarios del SEIS. Panamá. [https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/programas/manual\\_guia\\_del\\_usuario\\_del\\_seis\\_-\\_final.pdf](https://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/programas/manual_guia_del_usuario_del_seis_-_final.pdf)

Mullaney, Laura M.; et al. (10 de enero de 2014). Compara la consistencia del volumen de la vejiga durante la radioterapia fraccionada de próstata. Practical Radiation Oncology. [https://www.practicalradonc.org/article/S1879-8500\(13\)00353-6/abstract](https://www.practicalradonc.org/article/S1879-8500(13)00353-6/abstract)

OIEA-OMS. (2022). Rayos de Esperanza, Tratamiento para todos. <https://www.iaea.org/es/servicios/rayos-de-esperanza>

Pérez, Á. (2013). Detección de Timopoyetina en diferentes grados Gleason de cáncer prostático humano. [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_perez\\_carrasco.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_perez_carrasco.pdf)

Sosa Barrios, R. H. y Burguera Vion, V.; et al. (27 de agosto de 2020). Ecografía transabdominal de la vejiga y próstata. Nefrología al Día. <https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-ecografia-transabdominal-de-la-vejiga-y-prostata-333>

Real Academia Española. (23 de mayo de 2024). Edad. <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/edad>

Sabadias, S.G. (22 de febrero de 2021). Determinación del Volumen Blanco de Planificación en Tratamientos de Radioterapia Esterotactica Corporal con RapidArc. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cuyo]. <https://ricabib.cab.cnea.gov.ar/772/1/1Sabad%C3%ADas.pdf>

Salud, O. M. (2021). Especificaciones técnicas de los equipos de radioterapia para el tratamiento del cáncer. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/339912/9789240019980-eng.pdf?sequence=1>

Testani, M. (03 de noviembre de 2017). Cambios Anatómicos Intrafracción En Región Pélvica Masculina, Analizado A Través De Imágenes Con Tomografía De Haz Cónico. [Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela].

<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/18162/1/Tesis%20Maestr%C3%ADa%20Alejandra%20Testani%202017.pdf>

Vásquez, W. (03 de junio de 2022). Historia de la Radioterapia en el Tratamiento del Cáncer de Próstata. Revista Guatemalteca de Urología.

<https://revistaguatemaltecadeurologia.com/index.php/revista/issue/view/14/15>

Vázquez Pérez, D., Chavolla Canal, J. A.; et al. (15 de abril de 2021). Concordancia del puntaje de Gleason en biopsia transrectal de próstata vs prostatectomía radica. Revista mexicana de urología, 2. <https://revistamexicanadeurologia.org.mx/index.php/rmu/article/view/722/1113>

Villafranca, J. P. (2020). Manual práctico de Oncología Radioterapica. <https://seor.es/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Practico-de-Oncologi%CC%81a-Radioterapica.pdf>

Zamora, D. P. (29 de enero de 2020). Sociedad Española de Oncología Médica.

<https://seom.org/163-informacion-al-publico-guia-de-tratamientos/hormonoterapia>

# **ANEXO**

### Anexo 1. Cronograma de actividades

No	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Código de inscripción V. Invest. Usantander					X											
2	Nota de no objeción del lugar de estudio						X										
3	Recibo de nota							X									
4	Código de inscripción MINSA								X								
5	Sometimiento a CBI Usantander									X							
6	Aprobación de CBI Usantander										X	X					
7	Resultados												X				
8	Recopilación y tabulación de datos														X		
9	Interpretación y elaboración de informe															X	
10	Preparación de presentación y sustentación																X



## Anexo 2. Presupuesto

No.	Concepto	Cantidad o unidad	Valor(B/.)
	Costos del proyecto		
	<b>Personal:</b> Pago de consultas o asesorías de especialistas o expertos en el tema, auxiliares de investigación, diseño y diagramación de formatos o planos, gastos de viajes, pasajes.	1	B/. 200.00
	<b>Costos de oficina:</b> Internet, papelería, fotocopias, tinta.	1	B/. 90.00
	<b>Elementos de consumo:</b> Artículos desechables (Mascarillas).	1	B/. 10.00
	<b>Inversión:</b>	0	B/.0.00
	<b>Revisión por el CBI</b>	0	B/.0.00
	<b>Imprevistos y gastos administrativos:</b>	1	B/.100.00
	<b>Valor total en balboas (B/.):</b>		B/.400.00

## Anexo 3. Inscripción del proyecto

	<b>VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN</b>	
	FR-VIE-05 Inscripción propuesta trabajo de grado	Fecha: 13-Ene-2022 Versión:0.1    Página 1 de 1

### INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO OPCIÓN ATRABAJO DE GRADO

1. Título del Proyecto:	Análisis llenado vesical mediante imágenes Cone Beam CT en tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata en el Centro Oncológico Hospital Paitilla 2023.
2. Facultad	Ciencias de la Salud
3. Programa o carrera:	Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas
4. Unidad Ejecutora:	Centro Oncológico Hospital Paitilla
5. Director Técnico del Estudio:	Dr. Rafael Arauz
6. Asesor Metodológico del Estudio:	José Santamaría Sanjur
7. Investigador (es):	Nicole Jeanette Rodríguez Soto (19912002) Yuleidys Yaneth Quintero Salazar (18912003) Michael Angelo Quiroz Ramos (19911015) Ana Gabriela Sánchez Batista (19911048)
7.1. Nombre:	Nicole Jeanette Rodríguez Soto
7.2. Correo Electrónico:	<a href="mailto:nicolejrs2907@hotmail.com">nicolejrs2907@hotmail.com</a>
7.3. Número de teléfono:	+507 67937752
7.4. Nombre:	Yuleidys Yaneth Quintero Salazar
7.5. Correo Electrónico:	<a href="mailto:ys.quintero11@gmail.com">ys.quintero11@gmail.com</a>
7.6. Número telefónico:	+507 62955713
7.7. Nombre:	Michael Angelo Quiroz Ramos
7.8. Correo Electrónico:	<a href="mailto:angeloramos1125@gmail.com">angeloramos1125@gmail.com</a>
7.9. Número telefónico:	+507 63984051
7.10. Nombre:	Ana Gabriela Sánchez Batista
7.11. Correo Electrónico:	<a href="mailto:anniegabrielle.21@gmail.com">anniegabrielle.21@gmail.com</a>
7.12. Número telefónico:	+507 65359263
8. Duración del Proyecto:	36 días
9. Fecha Probable de Inicio:	01 de agosto del 2024
10. Fecha Probable de Terminación:	06 de septiembre del 2024
11. Fecha de Aprobación de la Coordinación de Investigación:	Junio 2024
12. Código del Proyecto:	<b>LRID-2024-06-78</b>
13. Firma del Decano o Coordinador Académico del Programa	
14. Firma del Coordinador o Vicerrector de Investigación	



## Anexo 4. Carta de aprobación por el Comité de Bioética



**CBI-USantander-M- 074- 2024**

Panamá, 05 de agosto de 2024.

### MEMORANDO

**Para: Quintero Salazar Yuleidys Yaneth.  
Quiroz Ramos Michael Angelo.  
Rodríguez Soto Nicole Jeanette.  
Sánchez Batista Ana Gabriela.**  
Investigadores Principales.

*[Handwritten signature]*  
**De: Dra. Nydia Flores Chiari**  
Presidenta del Comité de Bioética de la Investigación



**Asunto: Consideraciones sobre protocolo revisado**

---

En reunión ordinaria del 15 de julio 2024 del Comité de Bioética de la Investigación de la Universidad Santander Panamá se discutieron los documentos, del protocolo: **“Análisis del llenado vesical mediante imágenes Cone Beam CT en tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata Centro Oncológico Hospital Paitilla 2023”**. Y se decide aprobar con correcciones menores, mismas que se completaron el 29 de julio de 2024.

Los Miembros del Comité de Bioética de la Investigación deciden entonces:

<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Solicitud de Modificaciones
<input type="checkbox"/> Suspender para correcciones	<input type="checkbox"/> Denegar

Se revisaron los siguientes documentos:

Documentos	Versión
Protocolo de investigación	2
Instrumento de recolección de datos	2

Los miembros del Comité que participaron en la revisión de los documentos mencionados fueron:

Nombre	Profesión	Cargo
Nydia Flores Chiari	Médica	Presidenta
Priscilla Jiménez	Tecnóloga Medica	Miembro
Nilza Caballero	Odontóloga	Miembro
Iliana Ceballos	Pediatra	Miembro
Dora Sánchez Potha	Abogada	Miembro
Santiago Rodríguez	Abogado/enfermero	Miembro
Derek Liao	Medico	Miembro

Como parte del seguimiento que este Comité dará a su investigación, deberá presentar lo siguiente:

- Fecha de inicio y culminación del estudio
- Reportar el status de su investigación cada dos meses.
- Reportar de inmediato cualquier adenda/enmienda a la investigación y solicitar aprobación en caso de ser necesario
- Reportar en un plazo menor de 24 horas cualquier efecto adverso serio, cuando aplique
- Describir los riesgos potenciales de las terapias experimentales de la medicación a utilizar en su investigación e informar aquellos que se presentan a lo largo de su investigación, cuando aplique
- La aprobación ética tiene duración de un (01) año calendario, si supera ese plazo, se debe solicitar renovación de la aprobación ética por lo menos 1 mes previo a cumplido dicho periodo.
- Presentar copia digitalizada de su informe final y/o publicación, tan pronto finalice la investigación.

Saludos y éxitos,

c. archivos del Comité



## Anexo 5. Carta de no objeción del Hospital Paitilla



CLÍNICAS Y HOSPITALES S.A.  
Ave. Balboa y Calle 53  
Paitilla Apdo. 0816-03075 Panamá  
República de Panamá

T + (507) 265-8800  
info@hospitalpaitilla.com  
www.hospitalpaitilla.com

Panamá, 05 de julio de 2024

Estudiante  
**Nicole Rodríguez**  
Radiología e Imágenes  
Coordinadora de grupo

Estimada Nicole:

Me complace informarle que cuenta con la no objeción por parte del Hospital Paitilla, para la realización en nuestras instalaciones del proyecto de graduación titulado: *ANÁLISIS DEL LLENADO VESICAL MEDIANTE IMÁGENES CONE BEAM CT EN TRATAMIENTOS RADIOTERAPÉUTICOS POR CÁNCER DE PRÓSTATA.*

Sin otro particular, me despido de usted muy atentamente,

  
Dr. Ariel E. Saldaña  
Director Médico



## Anexo 6. Carta de aceptación del director técnico



### ANEXO 3

#### CARTA DE ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR TÉCNICO DEL PROYECTO

Ciudad de Panamá, 14 de mayo de 2024.

Denominación:

**Dr. Rafael Araúz**

Doctor en medicina Universidad Autónoma de Centro América, Escuela de Medicina Dr. Andrés Vesalio Guzmán (Costa Rica).

Subespecialista Radio-oncología Instituto Nacional de Cancerología, ciudad de México (México).

Coordinador Médico de Centro Oncológico Paitilla, Radioterapia (Centro Médico Paitilla).

Respetado Vicerrector de investigación:

Me dirijo a usted con el objeto de informar que yo Rafael Araúz , con cédula de identidad personal o pasaporte número 8-430-76, acepto ser el director técnico del trabajo de investigación, establecido como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnosticas titulado, Análisis llenado vesical mediante imágenes Cone Beam CT en tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata Centro Oncológico Hospital Paitilla 2023, cuyos autores son: Nicole J. Rodríguez S. 8-952-503, Yuleidys Y. Quintero S. 8-951-165, Ana G. Sánchez B 8-960-1531 y Michael A. Quiroz R. 8-970-184.

Estoy dispuesto en brindar mi apoyo como director técnico de dicho trabajo de investigación, con la finalidad de coadyuvar al desarrollo y gestión del conocimiento, cabe señalar, que esta es una colaboración que le brindo a los estudiantes en mi condición de especialista, lo que no constituye una vinculación contractual con la Universidad Santander, ni genera un compromiso de retribución económica por parte de dicha entidad educativa.

Sin otro particular, agradezco la atención y gestión a esta solicitud.

Atentamente,



*Dr. Rafael E. Arauz C.*  
Oncólogo Radioterapeuta  
Medicina Interna  
Céd. A-199 Reg. 4958

## Anexo 7. Instrumento de recolección de datos

### Instrumento de recolección de datos para la investigación titulada:

“Análisis llenado vesical mediante imágenes Cone Beam CT en tratamientos radioterapéuticos por cáncer de próstata Centro Oncológico Hospital Paitilla 2023”.

Nombre de los investigadores: Nicole Jeanette Rodríguez Soto, Yuleidys Yaneth Quintero Salazar, Ana Gabriela Sánchez Batista y Michael Ángel Quiroz Ramos.

La información será recolectada mediante la observación de Eclipse, donde se encuentran todos los datos correspondientes de los pacientes mayores de 55 años con cáncer de próstata del año 2023 en el Centro Oncológico Hospital Paitilla.

Número de registro: \_\_\_\_\_

Nombre del investigador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



### Sección 1

#### Datos generales del paciente

Código de identificación del paciente:

Edad:

### Sección 2

#### Diagnostico

Nivel de PSA: \_\_\_\_\_

Escala Gleason: \_\_\_\_\_

Uso de ADT: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Dosis terapéutica (fraccionada y total)

T riesgo de Tumor (bajo, intermedio, alto)

### Sección 3

#### Tratamiento

Tamaño de vejiga (cc): \_\_\_\_\_

**Sección 4**

Tamaño de próstata inicial(cc): \_\_\_\_\_ y final del tratamiento (cc): \_\_\_\_\_

N° sesión: \_\_\_\_\_.

**Sección 5**

**Resultados**

Llenado de vejiga (ml): \_\_\_\_\_



## **Anexo 8. Protocolo**

### Consulta inicial:

- El proceso comienza con una consulta a un oncólogo especializado en cáncer de próstata.

Durante esta cita, se revisará el historial médico y se discutirán los síntomas y preocupaciones.

### Evaluación diagnóstica:

- Se evaluarán las pruebas específicas, como análisis de sangre (incluyendo el antígeno prostático específico, PSA) y estudios de imágenes (como ecografías, tomografías computarizadas o resonancias magnéticas) para determinar la extensión del cáncer y su localización.

### Planificación del tratamiento:

- Si se decide que la radioterapia es el tratamiento adecuado, se llevará a cabo una sesión de simulación. Esto incluye:

- Simulación: se le indicará al paciente que en su cita de simulación debe tomar aproximadamente 500 cc de agua, luego se tomarán imágenes para definir con precisión el área a tratar en tomografía computarizada, dónde se utilizarán inmovilizadores personalizados para cada paciente, buscando que la posición del paciente en simulación sea la misma en cada sesión de tratamiento; también se marcarán puntos en la piel para referencia al momento de posicionar al paciente en cada sesión de tratamiento.

- Dosimetría: se calculará la dosis de radiación necesaria y se diseñará un plan de tratamiento específico, teniendo en cuenta factores como el tamaño del tumor y la salud general del paciente.

### Sesiones de Radioterapia:

- El tratamiento generalmente se administra en sesiones diarias, de lunes a viernes, durante varias semanas. Cada sesión puede durar entre 15 y 30 minutos. Es importante asistir a todas las citas programadas para asegurar la efectividad del tratamiento.

- Preparación para la Radioterapia: se les indicará a los pacientes la ingesta de agua antes de las sesiones de radioterapia (500 cc aprox.), antes de iniciar el tratamiento, deben evitar ir al baño y orinar, ya que se tendría volver nuevamente a iniciar la ingesta de agua. Mantener una buena hidratación es fundamental antes, durante y después del tratamiento de radioterapia, beber suficiente agua ayuda a que el cuerpo funcione de manera óptima y puede contribuir a reducir algunos efectos secundarios asociados con la radioterapia.

### Monitoreo y manejo de efectos secundarios:

- Durante el tratamiento, el equipo médico supervisará la respuesta a la radioterapia y manejará cualquier efecto secundario, que pueden incluir fatiga, irritación en la piel o cambios en la función urinaria, pudiendo ofrecer pautas personalizadas, basadas en el estado de salud y el plan de tratamiento específico de cada paciente.

- Seguimiento Post-Tratamiento: después de completar la radioterapia, se programarán citas de seguimiento para evaluar la recuperación y monitorear los niveles de PSA. Esto es crucial para detectar cualquier posible recurrencia del cáncer.

- Efectos secundarios y manejo: la radioterapia puede causar efectos secundarios como irritación en la vejiga o cambios en la función urinaria. Mantenerse bien hidratado puede ayudar a

mitigar estos síntomas, ya que una mayor ingesta de líquidos puede diluir la orina y reducir la irritación.

- Recomendaciones Generales: se sugiere que los pacientes beban al menos 8 vasos de agua al día, aunque esta cantidad puede variar según las necesidades individuales y las recomendaciones del médico. Además de beber agua, incluir alimentos ricos en agua en la dieta, se les sugiere a los pacientes evitar los lácteos y comidas que les provoquen muchos gases (Ejemplo: porotos, pepinos, etc.).

## Anexo 9. Fotografías durante el proceso investigativo

**Fotografías 9.1.-9.2.** Acelerador Lineal Varian IX con OBI (CBCT: Cone Beam CT) del Centro Oncológico Paitilla



**Fotografía 9.3.** Equipo multidisciplinario compuesto por el oncólogo médico, físico médico, técnicos de radioterapia.



**Fotografía 9.4.** Director Técnico Dr. Rafael Arauz, Medico Oncólogo y Codirectora Técnica Lica. Orquídea Dimas.



**Fotografía 9.5.**

Equipo de investigación conformado por: Yuleidys Yaneth Quintero Salazar, Nicole Jeanette Rodríguez Soto, Ana Gabriela Sánchez Batista y Michael Ángel Quiroz Ramos.



## Anexo 9. Carta de revisión de profesor de español y diploma

Panamá, 17 de septiembre de 2024

A quien concierne:

A través de esta carta, yo, Ángel María Quiroz Rodríguez, con cédula: 8-393-964, Licenciado y Profesor de nuestro idioma Español, certifico que he revisado y corregido la redacción y ortografía del trabajo de grado, titulado: "Análisis del Llenado Vesical Mediante Imágenes Cone Beam CT en Tratamientos Radioterapéuticos por Cáncer de Próstata Centro Oncológico Hospital Paitilla 2023", de los estudiantes: Yuleidys Yaneth Quintero Salazar, Michael Ángel Quiroz Ramos, Nicole Jeanette Rodríguez Soto y Ana Gabriela Sánchez Batista (Estudiantes de la Universidad Santander).

Respetuosamente.





**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
**TRIBUNAL ELECTORAL**

**Angel Maria**  
**Quiroz Rodriguez**



**8-393-964**

NOMBRE USUAL:

FECHA DE NACIMIENTO: **28-JUN-1971**

LUGAR DE NACIMIENTO: **PANAMÁ, ARRAIJÁN**

SEXO: **M**

TIPO DE SANGRE:

EXPEDIDA: **08-JUN-2019**

EXPIRA: **08-JUN-2029**



## Anexo 10. Manual para los pacientes con cáncer de próstata del Centro Oncológico Hospital Paitilla.



### Importancia del llenado de vejiga en la Radioterapia del Cáncer de Próstata

#### ¿QUÉ ES EL CÁNCER DE PRÓSTATA?

El cáncer de próstata es una enfermedad que se origina en la glándula prostática, ubicada bajo la vejiga en los hombres. Es uno de los tipos de cáncer más comunes y, aunque puede crecer lentamente, algunos casos son más agresivos.

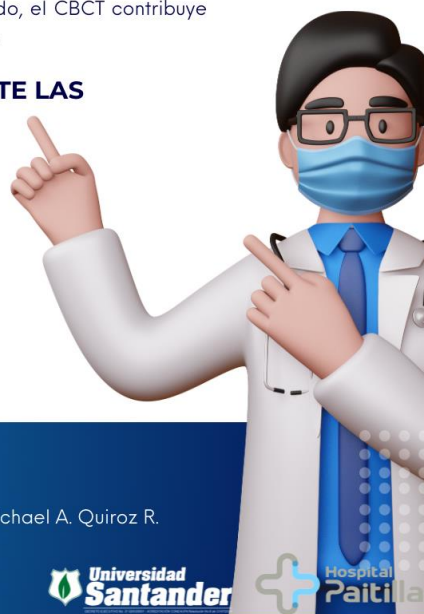
#### CÓMO AYUDA EL CBCT EN EL CÁNCER DE PRÓSTATA?

El CBCT (Tomografía Computarizada de Haz Cónico) es una herramienta avanzada en la planificación y seguimiento del tratamiento del cáncer de próstata. Proporciona imágenes de alta resolución y permite una visualización precisa de la anatomía prostática y los tejidos circundantes. Esto facilita la localización exacta del tumor, optimizando la dosis de radioterapia y minimizando la exposición a tejidos sanos. Como resultado, el CBCT contribuye a mejorar la eficacia del tratamiento y a reducir los efectos secundarios.

#### RECOMENDACIONES SOBRE HIDRATACIÓN DURANTE LAS RADIOTERAPIAS PARA EL CÁNCER DE PRÓSTATA

La hidratación es fundamental durante el tratamiento de radioterapia para el cáncer de próstata. Mantener un adecuado nivel de hidratación ayuda a mejorar la función renal y a minimizar la irritación en el tracto urinario. Se recomienda:

- **Beber abundante agua:** Tomar 2 litros diarios, a menos que el médico indique lo contrario.
- **Evitar bebidas irritantes:** Reducir el consumo de café, alcohol y bebidas carbonatadas.
- **Consultar a un especialista:** Seguir las pautas personalizadas de un nutricionista o médico.



Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e imágenes diagnósticas

Autores: Nicole J. Rodríguez S.; Yuleidys Y. Quintero S.; Ana G. Sánchez B. Michael A. Quiroz R.

Dr. Raul Araúz; PhD. Johana Gutierrez Zher.